



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO

Dottorato di Formazione della Persona e diritto del mercato del lavoro  
XXV ciclo

# LA RIVISTA “EMMECIQUADRO” COME STRUMENTO DI FORMAZIONE PER L’INSEGNANTE



Supervisor:

Chiar.ma Prof.ssa Francesca Bonicalzi

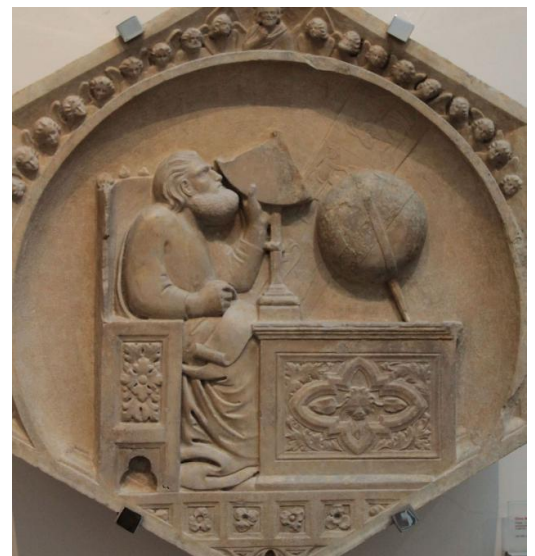
Chiar.mo Prof. Paolo Musso

Tesi di Dottorato di Ricerca

Nadia CORREALE

Matricola n. 1013904

ANNO ACCADEMICO 2011 / 2012



## Indice

Ringraziamenti .....	7
Introduzione .....	8
STORIA E SCOPO DELLA RIVISTA <i>EMMECIQUADRO</i> .....	8
IMPOSTAZIONE CULTURALE .....	9
IMPOSTAZIONE DIDATTICA .....	10
STRUTTURA DELLA RIVISTA <i>EMMECIQUADRO</i> .....	11
IL SITO <i>EMMECIQUADRO</i> .....	13
CRITERI GENERALI RELATIVI ALLA STRUTTURA DEL PROGETTO DI RICERCA .....	14
<i>PRIMA PARTE</i> .....	17
1. I principali aspetti a carattere culturali presenti nella rivista: un'idea di razionalità scientifica.....	17
Introduzione .....	17
1.1 Quadro sintetico delle tendenze epistemologiche.....	19
1.1.1 Il razionalismo e il meccanicismo cartesiani.....	19
1.1.2 L'empirismo .....	20
1.1.3 L'idealismo.....	21
1.1.4 Il positivismo.....	22
1.1.5 Il neopositivismo .....	22
1.1.6 Il falsificazionismo di Popper .....	23
1.1.7 Dal relativismo... ..	24
1.1.8 ...al nichilismo .....	26
1.1.9 Monismo ontologico e riduzionismo epistemologico .....	27
1.1.10 Riduzionismo e monismo metodologico .....	30
1.2 Crisi del riduzionismo.....	34
1.2.1 La fisica e la cosmologia.....	35
1.2.2 La matematica e la logica.....	37
1.2.3 La chimica e la biologia .....	42

1.2.4 Le scienze cognitive e l'intelligenza artificiale.....	42
1.3 Caratteristiche del metodo sperimentale.....	44
1.3.1 L'esperimento.....	44
1.3.2 Il modello.....	48
1.3.3 La complessità e il pluralismo realista.....	52
1.4 Aspetti trasversali dell'indagine scientifica.....	59
1.4.1 Il coinvolgimento personale dello scienziato: creatività e intuizione.....	59
1.4.2 La storia delle scienze.....	65
1.5 La conoscenza.....	70
1.5.1 L'interazione tra soggetto e oggetto.....	70
1.5.2 L'interazione tra processi di analisi e di sintesi.....	74
1.5.3 L'interazione tra l'esperimento e il modello.....	75
1.5.4 La corrispondenza con la realtà.....	77
1.5.5 La conoscenza certa e definitiva.....	78
1.5.6 La previsione dei fenomeni.....	79
1.6 Conclusioni.....	80
1.7 Esemplificazione attraverso una scelta di articoli.....	82
Appendice.....	86
Critica all'empirismo di Husserl, Popper, Feyerabend.....	86
La conoscenza e la storia delle scienze per i relativisti.....	88
2. I principali aspetti a carattere pedagogico presenti nella rivista coerenti con l'impostazione culturale.....	96
2.1 Quadro sintetico delle tendenze pedagogiche che influenzano il modo di insegnare.....	96
2.1.1 La tendenza pragmatica e funzionalista.....	97
2.1.2 La tendenza sociologico riduzionista.....	99
2.1.3 Comportamentismo, cognitivismo e costruttivismo.....	99
2.1.4 La teoria dei sistemi complessi in ambito educativo.....	112
2.2 Elenco degli articoli di <i>Emmeciquadro</i> selezionati.....	115
3. I principali aspetti didattici presenti nella rivista coerenti con l'impostazione pedagogica e culturale.....	116
Introduzione.....	116

3.1 L'incontro con la realtà: l'osservazione come punto di partenza .....	121
3.2 Superamento del senso comune attraverso l'approccio sperimentale .....	122
3.2.1 L'esperimento.....	124
3.2.2 Dai modelli iconici a quelli simbolici .....	129
3.2.3 Dal linguaggio quotidiano al linguaggio specifico per l'appropriazione non formale dei contenuti.....	139
3.3 Aspetti trasversali dell'approccio scientifico adottato.....	144
3.3.1 La Ricorsività.....	144
3.3.2 Gli insegnamenti derivanti dalla storia.....	146
3.3.3 La guida del docente e la collaborazione tra compagni .....	149
3.4 Le competenze .....	155
3.4.1 Tabella sintetica delle competenze.....	159
3.5 Elenco degli articoli di <i>Emmeciquadro</i> selezionati .....	163
<i>SECONDA PARTE</i> .....	164
La formazione docenti in Italia e in Europa e i Sistemi di Valutazione Scolastici .....	164
4. Le principali iniziative di formazione dei docenti di Scienze .....	165
4.1 Il Piano I.S.S. (Insegnare Scienze Sperimentali) .....	165
4.1.1 Storia del Piano ISS .....	167
4.1.2 Punti di forza e di debolezza del Piano ISS .....	170
4.2 Iniziative di formazione dei soggetti coinvolti col piano ISS.....	172
4.2.1 La Città della Scienza di Napoli .....	173
4.2.2 Il Museo della Scienza e della Tecnologia di Milano .....	173
4.2.3 Le Associazioni nazionali insegnanti di Scienze .....	175
4.3 Le iniziative più significative su scala nazionale .....	178
4.3.1 Progetto "Lauree Scientifiche".....	178
4.3.2 Progetto SET (Scienziati e Tecnici).....	178
4.3.3 Master .....	179
4.3.4 Progetto PON (Programma Operativo Nazionale) .....	180
4.4 I progetti sponsorizzati da USRL (Ufficio Scolastico Regionale) Lombardia ...	185
4.4.1 Scienza under 18 .....	185
4.4.2 Borse IFOM ( Fondazione Istituto FIRC di Oncologia Molecolare ) per insegnanti .....	186

4.4.3 Borse di studio Università di Pavia .....	186
4.5 La formazione iniziale dei docenti .....	187
4.6 Uno sguardo sull'Europa .....	191
4.6.1 I principali provvedimenti sulla formazione .....	192
4.6.2 I progetti internazionali (IBSE e PENCIL) .....	196
4.7 Confronto della situazione italiana con quella di altri paesi in Europa .....	198
4.7.1 La formazione docenti in Europa .....	199
4.7.2 Considerazioni generali estrapolate dai risultati OCSE-PISA .....	201
Appendice .....	209
Iniziative scientifiche di rilievo .....	209
5. La valutazione esterna dei sistemi scolastici .....	212
Introduzione .....	212
5.1 Il QEQ (Quadro Europeo delle Qualifiche) .....	213
5.2 OCSE-PISA (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico- Programme for International Student Assessment) .....	215
5.3 IEA-TIMSS (International Association for the Evaluation of Educational Achievement-Trends in International Mathematic and Science Study) .....	218
5.4 La situazione italiana .....	222
5.5 INValSI (Istituto Nazionale per la Valutazione del Sistema Educativo e di Istruzione). Confronto con gli altri sistemi di valutazione .....	224
5.6 Indicazioni per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione .....	237
5.7 Riflessioni sui risultati delle indagini in Italia delle competenze scientifiche di OCSE PISA, TIMSS e INValSI .....	238
5.8 I limiti dei test riscontrati coerentemente ai criteri della rivista (approccio sistemico) .....	246
5.9 Elenco degli articoli di <i>Emmeciquadro</i> selezionati .....	251
<i>TERZA PARTE</i> .....	252
Esperienze sul campo .....	252
6. La mia collaborazione presso la rivista <i>Emmeciquadro</i> .....	252
6.1 I gruppi di ricerca della scuola primaria e secondaria di primo grado.....	253
6.1.1 La diffusione dei percorsi.....	258

6.2	Struttura generale dei percorsi nati nell'ambito dei gruppi di ricerca .....	260
6.2.1	Pre-requisiti conoscitivi.....	261
6.2.2	Obiettivi.....	262
6.2.3	Competenze attese.....	266
6.2.4	Verifica di competenze.....	270
6.3	Le unità di apprendimento del percorso <i>Incontrare l'acqua</i> .....	276
6.3.1	UA1: uscita ai Navigli.....	278
6.3.2	UA2: mappa concettuale sull'osservazione delle caratteristiche dell'acqua e dei suoi stati di aggregazione .....	281
6.3.3	UA3: esperimenti sull'acqua.....	286
6.3.4	UA4: le chiuse di Leonardo Da Vinci.....	293
6.3.5	UA5: il ciclo dell'acqua .....	294
6.4	Proseguimento in quarta del percorso (nell'ottica della verticalità): <i>il galleggiamento</i> .....	299
6.4.1	Esperimenti attinenti al volume.....	300
6.4.2	Esperimento coi vasi comunicanti.....	301
6.5	Le unità di apprendimento del percorso <i>Il moto dei Pianeti nel sistema solare</i> .	302
6.5.1	UA1: la costruzione del modello.....	304
6.5.2	UA2: le stagioni .....	305
6.5.3	UA3: le fasi lunari .....	305
6.5.4	UA4: le eclissi .....	307
6.5.5	UA5: i movimenti apparenti del Sole.....	307
6.5.6	UA6: il percorso storico .....	310
6.5.7	UA7: Il grafico delle orbite ellittiche .....	316
6.6	Elenco articoli di <i>Emmeciquadro</i> selezionati .....	323
7.	Ulteriori esperienze di formazione scientifica.....	324
	Introduzione .....	324
7.1	Il percorso <i>La dimensione matematica nei fenomeni naturali</i> .....	329
7.2	Il percorso <i>Galileo: il peso dell'esperimento</i> per il Progetto PON.....	334
7.2.1	Confronto tra le pre-conoscenze degli studenti e le convinzioni degli antichi sul moto.....	336
7.2.2	Primo esperimento: la velocità di caduta di un grave dipende dalla sua forma? .....	341

7.2.3 Secondo esperimento: la velocità di caduta di un grave dipende dalla sua massa? .....	342
7.2.4 Terzo esperimento: il moto di una pallina su un piano inclinato .....	342
7.2.5 Quarto esperimento: il moto del pendolo .....	345
7.2.6 Immedesimiamoci nel modo di pensare di Galileo .....	346
7.3 Il percorso <i>Il calore: energia o sostanza?</i> per il Progetto PON .....	351
Introduzione storica.....	352
7.3.1 Temperatura e calore .....	355
7.3.2 Il calore assorbito dipende dal tipo di sostanza o dalla sua quantità? .....	358
7.3.3 Gli esperimenti di Thompson e Joule.....	359
7.3.4 L'esperimento: l'equivalente meccanico e l'energia termica .....	363
Appendice .....	366
Percorsi scientifici non monitorati per la scuola secondaria di primo grado.....	366
Un approccio storico per un percorso di chimica (dalla concezione aristotelica alla tavola di Mendeleev) .....	366
Il moto dei corpi nelle diverse scale di osservazione: dai gravi ai corpi celesti .....	371
Dall'energia chimica della pila di Volta all'energia elettrica e viceversa: un esempio di trasformazione .....	375
La comprensione del fenomeno della luce in base al modello di propagazione rettilinea .....	378
Esiti della ricerca: individuazione degli aspetti originali che caratterizzano la proposta di formazione docenti della rivista <i>Emmeciquadro</i> .....	381
Elenco degli allegati ai capitoli .....	386
Bibliografia ragionata ordinata per aree tematiche.....	389
Archivio degli articoli <i>Emmeciquadro</i> ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate.....	409

## Ringraziamenti

L'esperienza di ricerca di questi anni, così ricca e impegnativa, è stata molto significativa per la mia personale maturazione non solo professionale. Per questo motivo desidero ringraziare tutti coloro che hanno contribuito a realizzarlo, con la speranza che anche altri docenti possano trarre beneficio dal lavoro che ho svolto.

Prima di tutto, in modo assolutamente speciale, desidero ringraziare i miei tutor – la Professoressa Francesca Bonicalzi e il Professor Paolo Musso – e la Professoressa Maria Elisa Bergamaschini – la mia principale referente all'interno della rivista *Emmeciquadro* – che mi hanno guidato in questo lavoro con direttive sempre costruttive ed efficaci.

Attraverso di loro ho imparato moltissimo in un confronto leale e serio, teso sempre, anche nei momenti critici, al miglioramento della qualità del lavoro.

Ringrazio il Professor Giuseppe Bertagna che si è sempre dimostrato disponibile e per i preziosi consigli che ha saputo fornirmi in alcune situazioni.

Ringrazio tutti i membri della redazione della rivista *Emmeciquadro*, in particolare l'Ingegnere Mario Gargantini e il Dottor Roberto Sanvito, con cui ho lavorato sempre volentieri in un clima di serenità e impegno; ed anche la Professoressa Maria Cristina Speciani per le sue osservazioni critiche e talvolta pungenti.

Ringrazio i docenti dei gruppi di ricerca, in particolare Paolo Moraschini, con cui ho condiviso molti momenti importanti di lavoro.

Ringrazio il Professor Riccardo Govoni, attraverso la cui collaborazione mi è stato possibile descrivere dettagliatamente il Piano ISS e il Progetto PON Educazione Scientifica, oltre che realizzare (nell'ambito di quest'ultimo) i due percorsi di aggiornamento esposti nel capitolo 7.

Ringrazio anche i Professori Onorato Grassi ed Evandro Agazzi per la disponibilità che mi hanno dimostrato, seppure in un breve frangente.

Tutti coloro che sono stati citati incarnano, per l'esperienza che ho vissuto, la figura del "maestro" così come viene descritta in questo stesso testo.

Infine ringrazio i miei amici, le mie figlie e in particolar modo mio marito, che mi ha sempre sostenuto con affetto e attenzione.



## Introduzione <sup>1</sup>

Negli ultimi anni si riscontra una drastica diminuzione di iscrizioni alle lauree scientifiche da parte degli studenti non solo italiani. A questo fenomeno si associa una difficoltà da parte degli studenti nell'assimilare competenze scientifiche di base ritenute necessarie per una solida formazione <sup>2</sup>. A fronte di questa situazione l'aspetto della formazione docenti è considerato un punto cruciale sia in ambito pedagogico che sociale e civile per garantire un'efficace trasmissione del sapere scientifico e sollecitare l'interesse delle giovani generazioni verso di esso. In questo senso la rivista *Emmeciquadro*, dedicata all'insegnamento delle discipline scientifiche, ha raccolto questa sfida avendo come principale intento quello di formare e aggiornare i docenti di Matematica e Scienze dei diversi ordini di scuola.

### STORIA E SCOPO DELLA RIVISTA *EMMECIQUADRO*

La rivista *Emmeciquadro* è frutto della collaborazione tra insegnanti, ricercatori e docenti universitari ed è realizzata a cura dell'Associazione *SEED - Scienza Educazione E Didattica*, presente da diversi anni in questo settore con varie attività di sperimentazione, aggiornamento professionale e produzione di testi scolastici. La rivista <sup>3</sup>, nata nel marzo 1998, è indirizzata ai docenti di tutte le discipline scientifiche e tecnologiche; ogni numero ha un'impostazione tematica e affronta i nodi fondamentali del dibattito scientifico proponendo piste di lavoro e strumenti per una didattica più

---

<sup>1</sup> Per la stesura dell'introduzione un notevole contributo è stato fornito dalla redazione, in particolare da Maria Elisa Bergamaschini; le informazioni sulla struttura del sito sono state fornite da Roberto Sanvito, responsabile del caricamento degli articoli.

<sup>2</sup> Questi giudizi derivano da dati statistici che riguardano tutto il panorama internazionale e saranno ampiamente documentati a livello nazionale, con un accenno allo scenario europeo, quando tratteremo i la Valutazione esterna dei Sistemi scolastici alla fine del capitolo 3. Alcune considerazioni sono state tratte anche dall'intervento di Marco Bersanelli *La continuità della scienza in Italia e in Occidente*, in: QS n. 2 E[2007], pp. 57-66.

Nel capitolo 4 mostreremo ulteriori iniziative di formazione presenti sul nostro territorio che consentiranno di renderci conto di come l'aspetto che intendiamo considerare sia estremamente urgente e del fatto che l'attività di *Emmeciquadro* non è certamente un fenomeno isolato.

<sup>3</sup> Riportiamo i dati di registrazione della rivista: Registrazione n. 226 del 24.03.2000 presso il Tribunale di Milano. Registrazione ROC n. 12375. Versione cartacea: ISSN 1974-6474. Versione on-line: ISSN 2240-0389.

incisiva e coinvolgente gli studenti <sup>4</sup>. Fino al mese di aprile 2011 era un quadrimestrale in formato cartaceo con una tiratura di 1000 copie che consentiva di raggiungere una *mailing list* di abbonati selezionati e di distribuire la rivista anche in occasioni particolari come convegni, corsi di aggiornamento, mostre scientifiche, ampliandone la visibilità ben oltre il numero delle copie vendute. Con il numero di agosto 2011 è diventata un trimestrale on line ([www.emmeciquadro.eu](http://www.emmeciquadro.eu)) con accesso libero e gratuito per favorire la diffusione di un aggiornamento di alto livello culturale e didattico <sup>5</sup>. Per la elaborazione e verifica dell'impostazione culturale la rivista fa riferimento a un Consiglio Scientifico, composto da ricercatori e docenti universitari e si inserisce nel percorso e nel dialogo svolto nell'ambito dell'associazione *Euresis*.

Nel contesto attuale della scuola italiana, *Emmeciquadro* rappresenta una voce libera, critica e propositiva che, in piena autonomia anche economica, è in grado di dare un contributo significativo sia sul piano dell'aggiornamento culturale dei docenti sia sul piano più propriamente didattico in relazione ai significativi mutamenti in atto.

## IMPOSTAZIONE CULTURALE

I titoli stessi che sono stati dati ai diversi numeri esprimono la concezione di scienza che la redazione e il Consiglio scientifico hanno nel tempo approfondito e intendono comunicare e condividere con il lettore; di seguito l'elenco di alcune tra le più significative tematiche che con parole diverse ritornano nei titoli dei numeri della rivista e che sono approfondite negli articoli.

- Realismo nella dinamica della conoscenza scientifica
- La storicità del sapere scientifico
- Il “soggetto” nella genesi del sapere scientifico
- Il metodo delle scienze per conoscere il mondo della natura
- Ragione e razionalità scientifica
- Linguaggi e metodi delle discipline scientifiche

---

<sup>4</sup> Una presentazione più sintetica della rivista è reperibile anche sulla *Home page* del sito cliccando sul bottone *Chi siamo*. ([www.ilsussidiario.net/News/Emmeciquadro/2011/7/30/EMMECIQUADRO-Chi-Siamo/197821/](http://www.ilsussidiario.net/News/Emmeciquadro/2011/7/30/EMMECIQUADRO-Chi-Siamo/197821/)). In questa pagina sono inoltre visualizzati i nomi di tutti i collaboratori della rivista, il cui Presidente è Mario Gargantini. Altri collaboratori coinvolti direttamente nella formazione docenti saranno citati nel capitolo 3, 5 e 6.

<sup>5</sup> Per i dettagli relativi alla diffusione della rivista rimandiamo al paragrafo 6.1.1 del capitolo 6.

- Il paradigma della complessità in relazione ai “viventi”
- La comunicazione scientifica

Un luogo comune molto diffuso è quello di considerare la matematica e le scienze delle discipline aride e fredde in quanto ritenute avulse dalla dimensione affettiva ed esistenziale dell'uomo. Sebbene sia indubbio che esse richiedono di affinare nel tempo un alto livello di rigore e precisione nei ragionamenti e nei linguaggi e che questo impone una forte dose di impegno, tuttavia non andrebbe trascurato un altro ingrediente fondamentale e irrinunciabile che le contraddistingue, ovvero lo stupore generato dalla bellezza e dall'ordine dei fenomeni da cui scaturisce il desiderio di scoprirli e conoscerli non superficialmente. Tale aspetto costituisce il punto sorgivo di qualsiasi ricerca e apprendimento scientifico e implica un utilizzo della ragione che venga esercitata e potenziata in tutta la sua ampiezza. Questo è quanto è avvenuto a partire dalla nostra stessa tradizione occidentale greca e cristiana nell'ambito della quale si è potuta sviluppare la matematica consentendo il progresso tecnico-scientifico di cui oggi godiamo i frutti.

Queste brevi considerazioni saranno integrate e ulteriormente declinate nei capitoli 1 e 2 dedicati agli approfondimenti epistemologici, attraverso anche citazioni di alcuni degli articoli della rivista ritenuti più significativi.

## **IMPOSTAZIONE DIDATTICA**

Per una efficace formazione scientifica, l'insegnamento non deve ridursi a «divulgazione» o informazione, ma deve fare della scuola il luogo in cui, a diversi livelli, si «fa» scienza cioè si fa l'esperienza del conoscere il mondo della natura secondo il metodo e i linguaggi delle diverse scienze sperimentali e della matematica.

Un obiettivo realizzabile non tanto facendo riferimento ad astratti modelli didattici, ma nel confronto serio e consapevole con le strutture essenziali del sapere scientifico da un lato e con attenzione all'esperienza personale dell'allievo e alla sua categorialità, mediante scelte elementari, non riduttive né parziali.

Alcuni degli aspetti che prenderemo in considerazione nel capitolo 2, 3 e 6 approfondendoli (facendo riferimento anche in questo agli articoli della rivista da noi ritenuti più significativi) sono:

1. la centralità del rapporto docente/alunno, entrambi coinvolti creativamente in un'esperienza di conoscenza, riafferma la figura del docente come maestro, piuttosto che come facilitatore di processi o mediatore.
2. una solida formazione concettuale sia per il docente che per l'allievo, per il primo è garanzia di una creatività duttile e attenta alle caratteristiche (età, maturità, strumenti intellettuali) dei suoi alunni e per il secondo è garanzia di un apprendimento realmente personalizzato; chiaramente in controtendenza rispetto alla cultura pervasiva dell'immagine e della didattica che tende a esasperare gli aspetti informativi e ludici.
3. la costruzione paziente di una coscienza critica negli allievi e nel docente favorisce una reale personalizzazione, attraverso la consapevolezza dei passi che si compiono, imparando a «raccontare», non solo a descrivere e a registrare.
4. l'abitudine a operare le giuste distinzioni, educando uno sguardo attento alle sfumature, permette di dare valore alle cose che ci circondano, per vincere la deriva del «tutto uguale», sinonimo del «tutto indifferente».

## **STRUTTURA DELLA RIVISTA *EMMECIQUADRO***

La rivista è strutturata in sezioni che prevedono:

- contributi dal mondo della ricerca;
- riletture dei nodi più significativi della storia della scienza;
- riflessioni critiche sull'esperienza di insegnamento, anche attraverso il dialogo con i lettori;
- recensioni di novità editoriali, di testi significativi, di articoli comparsi su periodici;
- reprint di articoli interessanti; traduzioni;
- informazioni relative agli strumenti multimediali, ai dibattiti e ai convegni.

Quando la rivista è passata dalla pubblicazione cartacea all'on-line, ha subito delle piccole modifiche: Le sezioni *Avventura scientifica* e *Non solo formule* si sono accorpate prendendo il nome di *Scienza in atto*. Le altre sezioni hanno invece cambiato solo il nome (*Linea diretta* ora si chiama *Scienz@scuola*; *Dal presente al passato* è l'attuale *SCIENZA&STORIA*; *Lo strillone* si chiama *SCIENZA&LIBRI*; *Non tutti sanno che* prende il nome *SCIENZAEVENTI*).

Indichiamo ora le caratteristiche di ogni sezione, che rispecchiano l'impostazione culturale e didattica precedentemente descritta:

### SCIENZAINATTO

La ricerca scientifica è concepita come un'appassionante avventura umana. In essa l'uomo prende coscienza della realtà naturale che incontra e impegna tutte le risorse della ragione nel tentativo di comprendere i fenomeni. Mentre lo scienziato scopre leggi e principi, progetta e realizza esperimenti, la realtà lo sorprende con comportamenti impreveduti e ponendo nuovi quesiti. L'obiettivo che si intende perseguire è quello di scoprire i caratteri di questa avventura, come emergono dall'esperienza di scienziati all'opera.

### SCIENZ@SCUOLA

Insegnare discipline scientifiche significa accompagnare gli studenti in un cammino di conoscenza che coinvolge diverse dimensioni della persona. In esso il docente è decisivo come suscitatore della libertà del giovane e punto di riferimento di un'esperienza definibile come *reinvenzione guidata* il cui metodo sarà dettagliato nel terzo capitolo. L'obiettivo che si intende perseguire è quello di comunicare e approfondire le ragioni di percorsi didatticamente significativi, superando l'isolamento che spesso caratterizza l'esperienza dell'insegnante.

### SCIENZA&STORIA

I momenti fondamentali della storia delle scienze vengono riletti criticamente, senza distogliere lo sguardo dalla scienza contemporanea e dalle domande che essa continuamente ripropone. Le vicende del passato vengono rivisitate dall'oggi per riscoprire, nella tradizione scientifica, le domande significative, le risposte provvisorie ma fondamentali, i problemi irrisolti ma cruciali, in vista degli sviluppi seguenti e per incontrare i protagonisti della storia della scienza.

### SCIENZA&LIBRI

Negli ultimi anni è cresciuto in modo vertiginoso il «parlare» di scienza; ma quanto di questa comunicazione corrisponde alla reale esperienza del «fare» scienza? Come vagliare l'informazione scientifica? Come muoversi in un orizzonte divulgativo sempre più frammentario?

In questa prospettiva vengono presentate recensioni di libri e riviste, reprint di articoli commentati, traduzioni e segnalazioni bibliografiche e sitografiche per condividere letture e navigazioni culturalmente significative.

### SCIENZAEVENTI

Progetti del Ministero e delle varie istituzioni scolastiche; corsi di aggiornamento, convegni, seminari, mostre, concorsi, premi e tutti gli appuntamenti che possono interessare l'insegnamento scientifico. Non solo date e programmi preventivi, ma relazioni, riflessioni, spunti d'intervento da chi ha l'occasione di viverli in prima persona. E anche uno sguardo a nuovi corsi di laurea, master e iniziative per l'orientamento degli studenti agli studi universitari.

### **IL SITO *EMMECIQUADRO***

Gli articoli della Rivista sono caricati in un'area logica auto consistente, definita *categoria*, nell'ambito della piattaforma del quotidiano *Il sussidiario.net*. La *Home page* della rivista costituisce la mappa di riferimento per la navigazione all'interno di essa e viene richiamata cliccando sul bottone *Emmeciquadro* riportato nel menu in alto a

destra della *Home page* di *Il Sussidiario*. L'elenco degli articoli dell'ultimo numero può essere reperito cliccando sul bottone *il Sommario* (sempre nella *Home page*). Ogni numero della Rivista costituisce una "sotto-categoria" della categoria *Emmeciquadro*. Gli articoli di ognuno di essi, univocamente assegnati, appaiono elencati in ordine di *Sezione* e sono rintracciabili all'interno del *Sommario* di ogni numero. L'insieme dei Sommari appartiene a propria volta alla sotto-categoria chiamata *Indice numeri*. Consultandola (cliccando sempre il bottone corrispondente) l'utente può visualizzare un indice completo di tutti i Sommari. A sinistra della *Home page* sono presenti l'Editoriale e cinque articoli dell'ultimo numero; ognuno di essi viene selezionato, perché ritenuto più significativo, fra quelli presenti in ciascuna Sezione dell'ultimo numero. Le Sezioni di ogni numero sono allocate in una struttura logica denominata *Dossier*. I Dossier sono dei raggruppamenti di articoli in base a una caratteristica comune. Essi sono visualizzabili integralmente cliccando sul bottone *Vai all'elenco completo delle Sezioni della Rivista*. Visitando questa pagina, ma anche osservando i box a destra della *Home page*, ci si accorge che tra i Dossier non ci sono solo le sezioni che strutturano la rivista che contengono gli articoli suddivisi per argomenti esclusivamente nell'ambito dello stesso numero, ma anche raggruppamenti di articoli provenienti da numeri diversi (*Il modello, Un Maestro: Carlo Felice Manara, Uomini di scienza*, ecc.). In questo modo si è potuto valorizzare articoli appartenenti a numeri precedenti ritenuti particolarmente significativi e ordinati in base ad altri criteri. Cliccando nei box delle Sezioni della *Home page* su *Altri articoli* viene mostrato l'elenco degli articoli di quella Sezione; tra le informazioni riportate per ogni articolo elencato, oltre al Titolo, la Data, e l'Autore c'è anche la sezione di appartenenza. Cliccando sul bottone *Il prossimo numero* escono alcune anticipazioni di articoli del numero successivo che vengono caricate ogni mese; questo per favorire un interesse per la rivista continuativo nel tempo da parte degli utenti. La prima anticipazione esce con l'ultimo numero caricato in forma completa.

## **CRITERI GENERALI RELATIVI ALLA STRUTTURA DEL PROGETTO DI RICERCA**

A questo punto ci pare opportuno esplicitare alcune considerazioni che specificano aspetti di tipo strutturale del presente testo da cui possiamo trarre alcune considerazioni

sui contenuti forniti di carattere generale. Vogliamo prima di tutto evidenziare che una parte consistente del nostro lavoro è consistita nel selezionare e classificare gli articoli della rivista nelle modalità che saranno specificate nei primi tre capitoli e nel quinto. La loro stesura è avvenuta, infatti, a partire da un'attenta riflessione dei contenuti degli articoli, che sono stati sintetizzati scegliendo la chiave di lettura che abbiamo proposto. Questo lavoro è stato accompagnato da un approfondimento avvenuto attraverso la lettura dei testi epistemologici riportati nella bibliografia. I primi tre capitoli, che costituiscono la prima parte del Progetto di ricerca, sono quelli in cui si esplicitano le due principali aree tematiche che caratterizzano la rivista: l'area culturale (o epistemologica) e l'area didattica (come abbiamo appena specificato). Per quanto riguarda quest'ultima abbiamo preferito suddividere in due capitoli distinti le considerazioni di tipo pedagogico (presenti nel secondo capitolo in cui esponiamo le principali tendenze che si riscontrano) da quelle più specificatamente di natura didattica (presenti nel terzo capitolo)<sup>6</sup>. Tuttavia precisiamo che questa prima parte non va intesa semplicemente come premessa da cui attingere per formulare i nostri giudizi espressi nei capitoli successivi; piuttosto essa stessa a tutti gli effetti costituisce parte integrante di un processo di sviluppo che è stato maturato e completato nel tempo dando corpo e forma in modo tentativamente unitario a tutta la trattazione nella sua globalità. Se, dunque, è innegabile che la prima parte ha lo scopo di inquadrare e sistematizzare organicamente gli aspetti soprattutto teoretici che caratterizzano la rivista per confrontarli successivamente con quelli di altre impostazioni a livello nazionale e internazionale (quarto capitolo) e utilizzarli sul campo (sesto capitolo e settimo capitolo) tenendo conto anche di quanto viene rilevato attraverso i sistemi di valutazione internazionale del sistema scolastico (quinto capitolo), ciononostante va precisato che si è volutamente optato per una distinzione tra presupposti teorici (prima parte) e loro applicazione (terza parte) che non risultasse troppo rigida o marcata. Per questo stesso motivo anche nel paragrafo dove esponiamo gli esiti finali del progetto di ricerca, sarà presente un breve commento che riguarda questo lavoro di ordinamento degli articoli per la costituzione di una sorta di Archivio.

---

<sup>6</sup> Per essere precisi, anche una parte del capitolo 5 attinge agli articoli di *Emmeciquadro* che riguardano la valutazione esterna del sistema scolastico. Tuttavia questo capitolo, assieme al 4, costituisce la seconda parte di questo testo e ha come scopo principale quello di trarre conclusioni di tipo generale riguardo alla formazione degli studenti italiani in relazione alla formazione dei docenti.





## PRIMA PARTE

### 1. I principali aspetti a carattere culturali presenti nella rivista: un'idea di razionalità scientifica

#### Introduzione

In questo capitolo intendiamo affrontare una lettura critica di alcuni aspetti a carattere culturale <sup>7</sup> che riguardano le scienze contemporanee <sup>8</sup> che riteniamo essere cruciali per le ripercussioni che essi hanno anche per l'oggetto della nostra ricerca che riguarda la formazione degli insegnanti di Scienze. In prima battuta ci sembra importante fornire un quadro più generale delle teorie epistemologiche che si connettono e si oppongono ai criteri culturali della rivista. Questo per consentire di apprezzare e comprenderne a pieno la portata e il significato. A tal fine ci siamo avvalsi non solo del contributo di alcuni autori che scrivono sulla rivista <sup>9</sup> – questo è per esempio il caso del fisico Tito Arecchi (1933-vivente) <sup>10</sup>, dei filosofi della scienza Paolo Musso (1964-vivente), e Alberto Strumia (1950-vivente), del chimico Giuseppe Del Re (1932-2009), del matematico Carlo Felice Manara (1916-2011) <sup>11</sup> – ma anche di alcuni protagonisti dell'epistemologia contemporanea a cui certamente essi si ispirano – come Gaston Bachelard (1884-1962), Evandro Agazzi (1934-vivente), il chimico Michael Polanyi

---

<sup>7</sup> Ci sembra utile fornire una definizione di cultura che abbiamo tratto dal libro: Rigotti E. E[2009], p.7: «La cultura in senso antropologico è la sostanza che permane attraverso il succedersi delle generazioni; secondo Lotman e Uspenskij, la cultura è memoria collettiva, è l'informazione non genetica che passa da una generazione all'altra [...]. In questa prospettiva si capisce maggiormente come l'opposizione, che nell'infanzia della modernità si enfatizzò fra natura (luogo della libera, incondizionata individualità) e cultura (luogo del condizionamento sociale) sia priva di ogni consistenza.» E prosegue a p. 117: «Una memoria significativa è condizione fondamentale della cultura di una persona, permette di avere un deposito di sapienza presso di sé. E' un guadagno che persiste nella vita [...] come consapevolezza dell'identità della persona.»

<sup>8</sup> Per una trattazione sintetica delle tematiche proposte in questo capitolo si può vedere Correale N. N[2011].

<sup>9</sup> Un altro autore che prenderemo in considerazione, sebbene non abbia mai scritto sulla rivista, è il matematico Gian-Carlo Rota (1932-1999), che si ispira ad Edmund Husserl.

<sup>10</sup> Qualche contributo sarà anche tratto da un testo di Charles Peirce (1839-1914), che non abbiamo inserito nell'elenco degli autori a cui facciamo riferimento, in quanto il suo impianto filosofico pragmatista si differenzia troppo nettamente.

<sup>11</sup> Altri autori che non abbiamo citato e che prenderemo in considerazione sono: Gianfranco Pavone, Giulio Casati, Nicolò Dallaporta, Valeria Ascheri, Carlo Soave, Sua Eminenza Carlo Caffarra, Pierandrea Lo Nostro, Francesca Bonicalzi, Giovanni Maria Prosperi, Sofia Vanni Rovighi, Marco Claudio Traini, Lorenzo Mazzone.

(1891-1976), il filosofo Edmund Husserl (1859-1934). Attraverso di essi potremo precisare le caratteristiche del metodo scientifico approfondendo allo stesso tempo il pensiero di alcuni grandi e autorevoli scienziati <sup>12</sup> come Isaac Newton o Galileo Galilei che hanno contribuito significativamente ad impostarlo e affinarlo; di quest'ultimo in particolare citeremo anche alcuni famosi testi. Per trattare alcune tematiche (riportate anche negli allegati di questo capitolo) ci siamo avvalsi anche del supporto degli epistemologi Karl Popper <sup>13</sup> (1902-94), Thomas Kuhn <sup>14</sup> (1922-1996), Paul Feyerabend (1924-1994), che da un lato ci sono parsi interessanti in quanto dimostrano una posizione critica rispetto al razionalismo, empirismo e positivismo, avvertendo perciò il bisogno di ampliarne e approfondirne i fondamenti. Dall'altro abbiamo messo in rilievo gli aspetti per cui essi si discostano dall'impostazione culturale della rivista, come avremo modo di esporre. Solo in un secondo momento, nel secondo e terzo capitolo, confronteremo le teorie epistemologiche prevalenti trattate con le tendenze pedagogiche più diffuse attualmente e con le ricadute sotto il profilo didattico. Tale scelta è dettata dalla convinzione che, quanto meno in ambito scientifico, sia necessario dedurre gli approcci didattici e formativi a partire dalle riflessioni sull'evoluzione del pensiero scientifico e sull'impostazione metodologica; altrimenti non affronteremo la problematica nella giusta prospettiva.

Per favorire la lettura di questo capitolo proponiamo due domande, a cui intendiamo rispondere nel corso della trattazione. La prima è, per così dire, fondativa e più generale: Per quale motivo è così urgente capire quali sono i connotati culturali di un'indagine scientifica, la cui comprensione da parte del docente e il cui insegnamento permettono di trasmettere e consolidare razionalmente e in modo significativo l'apprendimento delle scienze? La seconda invece: Su cosa si può fondare la conoscenza affinché essa possa qualificarsi come certa, oggettiva e universale?

Per comprendere bene i fattori in gioco offrendo una risposta valida ai nostri quesiti innanzitutto cerchiamo di comprendere i termini della questione supportati dalle riflessioni degli autori da noi scelti.

---

<sup>12</sup> Altri grandi personaggi citati di cui sono riportati anche alcuni stralci di testi sono: Albert Einstein, Werner Karl Heisenberg, Max Planck, Henry Poincarè. I personaggi, invece, solo citati sono: Aristotele, Pierre-Simon Laplace, Charles Darwin; i matematici citati sono: Euclide, Bertrand Russell, Georg Cantor, Kurt Gödel, David Hilbert.

<sup>13</sup> Nella rivista si parla di Popper e del suo falsificazionismo nei seguenti articoli: Del Re G. Q[2006a]; Musso P. O[2005b], Pavone G. O[1999]. Negli ultimi due articoli viene citato anche Feyerabend.

<sup>14</sup> Si parla di Kuhn in: Del Re G. R[1998].

## 1.1 Quadro sintetico delle tendenze epistemologiche

### 1.1.1 Il razionalismo e il meccanicismo cartesiani

Ci pare importante in prima battuta riassumere brevemente le tappe fondamentali dello sviluppo del pensiero filosofico a partire dall'epoca moderna riguardo alla concezione di ragione, di realtà e conoscenza non dando per scontato quanto è già ben noto, per ricomprenderlo e giudicarlo.

La scienza moderna prese il suo avvio con Galileo Galilei. Egli precisò il metodo sperimentale, la cui caratteristica fondamentale è la verifica delle leggi scientifiche, espresse in linguaggio matematico, attraverso gli esperimenti, motivo per cui l'ambito scientifico si riferisce solo agli aspetti quantificabili e misurabili. Tutti questi aspetti saranno approfonditi come meritano nel terzo paragrafo (soprattutto nel primo punto *L'esperimento*).

L'impostazione di Cartesio era del tutto diversa rispetto a quella di Galileo, per certi versi opposta. Infatti Cartesio concepiva l'esperienza come essenzialmente ingannevole. Giunse perciò alla conclusione, attraverso il dubbio universale, che il cogito rappresentasse il pilastro fondante della conoscenza. Infatti secondo Cartesio non è il pensiero che si deve adeguare alla realtà, ma la realtà che deve adeguarsi agli a priori del pensiero. La prima conseguenza dell'approccio cartesiano, essendo escluso tutto ciò che fuoriesce dall'ambito teorico prefissato, fu la sua concezione deduttivistica della scienza naturale, il cui metodo secondo lui doveva ricalcare il metodo assiomatico della geometria, per cui le leggi di natura dovevano essere dedotte da quelle della metafisica e non ricavate dall'esperienza, nella quale egli aveva un'assoluta sfiducia. Con queste parole sferzanti Musso parla di Cartesio:

«[Ebbe] la presunzione di poter arrivare a conoscere l'essenza ultima della materia (identificata con la pura estensione geometrica) [...] pretendendo di modellare il metodo della filosofia su quello della scienza, a dispetto del loro diverso oggetto [...]. Parte invece da una professione di dubbio universale, che non diventa meno radicale e devastante per il fatto di essere chiamato metodologico, pretendendo in ultima analisi, di far scaturire la verità dalla menzogna, la certezza dallo scetticismo e insomma, in una parola, il bene dal male.»<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Musso P. N[2007], pp. 61-62.

Ma Cartesio non si limitò a considerare esclusivamente l'ambito scientifico: egli, infatti, riteneva il metodo conoscitivo da lui costruito capace di rispondere all'esigenza conoscitiva umana globale, avendo completa sfiducia nei metodi adottati dai filosofi <sup>16</sup>.

La seconda conseguenza dell'impostazione cartesiana che derivava dalla netta separazione operata tra *res extensa* (la materia) e *res cogitans* (lo spirito), fu il *meccanicismo*, ovvero la riduzione della realtà ai suoi aspetti meccanici e la fisica a geometria, a causa della identificazione da lui operata tra materia ed estensione. Secondo questa prospettiva anche il funzionamento del nostro stesso corpo risulta analogo a quello di una macchina.

Inoltre, come prosegue Musso, proprio a causa di questa radicale separazione tra spirito e materia «dopo di lui queste due componenti manifestarono sempre più la tendenza a separarsi e ad andare ciascuna per conto proprio, dando origine agli opposti eccessi dell'*empirismo* e dell'*idealismo*» <sup>17</sup>.

I successivi punti saranno perciò dedicati a riassumere per sommi capi l'impostazione empirista e razionalista.

### 1.1.2 L'empirismo

Verso la fine del XVIII secolo si affermò tra i filosofi una posizione empirista. Essi, rifiutando la dimensione spirituale, riducevano la natura dell'io alla percezione sensibile e psicologica, costituita da un flusso di dati che generavano immagini o rappresentazioni del mondo esterno. Per questo David Hume (1711-1776), il principale esponente di questa impostazione, riteneva che le leggi di natura avessero una validità esclusivamente convenzionale negando ogni rapporto di causalità fra le cose <sup>18</sup>.

Commenta Pavone a questo proposito:

«Lo scienziato non costruisce più sulla salda roccia dei fatti [...]. In che modo è possibile giustificare fatti teorici generali a partire da fatti empirici sempre particolari? Su questa questione gravano le

---

<sup>16</sup> Cfr. Vanni Rovighi S. A[2009], p.69. A p.80 Vanni Rovighi scrive: «Cartesio [...] intendeva costruire un sistema che abbracciasse tutta la realtà.»

<sup>17</sup> Musso P. A[2011], p. 203.

<sup>18</sup> Secondo Hume «tutta la nostra conoscenza può essere spiegata in base alle nostre percezioni, intese in senso radicalmente materialista, mentre le teorie scientifiche vengono ridotte a mere generalizzazioni di dati empirici, prive di autentico valore conoscitivo.» (Musso P. A[2011], p. 232).

osservazioni scettiche di Hume sull'induzione, che mettono in luce la cesura logica esistente tra fatti e leggi [...]. Un'asserzione teorica non può essere mai verificata dall'esperienza, può essere confermata soltanto secondo un certo grado di probabilità.»<sup>19</sup>

### 1.1.3 L'idealismo

Immanuel Kant (1724-1804), capostipite della posizione idealista, prendendo le mosse dalla posizione empirista humeana, che riteneva fosse una spiegazione adeguata della percezione sensibile, nel tentativo di affermare ugualmente il valore necessario e universale della conoscenza, introdusse le categorie a-priori, cioè ritenute innate, dell'intelletto e della ragione, che riteneva uguali per tutti gli esseri umani, il che permetteva di giustificare la conoscenza, ma solo quella scientifica, giacché secondo Kant le categorie si applicavano solo ai dati sensibili, rendendo così impossibile una metafisica conoscitiva. Inoltre in questa prospettiva i fenomeni non sono qualcosa di dato, ma di costruito e organizzato attraverso le categorie stesse<sup>20</sup>, per cui resta impossibile sapere se e fino a che punto la conoscenza che ne abbiamo si estende anche alle "cose in sé".

Ciò portò Fichte ed Hegel alla decisione, in fondo logica, di abolirle del tutto, giungendo così alla conseguenza ancor più estrema che la realtà tutta è prodotta dall'io universale, che è lo spirito, eliminando ogni distinzione tra scienza (studio dei fenomeni) e metafisica (studio del noumeno).

Nella prospettiva idealista gli elementi fondanti da cui si parte, cioè gli assiomi, sono intesi come verità chiare per sé stesse e necessarie, quindi di per sé immutabili e rigidamente dogmatici, pretendendo di giungere ad un'oggettività assoluta, estranea a quella che vale nella scienza. Per questo tale impostazione fu definita da Bachelard come la "fisica dello spirito qualunque": essa infatti nel tentativo di generalizzare i

---

<sup>19</sup> Pavone G. O[1999], p. 44.

<sup>20</sup> Per questo motivo Husserl scrisse, obiettando Kant: «se l'esperienza nel suo complesso dev'essere veramente esperienza di oggetti naturali, di oggetti disposti in un'obiettiva verità [...] e se quindi devono poter essere conosciuti sistematicamente, allora il mondo che appare intuitivamente deve già essere un prodotto della facoltà dell'"intuizione pura" e della "ragion pura", di quelle stesse facoltà che si esprimono nel pensiero esplicito della matematica e della logica.» (Husserl E. A[1936], p. 122).

fenomeni fissando, attraverso assunti teorici, i principi che li descrivono una volta per tutte, in realtà li riduce, penalizzando gli aspetti concreti, particolari e contingenti <sup>21</sup>.

#### 1.1.4 Il positivismo

Dopo la metà dell'Ottocento si diffusero le correnti di pensiero positiviste, che, come già gli empiristi, rifiutavano ogni speculazione di tipo metafisico: erano trascurate le sfere dello spirito e del senso proprie della metafisica e della teologia e si affermò una pretesa della scienza di risolvere gli interrogativi ultimi dell'uomo in quanto solo essa era ritenuta l'unica forma lecita di conoscenza. Al tempo stesso, paradossalmente, si finirono per negare valore di conoscenza proprio ai suoi aspetti teorici <sup>22</sup>, essendo l'impostazione accettata quella empirista, che non era in grado di garantire un fondamento universale e oggettivo della scienza (come già Kant aveva messo in luce).

#### 1.1.5 Il neopositivismo

A partire dal circolo di Vienna <sup>23</sup> (1924) si costituì il movimento dei neopositivisti. Essi condividevano i presupposti culturali anti-metafisici e anti-religiosi dei positivisti, come è evidente da un'affermazione emblematica contenuta nel manifesto <sup>24</sup> del movimento che riportiamo: «Nelle scienze non si dà profondità alcuna; ovunque è superficie». Tuttavia si spinsero anche oltre: essi ritenevano che la verità non solo scientifica fosse riconducibile all'esattezza matematica o a ciò che è logicamente dimostrabile, adottando i moderni strumenti della logica matematica. Molti filosofi, criticarono tale approccio per le sue conseguenze riduzioniste. L'appendice *Critica all'empirismo* (in fondo al

---

<sup>21</sup> Per approfondimenti su questi aspetti si veda: Mazzoni L., Musso P. A[2003]; Musso P. N[2007].

<sup>22</sup> A titolo di esempio, per comprendere meglio come le correnti filosofiche in qualche misura influenzino l'indagine scientifica e la riflessione che gli scienziati stessi esprimono su di esso, riportiamo una citazione di Einstein relativa al motivo per cui è stato difficile accettare la teoria atomica da parte di alcuni studiosi: «L'antipatia di questi studiosi verso la teoria atomica può farsi indubbiamente risalire al loro atteggiamento filosofico positivisticò. È questo un interessante esempio del fatto che anche studiosi dallo spirito audace e dall'intuito sottile possono essere ostacolati da pregiudizi filosofici nell'interpretazione dei fatti. Il pregiudizio – che a tutt'oggi non è affatto sparito – consiste nella convinzione che i fatti possano e debbano tradursi in conoscenza scientifica di per sé, senza una libera elaborazione concettuale.» (Einstein A. A[1949], pp. 70 e 84).

<sup>23</sup> Nella rivista si parla del circolo di Vienna nei seguenti articoli: Pavone G. O[1999]; Musso P. O[2005b].

<sup>24</sup> Si fa riferimento al manifesto: *La concezione scientifica del mondo* scritto soprattutto da Otto Neurath, Rudolf Carnap e Hans Hann.

capitolo) documenta questo aspetto attraverso alcune citazioni tratte da testi di Husserl, Popper, Kuhn e Feyerabend<sup>25</sup>, corredati di brevi commenti.

Con queste parole Musso commenta, spiegandola, l'impostazione neopositivista:

«La riduzione della scienza a semplice “schema concettuale”, valido solo all'interno di una determinata cultura e privo di contenuti oggettivi e quindi validi universalmente, sono nati nell'ambito delle filosofia delle scienze di impostazione analitica che, nonostante le critiche e le svolte intervenute nel corso del tempo, continua ancora sostanzialmente a rifarsi al modello di razionalità tipico del positivismo logico del *Circolo di Vienna*, il quale a sua volta era modellato proprio sul modello meccanicista ottocentesco [...]. L'empirismo radicale dei neo-positivisti che, per l'ansia di distruggere la possibilità stessa di un pensiero metafisico e religioso, avevano ridotto la ragione alla sola funzione di combinare, tramite la logica matematica, le (supposte, ma in realtà inesistenti) percezioni elementari dette significativamente anche atomiche, aveva finito in maniera non meno radicale, benché contro alle sue originali intenzioni, di negare anche la possibilità stessa della scienza.»<sup>26</sup>

### 1.1.6 Il falsificazionismo di Popper

In opposizione alle prospettive empiriste e razionaliste insite nella posizione neopositivista, Popper si dichiarava convinto dell'esistenza di una verità oggettiva e non accettava di ridurre la ragione a logica<sup>27</sup>. Tuttavia in base al suo pensiero «la scienza procede non per induzioni ma per congetture e confutazioni.»<sup>28</sup>

Il che significa che in effetti una conoscenza certa non è mai raggiungibile<sup>29</sup>. La verità oggettiva serve solo «come principio regolativo, ha un funzione euristica ai fini dell'incremento delle ricerche scientifiche.»<sup>30</sup>

---

<sup>25</sup> Nell'appendice sono riportate anche alcune citazioni di Husserl che riguardano più specificatamente il positivismo. Al fondo la radice del positivismo e neo-positivismo è ad ogni modo la stessa, cioè l'empirismo radicale.

<sup>26</sup> Musso P. O[2005b], p. 15.

<sup>27</sup> Poiché questa distinzione tra ragione e logica (o razionalità) è estremamente importante ci sembra doveroso precisare che per logica intendiamo ciò che può essere dimostrato razionalmente e coerentemente sulla base del principio di non-contraddittorietà. La logica fa appello esclusivamente alla razionalità ed è perciò intesa come calcolo. La ragione è invece un concetto più ampio che si esercita rispetto alla totalità di un problema attraverso l'argomentazione di esso. Di questo aspetto parleremo soprattutto nel paragrafo 3.2.3 del capitolo 3.

<sup>28</sup> Pavone G. O[1999], p. 45.

<sup>29</sup> Scrive Popper: «Se ammettiamo che in tutto il dominio della nostra conoscenza non è possibile trovare una autorità che sia al di là della portata delle nostre critiche [...] allora possiamo ritenere senza pericolo l'idea che la verità è al di là dell'autorità umana.» «La cosiddetta verità manifesta ha costantemente bisogno di reinterpretazioni e riasseverazioni» (Popper K. A[1969], p. 120 il primo brano, p. 81 il secondo). Dove parla di autorità Popper intende quella rappresentata dalla tradizione scientifica. Uno dei



Inoltre Popper sottovalutò l'importanza di altri aspetti, oltre a quelli logici, che concorrono alla costruzione di una teoria. Questo è bene evidente se si pensa alla sua ferma convinzione, che costituisce un po' il suo cavallo di battaglia, che la scienza progredisse attraverso falsificazioni successive delle teorie scientifiche, che perciò potevano diventare sempre migliori. Se tale modalità appare ineccepibile dal punto di vista logico – infatti ogni osservazione coerente con le conseguenze di una data ipotesi non costituisce dimostrazione della validità assoluta dell'ipotesi stessa mentre basta una osservazione che contraddica le conseguenze delle ipotesi a provocare la demolizione di queste – risulta però del tutto insufficiente e semplicistica in quanto non tiene conto di altri aspetti oltre a quelli logici che pure andrebbero considerati, come specificheremo meglio parlando della tendenza relativista. Inoltre, conseguenza ancora più paradossale, siccome in qualsiasi esperimento sono sempre coinvolte altre teorie (*teorie ausiliarie*) oltre a quella che si vuole controllare, un risultato contrario alle previsioni ci dice che *una* delle nostre teorie è sbagliata, ma non ci dice *quale*: ciò sarebbe infatti possibile solo se potessimo sapere che le teorie ausiliarie sono vere, ma per Popper ciò non si può mai sapere. Ne segue che «il fatto di non poter mai dire che una qualsiasi teoria sia vera rende impossibile la falsificazione stessa [...], [così che] la valutazione dei suoi risultati finisce per ridursi ad un fatto meramente *convenzionale*.»<sup>31</sup>

### 1.1.7 Dal relativismo...

Conseguenza inevitabile dell'approccio popperiano – che ammette la verità in linea di principio ma non la possibilità di raggiungerla o quantomeno di poter essere consapevoli di averla raggiunta – è stata il costituirsi in tempi più recenti di una posizione relativistica, che si dichiara del tutto scettica riguardo alla possibilità di raggiungere nel corso della storia l'approdo ad una conoscenza certa dei fenomeni scientifici. Solo per citare un esempio emblematico, i relativisti sostengono che i meccanismi che consentono a una teoria di affermarsi su un'altra, non sono di natura razionale, ma sono riconducibili esclusivamente a giochi di persuasione e di potere.

---

motivi per cui Popper si mostrava riluttante nell'affermazione di un raggiungimento di certezza definitiva era, non a torto, di evitare di incorrere nell'errore degli essenzialisti, che ritenevano che fosse possibile cogliere intuitivamente l'essenza delle cose al di là delle loro apparenze.

<sup>30</sup> Pavone G. O[1999], p. 45.

<sup>31</sup> Musso P. A[2011], p.510-511.

L'evoluzione storica della scienza può procedere dunque solo per via di cause di tipo sociologico e, ancora una volta, si riscontra una forte penalizzazione della ragione. Sebbene il tentativo sia volto nella direzione di tener conto di altri aspetti, oltre alla logica, al fine di comprendere le caratteristiche dell'investigazione scientifica, la ragione subisce ancora gli effetti di un indebolimento, a causa di quelli che definiamo essere dei pregiudizi ideologici al fondo sempre di natura empirista e razionalista. Così, nel tentativo di opporsi all'empirismo in modo ancora più serrato rispetto a Popper, sempre per liberarsi dalle impostazioni neopositiviste, i relativisti finiscono per perdere di vista la possibilità insita nella ragione di riconoscere, a partire da dati di fatto e non da mere interpretazioni, i fenomeni indagati per come si presentano <sup>32</sup>.

Riportiamo ora il commento di Musso che ci pare sintetizzi i termini della questione che sono in gioco:

«La svolta relativistica degli anni sessanta, la cui onda dura tuttora, portò alle estreme conseguenze quella che in realtà era già una implicazione inevitabile delle posizioni popperiane e neopositiviste: se infatti la costruzione di teorie autenticamente universali o non è possibile (neopositivisti) o richiede comunque un salto logico (Popper) e se, d'altro canto, la loro verifica si riduce a pura tautologia (neopositivisti) o si riduce alla sola falsificazione senza che sia mai possibile arrivare a dire che anche una sola proposizione scientifica sia vera (Popper) allora è chiaro che la pretesa che la scienza abbia dei contenuti oggettivi è in definitiva arbitraria e tutto si riduce a un gioco di interpretazioni, dipendenti in ultima analisi dalla particolare cultura in cui si vive [...] o addirittura a una pura questione di gusti personali (Feyerabend).»  
33

Oltre ai limiti finora espressi insiti nella posizione relativista, riconosciamo però, in particolare in Kuhn o in Lakatos <sup>34</sup>, il pregio di aver dimostrato un'attenzione agli aspetti storici, etici e sociologici che certamente non possono essere trascurati nel processo che porta alla definizione di una legge scientifica. Rivalutano, inoltre, l'importanza della persona specifica che intraprende la ricerca scientifica, importanza di cui non si era adeguatamente tenuto conto nel XVIII e XIX secolo, essendo l'attenzione

---

<sup>32</sup> Per approfondimenti riguardo a questa tematica, oltre all'allegato citato in fondo al paragrafo, rimandiamo alla lettura del testo: Musso P. A[2004], pp. 118-139.

<sup>33</sup> Musso P. O[2005b], p. 16.

<sup>34</sup> Per approfondimenti riguardo al pensiero di Lakatos si può consultare il testo: Lakatos I., Musgrave A. (a cura di) A[1962].

decisamente focalizzata sulla ricerca di leggi della natura universali e oggettive. Tuttavia la persona tende ad essere ridotta alla sua dimensione psicologica. Per approfondimenti riguardo agli aspetti, che abbiamo in questa sede solo accennato, si può consultare l'appendice che si trova in fondo al capitolo *La conoscenza e la storia per i relativisti*.

### 1.1.8 ...al nichilismo

Dopo Popper un'altra tendenza che si è diffusa è la «risoluzione della realtà in una pluralità di mondi fabbricati dalla capacità costruttiva dei linguaggi.»<sup>35</sup> In base a questa impostazione la filosofia può occuparsi esclusivamente dello studio e dell'analisi dei linguaggi da un punto di vista formale. Accade inoltre che «acquista credito un criterio di verità come coerenza.»<sup>36</sup>

Ecco come commenta Soave questa posizione:

«La posizione è quella del dubbio metodico. Senza il dubbio metodico non si può fare vera scienza. Questa posizione, oltre ad essere ampiamente diffusa tra gli operatori di scienza, è anche ampiamente divulgata e considerata assolutamente ovvia e pacifica [...]; pur riconoscendo in una posizione di dubbio il valore positivo di sottolineatura di un atteggiamento critico nei confronti dei risultati della ricerca, [...] ciascuno di noi fa ricerca basandosi su un infinito numero di dati presupposti (e considerati certi) e su una parte molto piccola di essi pone un'istanza di ulteriore approfondimento o verifica. [...] Il dubbio metodico spinge a negare la realtà (e in ciò si collega con il nichilismo). Infatti se non esistono verità, ma solo certezze transitorie, provvisorie, non esenti da critica, allora la realtà si sfoca, si annebbia [...]. Se la verità non è raggiungibile, meglio adoperarsi per obiettivi più concreti, che producono "profitto".»<sup>37</sup>

La parabola discendente del percorso filosofico approda dunque ad un pessimismo globale sui valori di verità e sulla possibilità di riconoscere un progresso di conoscenza scientifica nel corso della storia. Infatti nella cultura contemporanea sopravvive un certo dogmatismo scientifico di tipo convenzionale e formale, ma nella sostanza predomina una posizione nichilista che esautora, impoverisce, fino a ridurre a nulla la consistenza della realtà e perciò dei fenomeni scientifici investigati.

---

<sup>35</sup> Pavone G. O[1999], p. 46.

<sup>36</sup> Ibidem p. 44.

<sup>37</sup> Soave C. O[1998].

### 1.1.9 Monismo ontologico e riduzionismo epistemologico

Dopo avere fornito questo quadro storico in cui abbiamo evidenziato solo quegli aspetti che riguardano la concezione della conoscenza e del progresso scientifico, vogliamo ora mettere in luce le caratteristiche comuni alle tendenze che caratterizzano l'epoca moderna, cioè il razionalismo, l'empirismo e il positivismo.

Prima di tutto la realtà appare molto distante – Soave usava il termine “sfocata” che rende bene l'idea – in quanto tutto è filtrato e talvolta, potremmo dire, schermato dal soggetto. Certamente l'età moderna si caratterizza per aver messo in primo piano il soggetto, per averne rilevato la sua insostituibilità, il suo valore – senza di esso niente sarebbe percepito, sperimentato – sacrificando però l'importanza costituita dal secondo termine della conoscenza: la realtà. Sia l'empirismo che il razionalismo tendono a ridurre la portata della ragione, avendo stabilito a priori quali siano le categorie concettuali “lecite”; destinando così l'uomo ad un soggettivismo che lo rende incapace di rapportarsi con trasparenza e fiducia alla realtà. Infatti questi filosofi di cui abbiamo parlato insistono su ciò che è già prodotto e organizzato dall'uomo, impresso in lui, manipolato, mai sottolineano che la realtà ci precede sempre (basti pensare all'evento della nascita) ed è prima di tutto data. Questo fatto, invece, che può succedere che si dia per scontato, gli scienziati che lo riconoscono, assume un valore imprescindibile e consente che essi sperimentino un senso di stupore e attrattiva<sup>38</sup> verso la realtà, ma anche di sproporzione verso di essa, che suscita in loro commozione e gratitudine. Questa posizione originale è riconosciuta con evidenza da parte di alcuni ricercatori e filosofi che partono da posizioni culturali anche molto diverse tra loro. Tantissime sono le testimonianze in questo senso rintracciabili soprattutto nei racconti in cui gli scienziati comunicano la loro esperienza di ricerca scientifica. Non essendo possibile riportarle tutte, ne abbiamo scelte alcune da noi ritenute più significative<sup>39</sup>:

«L'esperienza insegna sempre per mezzo di sorprese.»<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> Per approfondimenti riguardo a questo aspetto si veda: Di Trapani P. O[1999].

<sup>39</sup> Un libro molto istruttivo da questo punto di vista, attraverso cui è possibile documentarsi ampiamente, è: Bersanelli M., Gargantini M. (a cura di) A[2003].

<sup>40</sup> Peirce C. A[2005], p. 518.

«La realtà è qualcosa che attira la nostra attenzione con indizi che stimolano e allettano ad andare sempre più dentro essa e che, poiché deve il suo potere attrattivo alla sua esistenza indipendente, può sempre manifestarsi in modi ancora inattesi. Se abbiamo afferrato un aspetto autentico e profondamente riposto della realtà allora le sue future manifestazioni saranno conferme inaspettate della nostra conoscenza presente di essa.»<sup>41</sup>

«Chi ha raggiunto lo stadio di non meravigliarsi più di nulla dimostra semplicemente di aver perduto l'arte del ragionare e del riflettere.»<sup>42</sup>

«L'uomo a cui non risulta familiare il sentimento del mistero, che ha perduto la facoltà di meravigliarsi e umiliarsi davanti alla creazione, è come morto, o almeno cieco.»<sup>43</sup>

Se si trascurasse questo aspetto, che costituisce il motivo fondante, la molla iniziale, non si comprenderebbe neppure da dove possa scaturire l'impegno e la dedizione dello scienziato (come approfondiremo meglio nel paragrafo *Coinvolgimento personale dello scienziato*): un input apparentemente insignificante ma che in potenza contiene tutto il processo che si genera successivamente. L'indagine scientifica, perciò, nasce e sussiste come avventura umana di conoscenza in virtù dello stupore che destano i fenomeni quando vengono scoperti. Questa è la ragione per cui nella rivista si parla ripetutamente di questo aspetto.

Se è vero che la riduzione della ragione ha portato alla riduzione della realtà, è vero anche il contrario: lo svilimento della realtà ha causato come conseguenza anche quello della ragione, perché si è decretata preventivamente l'impossibilità di conoscere alcuni aspetti della realtà – cioè quelli trascendenti, metafisici – o addirittura si è negata la loro esistenza: ecco perché abbiamo parlato di monismo ontologico – definizione data da Agazzi<sup>44</sup> – o riduzionismo epistemologico – definizione data da Strumia<sup>45</sup> – sebbene,

---

<sup>41</sup> Polanyi M. A[1988], p. 155. Una cosa analoga, in forma più articolata, viene detta in Polanyi M. A[1959]: «Diamo senso all'esperienza basandoci su indizi di cui spesso siamo consapevoli solo come indicatori del loro significato nascosto; questo significato è un aspetto della realtà che come tale può ancora rivelarsi in una gamma indeterminata di scoperte future. Questa è in effetti la mia definizione di realtà esterna: la realtà è qualcosa che attira la nostra attenzione con indizi che stimolano e allettano le nostre menti ad andare sempre più dentro di essa e che, poiché deve dare il suo potere attrattivo alla sua esistenza indipendente, può sempre manifestarsi in modi ancora inattesi. Se abbiamo afferrato un aspetto autentico e profondamente riposto della realtà, allora le sue future manifestazioni saranno conferme inaspettate della nostra conoscenza presente di essa [...]. Gli sforzi di percezione sono indotti da uno sforzo di evidenziare cosa è che stiamo vedendo davanti a noi. Essi rispondono alla convinzione che noi possiamo dare senso all'esperienza, poiché essa si tiene insieme.» (*L'elemento inspiegabile della scienza*, pp. 154-155).

<sup>42</sup> Planck M. A[1964], p. 11.

<sup>43</sup> Einstein A. A[1934], pp. 37-38.

<sup>44</sup> Si veda la sua citazione ivi riportata all'inizio del paragrafo successivo.

come abbiamo detto, lo scopo di partenza fosse decisamente opposto: esaltare l'uomo e le sue facoltà razionali. Così anche per quanto riguarda l'impostazione positivista accade paradossalmente che le teorie scientifiche, pur essendo ritenute l'unica forma lecita di conoscenza, vengano concepite come una mera raccolta di dati empirici, finendo da un lato per negare valore di conoscenza proprio agli aspetti teorici e dall'altro per ridurre il progresso scientifico ad un processo piattamente accumulativo. Volendo ricercare la causa originaria di questa ingiustificata assolutizzazione del metodo scientifico, che ci induce a prendere «per il vero essere quello che invece è soltanto un metodo»<sup>46</sup>, Husserl riteneva che non si fosse tenuta in debita considerazione il fatto che anche le scienze sono frutto di un processo che non può essere dato per scontato:

«E'diventato per noi tanto ovvio, che ci costa fatica persino renderci conto che esso è il prodotto di uno sviluppo e che occorre indagarne i motivi originari e l'evidenza originaria.»<sup>47</sup>

E ancora:

«Tutti questi problemi derivano dall'ingenuità per cui la scienza obiettiva ritiene che ciò che essa chiama mondo obiettivo sia l'universo di tutto ciò che è, senza badare al fatto che la soggettività che produce la scienza non può venir conosciuta da nessuna scienza obiettiva.»<sup>48</sup>

Husserl ricondusse al dualismo operato da Cartesio fra io e mondo, corpo e anima, il momento storico iniziale in cui è sorto l'equivoco secondo cui la matematica e le scienze avrebbero

«la legittimazione di una validità assoluta e il ruolo di prototipo per tutte le scienze autentiche.»<sup>49</sup>

---

<sup>45</sup> Si veda Strumia A., Q[1999a]. Ci sembra anche utile segnalare quanto afferma Arecchi (Arecchi F.T. N[1998]) riprendendo ciò che più diffusamente espone nel libro omonimo, dove parla di monismo riduzionista – approccio che si verifica quando l'interpretazione della realtà è univoca – e di separazione manichea – quando l'interpretazione è distinta a seconda degli ambiti di studio ma non c'è comunicazione e confronto tra di essi. Tali approcci sono considerati da Arecchi del tutto insufficienti rispetto alla visione sistemica che lui definisce pluralismo realista che approfondiremo nel paragrafo 1.3.3.

<sup>46</sup> Husserl E. A[1936], p. 80.

<sup>47</sup> Husserl E. A[1936], p. 373.

<sup>48</sup> Husserl E. A[1936], p. 352.

<sup>49</sup> Husserl E. A[1959], p. 88.

Inoltre egli denunciò con estrema efficacia i limiti della mentalità positivista che si stava diffondendo nelle scienze: l' «allontanamento da quei problemi che sono decisivi per un'umanità autentica» che sono in ultima analisi riconducibili ai «problemi del senso o del non-senso dell'esistenza umana nel suo complesso» provoca l'impossibilità di affrontarli «nella loro generalità e nella loro necessità» quando invece esigerebbero, data la loro importanza, «una soluzione razionalmente fondata» per non trovarci costretti a concludere che «le mere scienze di fatti creano meri uomini di fatto.»<sup>50</sup>

### 1.1.10 Riduzionismo e monismo metodologico<sup>51</sup>

Se nel punto precedente abbiamo trattato le conseguenze delle posizioni razionaliste, empiriste e positiviste, ci occupiamo ora di descrivere le loro caratteristiche comuni rintracciabili dal neopositivismo in poi. A questo scopo proponiamo la lettura di questo brano di Agazzi che ben ci introduce al nuovo tema che intendiamo affrontare:

«Dapprima si era pensato che fosse possibile, in linea di principio, inglobare nell'ambito della scientificità, accanto alle discipline "classiche" che vi erano già, anche altre, a patto di ridurre il contenuto conoscitivo delle nuove discipline, candidate ad entrare nel dominio delle scienze, a quello delle discipline che già vi si trovavano. E' questa la strada classica del riduzionismo che consideriamo ormai superata (quella di cui abbiamo appena discusso) [...]. Però esiste un altro riduzionismo più sottile, perfino più radicale di quello di cui vi ho parlato, e questo non si fonda più su una sorta di *monismo ontologico* cioè che la realtà è di un solo genere, il genere fisico, e che la scienza fondamentale sia quella che studia questo fondamento della realtà. La nuova forma di riduzionismo a cui alludo poggia piuttosto su un *monismo metodologico*: si è cioè disposti a riconoscere che ogni scienza ha il diritto di occuparsi del proprio oggetto specifico, a condizione, però, che il metodo da essa seguito sia il vero metodo scientifico [...]. Si è deciso di limitare a certi aspetti soltanto della realtà lo sforzo della ricerca: cioè alla quantità, alla misura, al ragionamento matematico, all'impiego di calcoli esatti ecc. Il riduzionismo metodologico ha provocato molti complessi di inferiorità, specialmente fra gli specialisti di scienze umane. Si è avuta cioè quasi una mitizzazione della quantità e della misura che noi possiamo ritrovare dappertutto.»<sup>52</sup>

---

<sup>50</sup> Husserl E. A[1936], introduzione. Anche in Pavone G. O[1999], p. 39 si parla della "disgregazione del senso", da cui, come vedremo, consegue l'impossibilità di conoscere effettivamente i fenomeni.

<sup>51</sup> Per quanto riguarda l'utilizzo del termine *monismo metodologico* si veda la citazione di E. Agazzi all'inizio del paragrafo seguente. Per quanto riguarda la definizione *riduzionismo metodologico* si veda: Strumia A. Q[1999a], p. 23.

<sup>52</sup> Agazzi E. A[1980], pp. 8-9.

Dal neopositivismo in poi non si escludono altre forme di conoscenza, si mostra più tollerante. Tuttavia in un modo ancora più subdolo accade che venga importato indiscriminatamente il metodo matematico e scientifico nell'ambito di altre discipline perché esso è considerato l'unico che renderebbe possibile raggiungere certezze. In questo passo il matematico Rota <sup>53</sup> denuncia il rischio che la filosofia, in particolare, venga impoverita da questo tipo di impostazione:

«In questo regime di intolleranza, stiamo assistendo alla quasi completa scomparsa della filosofia, che viene sostituita con uno scheletro di problematica incentrata sulla logica del linguaggio. Per giustificare questa loro riduzione dell'attività filosofica, la loro incuria verso i problemi più antichi e più centrali della storia della filosofia, i nostri filosofi filo-matematici hanno fatto ricorso allo stratagemma di pretendere che molti dei problemi ritenuti filosofici cadano invece sotto il nome di psicologia.» <sup>54</sup>

Accade così che la ragione venga ridotta a logica (come abbiamo visto in particolare a partire dalla diffusione della tendenza neopositivistica). Al contrario, secondo Rota, la filosofia deve e può costituire linfa vitale per le discipline scientifiche:

«Il progresso scientifico dipenderà in modo cruciale dalla ricerca filosofica del tipo più tradizionale, abbinata con buona sperimentazione.» <sup>55</sup>

In questo passo Rota critica le posizioni materialiste e scientiste che escludono le categorie diverse da quelle quantitative tipiche della scienza:

«Ogni esperire deve avere un correlato formale <sup>56</sup>; il persistente pregiudizio secondo il quale concetti come massa ed estensione di un oggetto siano più meritevoli di indagine scientifica di quanto non meriti il concetto di assenza o quello di scopo, sono per Husserl assurde imposizioni autoritarie ereditate da un passato materialistico i cui effetti deleteri sulla scienza e sulla società sono fin troppo evidenti.» <sup>57</sup>

---

<sup>53</sup> Per approfondimenti sul pensiero di Rota e sui suoi studi matematici nell'ambito dell'analisi combinatoria si veda: Bonicalzi F. et al. A[2009]; Naldi G. Q[2001].

<sup>54</sup> Rota G. A[1993], p. 39.

<sup>55</sup> Rota G. A[1993], p. 39.

<sup>56</sup> Rota spiega che la parola "formale" potrebbe essere sostituita dalla parola "oggettivo". Husserl sostanzialmente intende restituire anche ai valori morali, estetici e in generale agli aspetti non materiali la possibilità di essere indagati dal punto di vista filosofico.

<sup>57</sup> Rota G. A[1993], p. 106.



L'eredità del passato materialistico di cui parla Rota risale all'età moderna. Non si spiegherebbe infatti l'attuale situazione senza conoscere da dove essa derivi ed è questo il motivo per cui abbiamo ritenuto importante riprendere almeno per sommi capi il percorso filosofico precedente.

Riportiamo ora ulteriori citazioni di Gian-Carlo Rota che riteniamo estremamente significative per mettere in rilievo i punti deboli insiti in un approccio del genere:

«Ciò che si percepisce è una funzione, non una cosa [...]. La componente essenziale di qualsiasi percezione è l'atto di scegliere [...]. Tale scelta non è determinata dai dati fisici, ma dalle nostre aspettative sul significato della funzione che stiamo percependo.»<sup>58</sup>

Rota evidenzia, dunque, che il soggetto opera sempre delle scelte intenzionali<sup>59</sup> riguardo a cosa vedere, in base ad un significato conferito a ciò che egli si trova davanti. Questa affermazione non intende annullare l'importanza dei fenomeni reperiti nella realtà. Piuttosto critica la riduzione delle idee ai fatti intesi come dati empirici puri e semplici. A questo proposito Rota spiega la differenza che sussiste tra vedere e guardare: col primo termine si intende considerare anche gli aspetti non semplicemente quantitativi e materiali dei fenomeni, come invece si intende con il secondo. Il vedere implica considerare anche tutto ciò che va oltre la fatticità, che potremmo definire come l'essenza dell'oggetto, che riguarda anche la sua relazione con gli altri oggetti e con il soggetto stesso che osserva e sperimenta:

«Per quanto attentamente si guardi un assemblaggio di plastica, metallo e inchiostro non sarà possibile comprendere il suo essere una penna. Tale essere potrà rivelarsi solo se si è pronti e disposti a vedere la funzione "penna"; cioè se la mia familiarità mi permetterà di vedere la penna attraverso e oltre questa fatticità su cui essa può contingentemente fondarsi [...]; ogni guardare esiste in quanto supporto fattico che fonda ogni vedere [...]; il guardare può essere un processo spazio temporale, ma il suo essere sta nel fondare il vedere [...]. Nell'interpretazione riduzionistica del vedere siamo fuorviati dalla fatticità del guardare perché siamo legati al pregiudizio secondo cui guardare è reale mentre vedere è immaginario. Questo pregiudizio induce a chiederci in quale modo misterioso qualcosa di immaginario possa essere più importante di qualcosa di reale.»<sup>60</sup>

---

<sup>58</sup> Rota G. A[1993], p. 182.

<sup>59</sup> Approfondiremo meglio questo aspetto nel paragrafo 1.4.1 *Il coinvolgimento personale dello scienziato*.

<sup>60</sup> Rota G. A[1993], pp. 183-185.

Gli aspetti, qui solo accennati, che riguardano l'impossibilità di trascurare la relazione tra i fenomeni e la dimensione personale della conoscenza saranno ripresi e approfonditi nei paragrafi seguenti.

Quali sono le conseguenze metodologiche di questo approccio? La prima conseguenza è la deriva meccanicista <sup>61</sup>, che si era avviata già a partire da Cartesio. Essa porta a concludere che una volta «individuati i costituenti elementari di un sistema e le leggi che regolano le loro interazioni, è possibile spiegare il comportamento dell'intero sistema: dal semplice al complesso!» <sup>62</sup>

In una frase sintetica si potrebbe dire che il tutto equivale alla “somma” delle sue parti. Per studiare i fenomeni così concepiti, ci si avvale «dell'univocità del linguaggio matematico che permette di controllare più facilmente la correttezza delle dimostrazioni.» <sup>63</sup> Accade però che «per evitare il rischio dell'equivocità si è preferito rinunciare anche all'analogia» <sup>64</sup>; si è cioè trascurato di evidenziare l'altra forma di ragionamento fondamentale invece presa in esame con dovizia e profondità da S. Tommaso (questo aspetto sarà ripreso anche più avanti).

La seconda conseguenza è che da Laplace in poi «poiché le equazioni che esprimono le leggi hanno una soluzione unica una volta precisate le condizioni iniziali, e sono quindi di per sé deterministiche, anche il mondo che esse descrivono non può che essere di natura deterministica. Nel corso del settecento la meccanica si estende ad altri ambiti, quello dei fenomeni termici con la teoria cinetica dei gas, quello dei fenomeni elettrici con la forza di Coulomb e il relativo tramonto delle teorie fluidiche.» <sup>65</sup>

A questo proposito scrive Casati:

«La grande sintesi operata da Newton implica che la dinamica che regge il moto dei corpi celesti così come quello degli altri corpi che ci circondano è esattamente deterministica: questo significa che passato e futuro sono determinati in maniera univoca dallo stato presente. Di conseguenza, poco a poco, si è fatta

---

<sup>61</sup> Musso P. A[2011], p. 232 specifica le caratteristiche del meccanicismo scientifico: riduzionismo (il tutto coincide con la somma delle parti), determinismo (ogni stato del sistema è determinato da quelli precedenti), reversibilità della fisica rispetto al tempo e linearità, ovvero costanza nel tempo dell'imprecisione delle misure.

<sup>62</sup> Mazzoni L., Musso P. O[2003], p. 99.

<sup>63</sup> Strumia A. Q[1999b], p. 17.

<sup>64</sup> Ibidem.

<sup>65</sup> Mazzoni L., Musso P. O[2003], p. 99.

strada la convinzione illuministica che l'uomo potesse essere in grado, almeno in linea di principio, di prevedere e magari controllare lo sviluppo degli eventi futuri.»<sup>66</sup>

Fino al XIX secolo il modello meccanicista classico funzionò, in quanto nessuna teoria aveva ancora scalfito la convinzione che lo spazio fosse simile ad un contenitore inerte indipendente dalle altre cose e dal tempo oppure che tutti i corpi, comprese le particelle più piccole, fossero immutabili e riducibili a movimenti perfettamente localizzabili.

Parallelamente in ambito biologico si affermò la teoria di Darwin che, come ricorda Agazzi, prestandosi «a immediate estrapolazioni filosofiche di tipo materialistico e meccanicistico, sembrava decretare il trionfo del positivismo e dello scientismo più radicali, [potendo] render ragione della origine, della organizzazione e del finalismo della biosfera senza dover ricorrere né a forze vitali, a cause finali o a un atto creativo [...]. Inoltre, ciò che “scuoteva” della teoria darwiniana era la pretesa di rendere l'uomo del tutto simile all'animale, non solo per quanto riguarda il suo corpo (questo, bene o male era stato accertato fin dalla ripartizione cartesiana tra *res extensa* e *res cogitans*) ma anche per quanto riguarda la sua psiche o anima.»<sup>67</sup>

Così fino a questo momento storico sembrava che la ricerca avesse davanti a sé una strada spianata per procedere ancora molto tempo secondo i canoni divenuti ormai tradizionali. Ciononostante avvenne invece che, a causa di nuove e sorprendenti scoperte, oltretutto in ambiti scientifici anche molto diversificati, questa convinzione radicata si rivelasse infondata: gli scienziati furono costretti a porsi nuove domande e a rivedere le proprie posizioni precedenti, come vedremo nel prossimo paragrafo.

## 1.2 Crisi del riduzionismo

A partire dall'inizio del secolo scorso si modificò drasticamente l'interpretazione di molti fenomeni attraverso nuovi modelli teorici. Questo fatto portò a mettere in crisi le fondamenta stesse del metodo matematico e scientifico in particolare per quanto riguarda da un lato la possibilità di prevedere gli eventi in modo deterministico,

---

<sup>66</sup> Casati G. Q[1999], p. 92 .

<sup>67</sup> G. Cimino *Le scienze della vita nel XIX secolo* in: Agazzi E. (a cura di) A[1984], pp. 171-172. Per approfondimenti riguardo al tema dell'evoluzione rimandiamo al testo: Agazzi E. A[2008], pp. 79-97.

dall'altro di applicare schematicamente l'impostazione meccanicista che dominava anche le scienze biologiche.

Occorre precisare che lo scopo di questa trattazione non consiste nello specificare con precisione e profondità tutte le scoperte avvenute, compito che, oltre ad essere estremamente arduo, esulerebbe dai nostri propositi; piuttosto si desidera fornire un quadro generale di riferimento per offrire quanto meno la percezione dei cambiamenti in atto dal Novecento in poi nella ricerca scientifica. Si tenga presente che la fonte utilizzata è quasi esclusivamente la rivista *Emmeciquadro*, cosicché allo stesso tempo abbiamo l'occasione di esporre i contenuti culturali della rivista che riguardano la ricerca scientifica, soffermandoci soprattutto sugli aspetti fisici e matematici.

### 1.2.1 La fisica e la cosmologia

Per descrivere molti fenomeni fisici divenne indispensabile introdurre equazioni non lineari, per le quali non è più valido il principio di sovrapposizione. Infatti «le leggi puramente deterministiche valgono solo per i sistemi rigorosamente lineari, isolati, mentre qualunque sistema reale nel cosmo è soggetto a perturbazioni che, con effetti non-lineari, hanno per conseguenza l'impossibilità d'una precisazione del moto al di sotto di certi limiti.»<sup>68</sup> Questi fatti, insieme alla difficoltà di stabilire le condizioni iniziali, messa in evidenza in primis da Henry Poincaré (1854 - 1912), portarono alla formulazione di leggi deterministiche che però producono moti completamente caotici, in quanto gli effetti di un piccolo errore si amplificano a dismisura, sicché sul lungo termine essi diventano completamente imprevedibili, benché le previsioni possano ancora essere rese affidabili, anche grazie all'uso di particolari metodi statistici, su tempi medio-brevi (la cui durata può variare da sistema a sistema, in maniera assai considerevole: da pochi giorni, come nel caso delle previsioni meteorologiche, a centinaia di milioni di anni, come nel caso delle orbite dei pianeti del sistema solare). Dallaporta rileva che anche «la teoria einsteiniana della Relatività e soprattutto con gli sviluppi della Meccanica quantistica, [...] mettono in luce la non-adequatezza della meccanica classica nel regolare il moto nel mondo particellare.»<sup>69</sup> Infatti la teoria della

---

<sup>68</sup> Dallaporta N. Q[1999], p. 13.

<sup>69</sup> Ibidem.

relatività mostra come lo spazio quando entra in relazione con i corpi dotati di massa si curva <sup>70</sup> perdendo così la caratteristica di contenitore inerte e immutabile, quale era nella fisica newtoniana <sup>71</sup>. Inoltre, afferma Del Re, «il continuo spazio-temporale è la prova che la scienza ha dovuto riconoscere che l'essenza della realtà si trova al di là della portata diretta dei nostri sensi, anzi, dei nostri esperimenti in laboratorio: [infatti] non si può discriminare ciò che è reale da ciò che non lo è solo sulla base dell'osservabilità». Quest'ammissione vale per molti capitoli della fisica, ma la teoria della relatività, dato che riguarda le categorie fondamentali dello spazio e del tempo, è quello in cui è più evidente.» <sup>72</sup>

Nell'ambito della meccanica quantistica, invece, attraverso il Principio di indeterminazione di Heisenberg, viene stabilito che non è possibile determinare contemporaneamente la posizione e la velocità di una particella. Inoltre, come Manara sintetizza, «la meccanica dei quanti ha dovuto rinunciare a rappresentare il comportamento delle particelle subatomiche con le estrapolazioni che la fantasia opera sul comportamento dei corpi di piccola dimensione: infatti i due caratteri, corpuscolare e ondulatorio, sono inscindibili e non sono facilmente immaginabili congiuntamente. Tuttavia le equazioni matematiche descrivono in modo soddisfacente il comportamento della materia a livello subatomico.» <sup>73</sup>

Di conseguenza i nuovi modelli teorici che descrivevano i fenomeni microscopici o costituiti da numerosi elementi, come scrisse Poincaré, avevano la caratteristica di basarsi sulla statistica: «La vera logica di questo mondo è il calcolo delle probabilità.» <sup>74</sup> Accadeva perciò che lo stato di una qualunque particella (la sua posizione e la sua velocità) non poteva essere precisato se non nell'ambito di un campo di valori possibili. Si constatò, inoltre, che le particelle elementari potevano trasformarsi le une nelle altre e si poté verificare l'equivalenza fra materia ed energia. Per quanto riguarda la cosmologia, essa si trovò a collaborare strettamente con la fisica teorica delle particelle

---

<sup>70</sup> Ricordiamo che la geometria utilizzata nella teoria della Relatività generale è quella delle geometrie non-euclidee di Minkowsky. Riprenderemo questi aspetti nel punto sulla complessità.

<sup>71</sup> Riportiamo, per maggior chiarezza, le due celebri definizioni newtoniane di spazio e tempo presenti nella sua opera *Philosophiae naturalis Principia mathematica*: «Lo spazio assoluto, per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile [...]. Il tempo assoluto, vero, matematico in sé e per sua natura senza relazione con alcunché di esterno, scorre uniformemente.» (Newton I. A[1687], p. 104-108, 110). Per approfondimenti su questo tema si può leggere l'articolo: Traini M. C. U[2010].

<sup>72</sup> Del Re G. A[2006], pp.173-174.

<sup>73</sup> Manara C. F. P[2006], p. 14.

<sup>74</sup> Casati G. Q[1999], p. 100.

elementari in vista di una comprensione unitaria dei primi istanti dell'universo <sup>75</sup>. Scrive Strumia a questo proposito:

«La relatività speciale e la meccanica quantistica, due teorie [...] tutt'altro che concettualmente unificate, collaborando tra loro nella teoria quantistica dei campi continuano ad ottenere risultati notevolissimi verso l'unificazione delle forze. È il caso dell'unificazione elettrodebole di recente attuata e delle ricerche sulle Teorie di Grande Unificazione (GUT).» <sup>76</sup>

### 1.2.2 La matematica e la logica

In matematica una delle svolte più innovative fu rappresentata dalle geometrie non euclidee che, ricordiamo, sono anche alla base della teoria della relatività generale a cui abbiamo appena accennato (a dimostrazione del fatto che ogni ambito disciplinare ha in sé stesso dei punti di contatto con le altre). Attraverso di esse emerse «come non vi sia un'unica forma possibile di pensare geometrico e come invece sia possibile costruire forme diverse, tutte legittime, rigorose e coerenti [...] meno confortate dalla rappresentazione sensibile» <sup>77</sup>. Perdeva inevitabilmente terreno la concezione razionalista secondo cui i postulati erano ritenuti immutabili. Il programma di Hilbert di costruzione di un fondamento sicuro attraverso la dimostrazione di non contraddittorietà delle teorie matematiche mediante il ricorso ai “metodi finitistici” per dimostrare almeno la non contraddittorietà dell'aritmetica elementare crollò definitivamente quando i teoremi di indecidibilità di Kurt Gödel (1906-1978) <sup>78</sup> mostrarono l'irrealizzabilità di tale “programma hilbertiano”.

Per di più i teoremi di Gödel mostrarono, contrariamente a quanto per esempio riteneva Hilbert, che non siamo in grado di costruire neppure un sistema formale che esprima in modo completo le proprietà di un sistema di oggetti tutto sommato abbastanza elementare come quello dei numeri naturali, di cui si occupa l'aritmetica, in quanto tale sistema formale conterrà sempre necessariamente almeno una proposizione

---

<sup>75</sup> Da questo punto di vista è opportuno precisare che gli ambiti di validità della teoria della meccanica quantistica e della relatività generale sono diversi e non compatibili. Tuttavia si sta cercando di unificare le due teorie anche attraverso la comprensione e la conoscenza degli eventi accaduti negli istanti successivi al Big-Bang.

<sup>76</sup> Strumia A. Q[1999a], p. 21 .

<sup>77</sup> Pavone G. O[1999], p. 41 .

<sup>78</sup> Si rimanda a: Agazzi E. A[1961] e Agazzi E. A[2008], pp. 131-136, 141-148 per eventuali approfondimenti.

“indecidibile”, cioè tale da non poter essere né dimostrata né refutata. Dal che discende, dopo opportune deduzioni elaborate nel saggio del medesimo Gödel qui richiamato, che nessun sistema formale che soddisfi ad alcune condizioni minimali di ricchezza espressiva e sia supposto non contraddittorio, può provare la propria coerenza. Commenta Agazzi a questo proposito:

«Se si volesse ora esprimere con altre parole l'essenza di questa inadeguatezza del metodo assiomatico ad esaurire l'ambito della deduttività, si potrebbe dire che ciò accade perché l'orizzonte delle proposizioni vere è più largo delle proposizioni dimostrabili, dei “teoremi”, e quindi anche che ciò che il pensiero umano riesce a intellere e a riconoscere come vero, supera necessariamente l'ambito di ciò che può essere dimostrato, il che è come dire che forse la vera caratteristica del pensiero umano non è tanto la sua attività discorsiva quanto quella di poter cogliere, “vedere” la verità.»<sup>79</sup>

Da ciò consegue altresì che l'ambito semantico (che riguarda il significato delle proposizioni e di conseguenza anche la loro verità o falsità) è più ampio di quello sintattico. In virtù di questo non poteva neppure avere consistenza l'impostazione neopositivista in base a cui i procedimenti razionali erano fatti coincidere con quelli di tipo logico formale, conferendo perciò un valore eccessivo al formalismo, che tendeva a fagocitare anche il livello referenziale e semantico. A questo proposito possiamo segnalare sin d'ora che tutto ciò era conseguenza del fatto che i positivisti escludevano esplicitamente dalle loro teorizzazioni la dimensione dell'intenzionalità<sup>80</sup>.

Per comprendere a fondo la rilevanza di questi risultati è opportuno precisare che le conclusioni dei teoremi di Gödel hanno una validità del tutto generale nel senso che, se l'incompletezza in essi dimostrata riguarda indubbiamente le proprietà aritmetiche (per intenderci, quelle che si riferiscono esclusivamente ai numeri naturali) la cui trattazione richiede un minimo di ricchezza espressiva, a maggior ragione varrà anche per tutti i sistemi formali il cui insieme di assiomi sia dotato di potenza espressiva ancor superiore (e capace di esprimere pertanto la stessa aritmetica). Pertanto anche discipline non formalizzate, nella misura in cui in linea di principio siano esse pure formalizzabili, sottostanno alla condizione della incompletezza semantica e della impossibilità di dimostrare la propria non contraddittorietà interna:

---

<sup>79</sup> Agazzi E. A[1961], p. 199. Riguarda a questo aspetto che menziona Agazzi della capacità di cogliere ciò che è vero, si veda il paragrafo 5 di questo capitolo (in particolare 1.5.4 e 1.5.5).

<sup>80</sup> Questo aspetto verrà approfondito nel paragrafo 1.4.1, *Il coinvolgimento personale dello scienziato*.

«Il limitarsi alle cause efficienti <sup>81</sup> [escludendo le cause finali], cioè all'applicazione universale di un singolo algoritmo [come la concezione deterministica sosterrebbe], rappresenta un limite alla latitudine di un programma scientifico [che simula il processo di enunciazione teorica]. La critica formale fu fatta da K. Gödel nel 1931 con il suo teorema di incompletezza [...], un matematico creativo “vede” altri enunciati compatibili con gli assiomi ma non dimostrabili (cioè derivabili) dall'algoritmo prescelto [...], il ricercatore umano può esplorare regioni apparentemente disconnesse con la situazione di partenza.» <sup>82</sup>

A partire dal teorema di Gödel si diventa oltretutto consapevoli che le teorie matematiche sufficientemente ricche contengono infinite conseguenze non deducibili, come esprime bene Popper in questo passo:

«Anche se è possibile costruire un linguaggio in cui vengono espresse tutte le asserzioni di qualunque teoria, esso tuttavia non consente di formalizzare tutte le dimostrazioni delle asserzioni che [in qualche altro sistema di assiomi] possono essere dimostrate.» <sup>83</sup>

Per tutte queste ragioni inevitabilmente si ponevano degli interrogativi riguardo al ruolo giocato dalla creatività e immaginazione (aspetto che tratteremo più approfonditamente nell'ultimo paragrafo) – o comunque da modalità diversificate di usare la ragione – nell'elaborazione delle ipotesi scientifiche. Per esemplificare questo riportiamo in breve il pensiero del matematico Charles Peirce (1839-1914). Egli giustificò l'insorgenza di nuove ipotesi da parte degli scienziati (ma non si riferiva solo a loro), attraverso il metodo abduttivo <sup>84</sup>, il quale, come sappiamo, non porta a certezze, ma solo a supposizioni o congetture. Certamente possiamo riscontrare, attraverso questa

---

<sup>81</sup> La causa efficiente secondo Arecchi, ispirandosi alla filosofia tomistica, è quella orizzontale, che va dal passato al presente; per causa finale o verticale intende il presente come condizionato a preparare un certo avvenire. Un analogo concetto è espresso da Dallaporta: «La successione di cause e effetti va esclusivamente dal passato al futuro, in quanto le condizioni iniziali, che definiscono e precisano il moto, sono scelte generalmente nel passato. Nulla vieta però, matematicamente parlando, di situarle nel futuro [...]. Una tale impostazione definisce il presente come condizionato a preparare un certo avvenire, e pertanto può definirsi finalistica; per cui le leggi della meccanica si prestano a essere viste sia causalisticamente, sia finalisticamente.» (Dallaporta N. Q[1999], p. 17).

<sup>82</sup> Arecchi F. T. Q[2012] riportato in ASS E[2010]. A questo riguardo è interessante notare come anche Peirce definisca l'intuizione in questo modo: «l'idea di collegare ciò che non ci eravamo mai sognati di collegare che, come un lampo, impone un nuovo suggerimento alla nostra contemplazione.» (Peirce C. A[2005], p. 566).

<sup>83</sup> Popper K. A[1972], p. 457.

<sup>84</sup> Il metodo abduttivo si sviluppa nel seguente modo: Il fatto sorprendente C viene osservato. Ma se A fosse vero, C ne sarebbe una conseguenza. Quindi c'è ragione di sospettare che A sia vero. (C è l'indizio che consente di formulare l'ipotesi A).



interpretazione, una maggiore apertura nel considerare nella realtà della pratica conoscitiva e in particolare scientifica, anche alcuni elementi a cui far risalire orientamenti nelle scelte esplicative dei fenomeni (infatti la natura del segno, secondo Peirce, è estetica ed etica altrimenti sarebbe impossibile sia avviare il processo conoscitivo sia formulare dei giudizi). Tuttavia è innegabile che nello sviluppo della teoria peirciana dell'abduzione le considerazioni impiegate permangono sostanzialmente di tipo logico <sup>85</sup>.

La messa in discussione dell'impostazione secondo cui la ragione dovrebbe coincidere con la logica era già in effetti avvenuta in ambito insiemistico di fronte al paradosso di Russell, attraverso cui, ricordiamo in breve, si rilevava che la "collezione di tutte le collezioni che non contengono se stesse" non è una "collezione", allo stesso modo di ciascuna delle "collezioni che non contengono se stesse". In effetti questo problema, che possiamo definire dell'*autoreferenzialità* (che in effetti sembra essere utilizzato anche nella dimostrazione del teorema di Gödel, ma che in realtà viene in essa aggirato attraverso lo strumento della aritmetizzazione della sintassi), pone interrogativi non riconducibili al semplice formalismo ma che affondano nell'alveo di antichi dilemmi e paradossi che già emersero fin dalla civiltà greca <sup>86</sup>. La strategia adottata, ai fini di evitare queste "antinomie", fu quella di restringere le collezioni legittime ai soli insiemi

---

<sup>85</sup> L'approccio di Peirce non ci sembra del tutto soddisfacente in quanto riteniamo che non sia possibile definire ed esplicitare in modo esaustivo, esclusivamente utilizzando metodi logici, il processo attraverso cui scaturiscono nuove idee. Questo per almeno due motivi. Il primo motivo è che non riteniamo possibile seguire e sviscerare tale processo completamente fin dall'origine, attingendo tale aspetto ad un livello misterioso della persona a cui preferiamo dare il nome di creatività o intuizione, aspetto che approfondiremo nel paragrafo 1.4.1 quando passeremo a trattare della dimensione personale. Porre il problema in questi termini rende più naturale l'adozione di metodi inizialmente non di natura logica. A questo proposito notiamo oltretutto che se si opera la forzatura di ridurre la ragione a logica, tutto ciò che non rientra nella logica è necessariamente considerato comportamento istintivo o inconscio, come si può constatare dalla citazione del testo di Peirce riportata nella nota 174 del paragrafo 1.4.1 (l'intuito «assomiglia all'istinto»; anche in altri passi si evidenzia questo modo di intendere l'intuito). Il secondo è che gli indizi stessi sono inseriti in un contesto non facilmente identificabile in tutte le sue parti, in cui alcuni di essi sono centrali per la risoluzione del problema che ci prefiggiamo, altri sono esclusivamente ausiliari come ci ricorda Polanyi; fra questi ultimi alcuni sono addirittura appartenenti a un livello di complessità successivo o inferiore, secondo quanto la teoria dei sistemi complessi, di cui tratteremo in seguito, suggerisce. Detto questo diamo atto che Peirce riteneva che la logica si fondasse sulle altre scienze normative e sulla fenomenologia, in particolare l'estetica e l'etica, come spiega Maddalena in: Maddalena G. A[2003], p.117-121 e Maddalena G. B[2011].

<sup>86</sup> A questo proposito basti pensare alla frase che risale a Epimenide di Creta (VI secolo a.C.): «*Tutti i Cretesi sono bugiardi*» comunemente detta "Il paradosso del mentitore". Essa mostra che, data una qualunque negazione autoreferenziale, nessuno riuscirà mai a dimostrare che tale affermazione sia vera o falsa; se infatti fosse vera, allora la frase non sarebbe veramente falsa (la verità della proposizione invalida la falsità espressa nel contenuto della proposizione). Se invece la proposizione fosse falsa, allora il contenuto si capovolgerebbe quando abbiamo appena affermato il contrario.

di tipi ben definiti, così da escludere il caso di insiemi che hanno per elemento se stessi. Commenta a questo proposito Strumia:

«Possiamo dire che si è fatto un primo timido passo verso l’analogia, in forza di un’esigenza interna al sistema. E il primo passo consiste nell’introduzione di livelli, o “modi” differenziati in cui può dirsi uno stesso termine, e quindi può realizzarsi uno stesso oggetto, come nel nostro caso una classe.

Si è pagato, però, un prezzo molto alto che consiste nell’aver escluso l’autoreferenzialità, rinunciando alle collezioni che contengono se stesse, le quali non sono necessariamente tutte contraddittorie.

Oggi sembra che non ci si possa più limitare a una teoria così restrittiva. Ciò che occorre mettere a punto è una teoria assiomatica che introduca una scala gerarchizzata di livelli e nel contempo controlli l’autoreferenzialità.»<sup>87</sup>

In definitiva questi rompicapo mettevano i matematici di fronte al fatto che non si potesse prescindere da una struttura degli insiemi ordinata e gerarchica in un senso non esauribile in quella gerarchia dei cardinali e ordinali che già aveva presentato Cantor. Strumia sintetizza con queste parole le nuove sfide emergenti dalla matematica e dalla logica:

«Dal punto di vista della logica e del linguaggio scientifico questo significa che non ci si può limitare a una descrizione univoca degli oggetti studiati. La logica e la matematica, allora, dovranno essere in grado di ospitare concetti e definizioni, e quindi modi di dimostrazione, che ammettono una gerarchia a scala dei significati in quanto gli oggetti reali da descrivere appaiono gerarchizzati secondo livelli differenziati qualitativamente e, quindi, non riducibili a un unico livello fondamentale. Tutto questo si trovava già nella logica aristotelica e medioevale ed era noto con il termine “analogia”, la struttura delle cose è in qualche modo analogica, partecipando in gradi differenziati di proprietà comuni.»<sup>88</sup>

Perciò, rileva Strumia, questi cambiamenti di prospettiva portarono a riscoprire l’importanza dei procedimenti razionali di tipo analogico<sup>89</sup> ampiamente approfonditi dalla filosofia tomistica. In questa prospettiva la sfida è stata raccolta dall’approccio

---

<sup>87</sup> Strumia A. Q[1999b], p. 21.

<sup>88</sup> Strumia A. Q[1999a], p. 24.

<sup>89</sup> Scrive Strumia: «L’analogia può essere compresa pienamente solo in quanto descrizione logica di ciò che si verifica nella realtà extra - mentale delle cose [ovvero la realtà esistente e non semplicemente pensata]; il fatto di permettere di descrivere sul piano “logico” ciò che la realtà è sul piano “ontologico”. Una “teoria ampia” che voglia formalizzare l’analogia nel senso che qui intendiamo deve poter ospitare la distinzione tra un modo puramente logico-formale di esistenza (non contraddittorietà) e i diversi modi reali di esistenza.» (Strumia A. Q[1999b], p. 24)

sistemico che svilupperemo più ampiamente nel paragrafo 1.3.3 che tratta della complessità.

### 1.2.3 La chimica e la biologia

«Sia nella chimica che nella biologia si riscontrarono proprietà nella molecola, così come nella cellula o nell'organismo di un vivente, che sono proprie della struttura complessa che non sono deducibili dalle proprietà degli atomi o delle parti singole.»<sup>90</sup>

Per quanto riguarda lo studio dei sistemi biologici esiste infatti un «ostacolo praticamente insormontabile: il numero di molecole che compongono i corpi macroscopici è enorme e non è pensabile di calcolare il moto di ciascuna molecola.»<sup>91</sup>

Per quanto riguarda la chimica, è diventato evidente che «le leggi della valenza non sono ricavabili dalla meccanica quantistica»<sup>92</sup>. Ci si imbatteva perciò sempre più seriamente in problematiche che ineriscono i cosiddetti sistemi complessi in quanto il tutto appariva connotato da qualche principio unitario che compariva solo nel tutto e non era presente nelle parti considerate separatamente.

### 1.2.4 Le scienze cognitive e l'intelligenza artificiale

Strumia descrive con queste parole questo ambito di studio:

«Le scienze cognitive si occupano di come si forma la conoscenza intelligente nella nostra mente, nel suo rapporto con il cervello e più in generale con il corpo, in vista di una sua, almeno parziale, riproduzione mediante il computer. Con tale dizione si intende, normalmente, quel settore disciplinare sorto, quasi contemporaneamente, in due campi di ricerca: quello dell'«intelligenza artificiale»<sup>93</sup>, orientato a simulare per quanto possibile i comportamenti della mente dell'uomo [...] e quello dell'«intelligenza naturale» che coinvolge insieme lo studio della fisiologia del cervello e della psicologia dei processi di apprendimento nell'uomo.»<sup>94</sup>

---

<sup>90</sup> Strumia A. Q[1999a], p. 23 .

<sup>91</sup> Casati G. Q[1999], p. 93 .

<sup>92</sup> Del Re G. Q[2007a], p. 38.

<sup>93</sup> Per approfondimenti riguardo a questo tema rimandiamo al testo: Agazzi E. A[2008], pp. 177-184, 241-247.

<sup>94</sup> Strumia A. P[1999], p. 17.

Attraverso queste ricerche si poté riscontrare che «compiere quelle associazioni mentali che vengono chiamate “analogie”»<sup>95</sup> era un’operazione molto complessa, del tutto diversa da quella che presumevano gli empiristi:

«Per contrapporsi a questa concezione (che proveniva dalla scolastica) degli universali come dati informativi immateriali, i filosofi empiristi, come David Hume, hanno cercato, in passato, di elaborare una concezione di universale come dato singolare sfumato, in qualche modo sbiadito e indeterminato riducendo il processo di “astrazione” a quello di “approssimazione”.»<sup>96</sup>

Inoltre, in tempi più recenti, a partire da quando sono entrati in uso i calcolatori, Rota evidenzia che tale concezione a partire dagli studi intrapresi nel secolo scorso, si è rivelata completamente inadeguata a spiegare il funzionamento della percezione umana:

«Tale teoria sostiene che l’atto del percepire un oggetto, per esempio una chiave, consiste in una sorta di paragone con una piccola chiave presente nel cervello. L’intelligenza artificiale ha dato il colpo finale a questa teoria semplicistica.»<sup>97</sup>

Inoltre a partire da quando sono entrati in uso i calcolatori, era caratterizzato dal tentativo «di introdurre nella memoria della macchina l’equivalente di quello che nella mente umana sono i “concetti”, cioè informazioni di carattere universale che non costringano a immagazzinare miliardi e miliardi di informazioni particolari per poter riconoscere degli “oggetti” di qualsiasi natura essi siano.»<sup>98</sup> ci si rese conto della difficoltà di riprodurre questo processo che avviene nel nostro cervello, essendo sostanzialmente impossibile isolare i concetti, che perciò non risultavano essere né elementari né innati<sup>99</sup>.

Inoltre in tempi più recenti, con l’utilizzo della risonanza magnetica attraverso gli esperimenti di brain-imaging, si poté verificare che in diversi contesti e situazioni non vengono attivate sempre le stesse regioni del cervello anche quando viene utilizzato lo stesso input o eseguite le stesse procedure. Questo prova che il significato che noi

---

<sup>95</sup> Ibidem p. 18.

<sup>96</sup> Ibidem p. 25. Nel paragrafo 1.3.2 che tratta *Il modello* riprenderemo questo concetto specificandolo meglio.

<sup>97</sup> Rota G. A[1993], p. 172.

<sup>98</sup> Strumia A. P[1999], p. 18.

<sup>99</sup> Una cosa analoga viene affermata anche in Musso P. O[2005b], p. 17.

conferiamo alle cose che percepiamo o facciamo dipende dal contesto e non è dunque univocamente determinabile <sup>100</sup>.

D'altra parte va precisato che, accanto a quanto abbiamo esposto, vi è anche una tendenza del tutto opposta a quelle che stiamo prendendo in considerazione, che consiste nello spiegare i processi di astrazione, e persino l'autocoscienza, solo attraverso i supporti materiali di tipo neurologico <sup>101</sup>. Resta il fatto che a noi appare del tutto evidente che «il concetto si presenta con una natura diversa, non riducibile a quella di un dato sensibile materiale [...]. Il contenuto dell'informazione non coincide propriamente con il segnale che la trasporta anche se non può prescindere da un veicolo fisico (di natura elettrica, chimica, o altro).» <sup>102</sup>

In questo senso (parlando di intelligenza artificiale) una macchina potrà produrre esclusivamente una rappresentazione materiale – anche sotto forma di energia – che potrà essere decodificata come informazione solo da una mente umana.

### 1.3 Caratteristiche del metodo sperimentale

Mettiamo ora in luce gli aspetti imprescindibili che dovrebbero caratterizzare un approccio scientifico coerenti con l'impostazione della rivista.

#### 1.3.1 L'esperimento

Possiamo definire l'esperimento come una semplificazione della realtà operata per vagliare un'ipotesi. Tale semplificazione avviene attraverso una ricostruzione artificiale <sup>103</sup>, e per questo ripetibile, che consente di isolare solo gli aspetti o variabili (chiamate

---

<sup>100</sup> Per approfondimenti riguardo a questo tema rimandiamo agli articoli: Correale N. B[2011a] e Correale N. B[2011b].

<sup>101</sup> Per la precisione può succedere anche in altri ambiti, non solo quello delle neuroscienze, che la crisi delle precedenti categorie di pensiero porti ad effetti del tutto opposti. Per esempio Pavone scrive riguardo alle conseguenze portate dalle geometrie non-euclidee: «Da esse emerge come non vi sia un'unica forma possibile di pensare geometrico e come invece sia possibile costruire forme diverse, tutte legittime, rigorose e coerenti [...], meno confortate dalla rappresentazione sensibile. [Accade così che] acquista credito un criterio di verità come coerenza.» (Pavone G. O[1999]).

<sup>102</sup> Strumia A. P[1999], p. 20.

<sup>103</sup> Scrive Musso: «L'esperimento nel senso galileiano del termine [...] non è la semplice "osservazione" (di questa essi [i Greci] furono maestri, a cominciare da Aristotele), ma consiste in un'osservazione

da Galileo “*affezioni*”) che si intendono prendere in considerazione perché ritenuti significativi, trascurandone altri. I dati ottenuti sperimentalmente «costringono la realtà a rivelarci le sue caratteristiche specifiche, le sue parti meno immediate, non raggiungibili con la semplice osservazione.»<sup>104</sup> Il metodo scientifico non si limita dunque ad una “osservazione” dei fenomeni naturali come era per Aristotele. A questo proposito nota Musso:

«Per arrivare a concepire questa idea era necessario essere profondamente convinti di due cose: che il mondo non è necessario, ma *contingente*, vale a dire che è fatto così, ma avrebbe anche potuto essere fatto in un altro modo; e che ciononostante il mondo è *intelligibile* (è un *cosmos*, non un caos), cioè è fatto in modo tale che la nostra ragione, se usata in modo corretto, può comprenderlo.»<sup>105</sup>

Questa operazione di “*ritaglio*” attraverso un processo di astrazione<sup>106</sup> che circoscrive gli aspetti che si intendono studiare, costituisce il fondamento del metodo scientifico definito da Galileo, in base a cui le “*sensate esperienze*”, cioè gli esperimenti, consentono la verifica delle ipotesi e conducono alla formulazione di “*dimostrazioni matematiche*”<sup>107</sup> o (come più spesso egli scrive) “*dimostrazioni necessarie*”<sup>108</sup>. La matematica è cioè il “*linguaggio*”<sup>109</sup> attraverso cui possono essere espresse le leggi scientifiche verificate attraverso gli esperimenti. La novità del metodo scientifico galileiano consiste nell’aver invertito il metodo deduttivo, tipico soprattutto della matematica e che si era affermato come modello del metodo di tutta la conoscenza

---

*condotta in condizioni fortemente artificiali, predisposte ad arte per mettere in evidenza proprio e solo le “affezioni” che si intendono studiare.»* (Musso P. N[2007], p. 55).

<sup>104</sup> Gamba E. N[1999], p. 49.

<sup>105</sup> Musso P. N[2007], p. 55.

<sup>106</sup> Scrive Strumia: «L’astrazione è un metodo implicito proprio del lavoro dello scienziato [...]. Si astrae, cioè si prescinde dalla presenza di certi termini che vengono supposti trascurabili per rapporto ad altri.» (Strumia A. P[1999], p. 22)

<sup>107</sup> «Così si costuma e si conviene nelle scienze le quali alle conclusioni naturali applicano le dimostrazioni matematiche, come si vede nei prospettivi, negli astronomi, ne i meccanici, ne i musici ed altri, li quali con sensate esperienze confermano i principii loro, che sono i fondamenti di tutta la seguente struttura.» (Galilei G. A[1638], p. 212).

<sup>108</sup> Scrive Musso: «Probabilmente la ragione è che, pur avendo chiarissimo quanto la matematica sia essenziale per costruire dimostrazioni scientifiche rigorose, Galileo aveva altrettanto chiaro che queste ultime tuttavia *non si riducono* alla sola matematica.» (Musso P. A[2011], p. 140). Ci pare utile riportare questa citazione sempre nell’ottica di mostrare che a Galileo era estranea qualsiasi impostazione riduzionista, che invece si è affermata attraverso altri personaggi, come per esempio Cartesio.

<sup>109</sup> «La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l’universo), ma non si può intendere se prima non s’impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne’ quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.» (Galilei G. A[1623], p. 232).

grazie soprattutto al clamoroso successo degli *Elementi* di Euclide. Tuttavia Galileo aveva ben chiaro, come si vede da tutti i suoi testi, che questa nuova impostazione metodologica vale solo nell'ambito dei fenomeni naturali e non per tutta la realtà, cosa che invece caratterizza le speculazioni filosofiche di Cartesio <sup>110</sup>. Non si può dunque attribuire anche a Galileo la responsabilità di aver contribuito alla diffusione di una mentalità scienziata (di cui abbiamo parlato nel primo paragrafo).

Caratteristica della scienza è dunque quella di «astrarre dagli oggetti della realtà, mediante operazioni di misura, alcune “affezioni” quantitative» <sup>111</sup> come si evince anche da questo brano di Galileo:

«Perché, o noi vogliamo speculando tentar di penetrar l'essenza vera ed intrinseca delle sostanze naturali; o noi vogliamo contentarci di venir in notizia d'alcune loro affezioni. Il tentar l'essenza, l'ho per impresa non meno impossibile e per fatica non meno vana delle prossime sostanze elementari che nelle remotissime cose celesti [. . .]. Ma se vorremo fermarci all'apprensione di alcune affezioni, non mi par che sia da disperare di poter conseguirle anco nei corpi lontanissimi da noi, non meno che nei prossimi.»  
112

Nel brano che abbiamo appena proposto Galileo afferma che “il tentar l'essenza” (che significa «ciò che una cosa è in se stessa») è “impresa impossibile” non perché egli ritenesse che non fosse possibile conoscere la realtà anche da un punto di vista ontologico (come era per Kant) <sup>113</sup>, ma piuttosto perché egli intendeva sottolineare l'incompletezza della conoscenza dell'essenza, che può avvenire solo parzialmente e gradualmente attraverso un processo dettato dal metodo scientifico <sup>114</sup>.

Scrive Arecchi:

---

<sup>110</sup> A questo proposito si veda: Vanni Rovighi S. R[2009].

<sup>111</sup> Arecchi F.T. N[1998], pp. 25-26. La parola astrazione in questo caso indica l'approssimazione delle misure e dei calcoli sperimentali, ma anche la scelta di fattori ritenuti più significativi rispetto ad altri, ritenuti, invece, trascurabili.

<sup>112</sup> Galilei G. A[1613], pp. 187-188.

<sup>113</sup> Da questo punto di vista sarebbe forse esagerata l'osservazione di Husserl secondo cui «Galileo considerando il mondo in base alla geometria, in base a ciò che appare sensibilmente e che è matematizzabile, astrae dai soggetti in quanto persone, in quanto vita personale, da tutto ciò che in un senso qualsiasi è spirituale, da tutte le qualità culturali che le cose hanno assunto nella prassi umana. Da questa astrazione risultano le pure cose corporee, le quali però vengono prese per realtà.» (Husserl E. A[1936], pp. 88-89) Tuttavia occorre precisare che l'intento di Husserl non è quello di criticare l'efficacia del metodo matematico, piuttosto di evitare il rischio di introdurlo inconsapevolmente senza comprenderlo, sganciandolo dall'esperienza.

<sup>114</sup> Per approfondimenti riguardo a questo aspetto si veda: Musso P. A[2011], pp. 143-144.

«E' questo un limite metodologico della fisica galileiana, che si preclude in linea di principio l'ontologia [...]. Con questo egli era anche consapevole di dare risposte parziali sul problema della conoscenza del mondo, che doveva poi essere ulteriormente sviluppata da altri tipi di indagine. In seguito però, data l'efficacia della descrizione fisica della realtà, si è costruita un'ideologia che non ne riconosceva più i limiti ed affermava invece che il mondo è fatto solo da ciò che può essere sottoposto ad un processo di verifica sperimentale.»<sup>115</sup>

Del resto anche Musso rileva che è proprio questa «auto-limitazione della scienza naturale alla «apprensione di alcune affezioni [...] [che ha consentito] a Galileo di ribaltare completamente il metodo della scienza naturale.»<sup>116</sup>

L'esperimento, essendo ripetibile da chiunque, in ogni tempo e in ogni luogo, secondo Galileo permetteva oltretutto di evitare la sottomissione a qualunque tipo di autorità umana. Notiamo però che, se questo è vero in linea di principio, da un punto di vista pratico è più facilitante, come sempre è avvenuto nel corso della storia, appoggiarsi sulle scoperte effettuate da altri studiosi che ci precedono.

Se Galileo da un lato sottolineava con forza l'importanza dell'esperimento, dall'altro in certe situazioni limite, quando non è possibile realizzare l'esperimento o quando non è ritenuto necessario, egli riconosceva anche negli esperimenti ideali (perciò immaginati e non concretamente progettati e costruiti) un valido supporto ai fini conoscitivi<sup>117</sup>.

In conclusione a questo paragrafo rammentiamo l'importanza nella fase sperimentale di effettuare misure rigorose e precise in una ben definita e opportuna scala di osservazione:

«Una delle esigenze primarie dello spirito scientifico, infatti, è che la precisione di una misura debba riferirsi costantemente alla sensibilità del sistema di misura adottato e che debba naturalmente tener conto delle condizioni di permanenza dell'oggetto misurato [...]. Occorre riflettere per misurare e non misurare per riflettere.»<sup>118</sup>

---

<sup>115</sup> Arecchi F.T., Arecchi I. A[1990].

<sup>116</sup> Musso P. N[2007], p. 55.

<sup>117</sup> Si veda per esempio il testo seguente: «SALV. Io senza esperienza sono sicuro che l'effetto seguirà come vi dico, perché così è necessario che segua [...]. Ora ditemi quel che accadrebbe del medesimo mobile sopra una superficie che non fusse né acclive né declive. [...] SIMP. Io non ci so scorgere causa di accelerazione né di ritardamento, non essendoci né declività né acclività. SALV. Sì. Ma se non vi fusse causa di ritardamento, molto meno vi dovrebbe esser di quiete: quanto dunque vorreste voi che il mobile durasse a muoversi? SIMP. Tanto quanto durasse la lunghezza di quella superficie né erta né china. SALV. Adunque se tale spazio fusse interminato, il moto in esso sarebbe parimente senza termine, cioè perpetuo.» (Galilei G. A[1632], pp. 172-173).

<sup>118</sup> Bachelard G. A[1938], pp. 251-252.



«Con il pensiero scientifico si apre nell'oggetto una prospettiva di profondità. L'impegno oggettivo si fortifica nella misura di una crescente precisione, in una successione di approssimazioni sempre più sottili, approssimazioni che sono legate a uno stesso oggetto e che tuttavia si definiscono le une dopo le altre come dei livelli diversi della conoscenza oggettiva.»<sup>119</sup>

D'altro canto ricordiamo che l'accuratezza della misurazione va sempre inserita in un orizzonte più ampio di significato:

«All'origine della scelta di cosa devo misurare attraverso l'esperimento, c'è sempre una visione globale della realtà dell'evento: ed è a questa realtà, quella che appare al "senso comune" prima ancora della formalizzazione scientifica, che noi dobbiamo fare appello per giustificare la stessa fondazione di qualunque scienza.»<sup>120</sup>

### 1.3.2 Il modello

I modelli o rappresentazioni sono idealizzazioni e semplificazioni dei fenomeni operate dall'uomo allo scopo non solo di descriverne il funzionamento, ma anche di spiegarlo (come abbiamo già messo in evidenza nel precedente punto in riferimento all'esperimento).

#### *I modelli di tipo materiale*

Esiste una prima accezione della parola modello, di tipo materiale, attraverso cui si intende «una similitudine e analogia con la realtà che si vuole conoscere e indagare.»<sup>121</sup>

Specifica Strumia:

«Le analogie materiali [tra fenomeno e modello] servono a descrivere le proprietà di un fenomeno di cui non si conosce la struttura costitutiva (per esempio gli atomi) ipotizzando una somiglianza con oggetti conosciuti (per esempio delle sferette rigide soggette ad urti elastici), per i quali si conoscono le leggi fisiche che ne regolano il comportamento. La relazione di somiglianza tra il modello e il fenomeno è

---

<sup>119</sup> Bachelard G. A[1949], pp. 39-40.

<sup>120</sup> Gargantini M. A[2000], p. 166.

<sup>121</sup> Manara C. F. P[2006], p. 10.

supposta a livello della “struttura” degli elementi costitutivi (materiali), in modo da potersi attendere una somiglianza anche nel “comportamento” e potere utilizzare, entro certi limiti, le stesse leggi matematiche per il fenomeno da descrivere e per il modello.»<sup>122</sup>

In questa accezione di modello rientra anche la progettazione di un apparato sperimentale.

### *I modelli di tipo formale*

Una seconda accezione, che potremmo definire di tipo “formale”, è quella inaugurata sempre da Galileo:

«Nel caso di analogie “formali” non si ricerca un modello a livello della struttura fisica dei costituenti un certo oggetto, ma si punta direttamente alle equazioni matematiche che sembrano adatte a descrivere adeguatamente certe leggi fenomenologiche, senza fare ipotesi sulla struttura materiale che da tali leggi deve essere governata.»<sup>123</sup>

Essa riguarda, dunque, la specificazione del linguaggio privilegiato utilizzato per formulare i concetti, che è quello matematico. L’accesso alle leggi di natura matematica è consentito dalla semplificazione operata dalla scelta di certe variabili considerate essenziali per comprendere il fenomeno oltre che per dominarlo:

«L’uomo – dice Galileo – ha scoperto il linguaggio geometrico con cui Dio ha scritto nel libro della Natura. È questa fede nell’equipollenza fra le nostre procedure mentali e la logica del reale che giustifica il metodo fisico.»<sup>124</sup>

Anche in questo caso però ci preme precisare, come avevamo fatto nel precedente punto relativo agli aspetti sperimentali, che ricorrere alla matematica per le osservazioni quantitative e le idealizzazioni geometriche «non significa affatto che al di fuori delle proprietà matematizzabili non esista nulla, bensì che altri aspetti della realtà, non matematizzabili, esistono, o almeno possono esistere (Galileo peraltro, come abbiamo

---

<sup>122</sup> Strumia A. Q[1999b], p. 18.

<sup>123</sup> Ibidem p. 19.

<sup>124</sup> Arecchi F.T. N[1998], p. 23.

appena finito di dire, personalmente credeva fermamente che esistessero), proprio perché la scienza sperimentale non può e non deve dire nulla a proposito di ciò che non è in grado di sottoporre a verifica sperimentale.»<sup>125</sup>

Del resto, nota del Re, «accade che neppure in tutti gli ambiti scientifici, come è il caso della biologia, avrebbe avuto senso utilizzare esclusivamente e sistematicamente il linguaggio matematico se non, con molte riserve, in correlazioni statistiche.»<sup>126</sup>

In cosa consiste l'utilizzo del linguaggio matematico? Consiste nel «codificare queste affezioni con simboli opportuni e nel correlare questi simboli mediante un'opportuna sintassi [...]; i simboli sono gli enti matematici (numeri, figure geometriche) e le relazioni sintattiche sono le leggi fisiche»<sup>127</sup>.

E, come abbiamo già avuto modo di esporre, le soluzioni delle equazioni consentono, sotto certe condizioni, di prevedere gli eventi.

### *I modelli di tipo teorico*

I modelli matematici di tipo teorico<sup>128</sup> sono caratterizzati da un grado di astrazione progressivamente crescente in base sia alla possibilità di generalizzare sempre più casi particolari sia alla sempre più complessa e sofisticata formalizzazione teorica adottata. E' questo un altro senso dell'uso del termine astrazione rispetto all'approssimazione di cui avevamo parlato nel paragrafo *L'esperimento* (quando abbiamo parlato delle approssimazioni delle unità di misura e della decisione di trascurare alcuni aspetti o elementi). Se è necessario, i modelli matematici possono dunque diventare dei sistemi teorici :

«I postulati di una teoria astratta debbono necessariamente costituire un insieme compatibile, esente da contraddizioni interne [...]. Una delle strade più comunemente seguite per mostrare la consistenza di un sistema di postulati è quella che conduce a esibire un insieme di enti che soddisfino ai postulati stessi. Si

---

<sup>125</sup> Musso P. N[2007], p. 57.

<sup>126</sup> Del Re G. N[2005], p.13.

<sup>127</sup> Arecchi F.T. N[1998], p. 23.

<sup>128</sup> Anche Lo Nostro a questo proposito scrive: «Il modello teorico nasce come tentativo di raffigurare i fenomeni osservati in un'immagine sintetica, il più possibile esaustiva e aderente alla realtà dei fatti in modo tale che la mente dell'uomo possa penetrare la realtà delle cose, capire e procedere nella ricerca della verità e nell'utilizzo di certe proprietà e comportamenti della materia. Questo tentativo ha accomunato scienziati e sapienti di tutte le epoche, dall'antichità ai nostri tempi.» (Lo Nostro P. P[2000], p. 13).

suol dire che un insieme di enti cosiffatti costituisce un modello della teoria, intendendo così indicare una realizzazione, tra le tante possibili in linea di principio, della teoria stessa [...]. Questa procedura si fonda sostanzialmente sulla presunzione che la realtà, dalla quale prendiamo gli elementi per costruire i modelli, sia coerente in se stessa.»<sup>129</sup>

In questo tipo di impostazione accade che non ci si possa più appoggiare alla immaginazione intuitiva tipica, per esempio, dei modelli materiali di cui si parlava all'inizio, o della geometria euclidea. Infatti vincolarsi eccessivamente a ciò che sembra apparentemente più evidente e ovvio rende più difficile l'accettazione di conseguenze che sembrerebbero impossibili. Specifica Manara a questo proposito:

«Questa condizione di estrema astrattezza delle formulazioni matematiche è garanzia da una parte della loro generalità e dall'altra del rigore della deduzione; infatti è possibile dominare con un'unica formula tutte le realtà concrete che sono descritte dagli assiomi di una data teoria; e d'altra parte la deduzione, eseguita a livello totalmente astratto, non rischia di essere fuorviata dalle suggestioni che nascono dai riferimenti a particolari significati o contenuti dei simboli.

Non basta una semplice ispezione iniziale, che non metta in evidenza contraddizioni palesi, a garantire la compatibilità del sistema: infatti la contraddizione potrebbe essere nascosta, e potrebbe rivelarsi soltanto dopo un certo numero di deduzioni.»<sup>130</sup>

Per quanto detto finora, risulta evidente che non si può prescindere dai modelli teorici in un serio approccio scientifico e che non ci si può accontentare di un'impostazione che si fondi esclusivamente su giustificazioni di tipo empirico:

«In assenza di un modello teorico le acquisizioni sperimentali rimarrebbero semplicemente annotazioni senza significato, senza nesso le une con le altre e in fondo inutili per l'avanzamento culturale e tecnologico dell'uomo.»<sup>131</sup>

Lo Nostro nota tuttavia anche la presenza di un rischio:

«Questo modo di operare (semplificazione e idealizzazione) se da un lato è necessario, almeno per inquadrare un dato osservato nell'ambito di un processo comprensibile, dall'altro rischia di abituare la mente a ragionare per schemi. Ogni processo di elaborazione dei dati osservati va attentamente vagliato e

---

<sup>129</sup> Manara C. F. P[2006], p.16.

<sup>130</sup> Ibidem p. 16.

<sup>131</sup> Lo Nostro P. P[2000], p. 16.

via via ampliato in vista di un modello teorico più vasto ed esaustivo che comprenda sempre più fattori per la spiegazione di quanto accade.»<sup>132</sup>

Perciò si rende necessario vagliare continuamente per via sperimentale la consistenza delle deduzioni teoriche, anche per raggiungere lo scopo di cui parlavamo prima (attraverso le parole di Manara), ossia comprendere i fenomeni in modo progressivamente globale ed unitario. Questo aspetto sarà ulteriormente approfondito nel paragrafo 1.5 *La conoscenza*.

### 1.3.3 La complessità e il pluralismo realista<sup>133</sup>

In varie occasioni è capitato di constatare che, in particolare quando i fenomeni che si studiano sono estremamente complessi non è più sufficiente analizzare esclusivamente le parti del sistema per spiegare i processi osservati secondo un approccio meccanicista. Ci sembra perciò giunto il momento di precisare in cosa consista l'approccio sistemico, che invece rappresenta un tentativo di superamento delle impostazioni riduzioniste che abbiamo presentato all'inizio di questo capitolo.

I sistemi complessi, «lungi dall'essere statici, si trovano fuori di equilibrio, e mantengono la loro identità con un continuo scambio di materia, informazione ed energia con l'ambiente circostante.»<sup>134</sup> Perciò la prima loro caratteristica che si individua è quella di essere aperti e non isolati dall'ambiente esterno, diversamente dai sistemi classici che possono essere descritti attraverso equazioni lineari e deterministiche.

Se i sistemi interagiscono con l'ambiente, la prima conseguenza più evidente è che ognuno di essi si trova in un rapporto gerarchico con gli altri, in base ad una struttura ordinata di crescente complessità<sup>135</sup>:

---

<sup>132</sup> Ibidem p. 15.

<sup>133</sup> Per l'illustrazione di un esempio classico di sistema complesso in ambito fisico si veda: De Paoli M. Q[2001].

<sup>134</sup> Del Re G. Q[2006b], p. 38.

<sup>135</sup> Come abbiamo già accennato parlando dei nuovi sviluppi della matematica e della logica, mettiamo in evidenza che anche «la dottrina aristotelico - tomista dell'analogia riconosce dei livelli gerarchizzati dell'ente che differiscono per la loro stessa "natura", per cui esistono le "cose" e i "principi" che permettono alle cose di "essere" e di "essere quello che sono". I principi e le cose sono tra loro "irriducibili", proprio perché sono di diversa natura, pur non essendo del tutto eterogenei, in quanto sono

«Nello scendere ai livelli inferiori si può arrivare (o perlomeno si può tentare di arrivare) al fondo della scala delle spiegazioni, cioè alle “particelle elementari”; nel moto ascendente invece non c’è una fine alla ricerca. Andando alla ricerca del significato usciamo ad un certo punto dall’ambito delle risposte della scienza [...]. Si prospetta così la necessità e la rilevanza al di là della fisica, cioè la necessità di una metafisica, cioè il riconsiderare la realtà non più (o non solo) mediata dall’apparato di misura.»<sup>136</sup>

Questo è vero sia se consideriamo l’Universo inteso nella sua globalità – con al suo interno le Galassie, le stelle e i pianeti che lo costituiscono:

«L’universo si presenta come un insieme di oggetti complessi in interazione dinamica. Ogni oggetto può essere costituito da altri oggetti, ciascuno dei quali a sua volta può avere una sua costituzione interna; per cui in ogni oggetto si hanno dei livelli di complessità.»<sup>137</sup>

**Sia se pensiamo ai viventi:**

«In un vivente si possono riconoscere almeno quattro livelli di complessità: quello in cui gli oggetti più complessi considerati come unità sono le biomolecole, quello delle cellule, quello degli organi, quello dell’individuo come tale. Ci sono proprietà che almeno entro certi limiti si possono spiegare a livello di molecole, e tra queste vi è nientemeno che la trasmissione dei caratteri ereditari, ma vi sono proprietà, come la reazione a un pericolo, che mettono in gioco l’intero organismo.»<sup>138</sup>

Questo è vero sia se consideriamo l’Universo inteso nella sua globalità, sia se pensiamo invece ai viventi:

«Ciascun livello funziona come un “sistema aperto” che, per essere compreso nelle sue condizioni logiche e ontologiche, dipende da un altro superiore. [...] [Questo] garantisce, da un lato, l’irriducibilità dei livelli e, dall’altro, la continuità tra gli esseri viventi e non, tra il biologico e il mentale. [...] L’uomo è all’apice del processo evolutivo, al livello più alto della gerarchia e riassume in sé tutto l’universo (come nella visione dell’uomo microcosmo), dagli elementi più bassi – dalla componente fisico – chimica in avanti –

---

modi diversi di realizzare l’essere che hanno in comune secondo gradi diversi.» (Strumia A. Q[1999b], p. 24).

<sup>136</sup> Arecchi F.T. e Arecchi I. A[1990], p. 174.

<sup>137</sup> Polanyi M. A[1988], pp. 176-177.

<sup>138</sup> Del Re G. Q[2007a], p. 36.

fino ai caratteri più alti, ossia quelli della coscienza, della responsabilità, della cultura, del suo essere persona.»<sup>139</sup>

In base a questa prospettiva ci troviamo di fronte ad una catena di sistemi in relazione tra loro in senso orizzontale e di complessità crescente in senso verticale. La relazione con l'ambiente è regolata da processi di feed-back che tendono a mantenere il sistema stabile. Tra i viventi e i non viventi esiste, però, una sostanziale differenza:

«La differenza tra vivente e non vivente consiste nel fatto che un tipico sistema fisico conserva caratteristiche invarianti nel tempo se si trova in un minimo relativo di energia (equilibrio stabile), mentre un organismo vivente, avendo un alto grado di omeostasi [caratteristica di mantenere invariate nel tempo certe caratteristiche opponendosi alle perturbazioni esterne], si comporta come un sistema stazionario anche se è fuori dall'equilibrio. L'omeostasi dei viventi arriva fino alla capacità di riparare i danni subiti [...] e deriva da un'organizzazione interna sempre al lavoro per compensare la tendenza alla corruzione. [Nei viventi esiste infatti un] grado immensamente più alto di integrazione delle parti.»<sup>140</sup>

Procedendo in senso verticale si osserva che ad ogni livello emergono nuove proprietà d'insieme che caratterizzano il sistema, che costituiscono la sua informazione:

«Un oggetto complesso ha un'informazione che non è la semplice somma delle informazioni dei componenti (come sarebbe per un mucchio di sassi) in quanto c'è in più una mutua informazione scambiata tra i componenti che non esisteva quando questi erano isolati.»<sup>141</sup>

In linea con quanto esposto finora la definizione sintetica di complessità proposta da Musso ci sembra molto significativa. Egli considera la complessità come un concetto "bidimensionale":

«La complessità di Bennett<sup>142</sup> misura il grado di complessità per così dire "orizzontale", all'interno di un determinato livello di realtà (o ambito di oggettivazione), mentre quella di Arecchi<sup>143</sup> misura la

---

<sup>139</sup> Ascheri V. O[2007], p. 81.

<sup>140</sup> G. Del Re, *Le parole della scienza* in Gargantini M. (a cura di) A[2006], p. 113.

<sup>141</sup> Arecchi F. T. e Arecchi I. A[1990], p. 173.

<sup>142</sup> Charles H. Bennett (1943-vivente). Secondo Bennett: «la complessità di un oggetto può essere misurata dal tempo necessario a costruirne un modello computerizzato adeguato a partire dalla più breve istruzione possibile: così per esempio un frattale risulterà più complesso di un oggetto della geometria euclidea anche se la regola che lo genera non lo è, proprio perché il computer ci mette molto più tempo per costruirlo.» (Musso P. A[2011], p. 474).

complessità “verticale”, ovvero quella che potremmo chiamare la “profondità *ontologica*” di una cosa.»  
144

Illustriamo ora brevemente in cosa consiste la complessità orizzontale attraverso le parole di Del Re. Anzitutto, per studiare un sistema si associa al suo stato una serie di simboli:

«La costruzione di una particolare permutazione di N simboli [...] è “informazione” della materia [...]. Ogni stato di un sistema generico si può descrivere con un messaggio, e in linea di principio tale messaggio si può scegliere in modo che sia il più essenziale possibile.»<sup>145</sup>

Questi simboli forniscono informazioni riguardo alla disposizione e interazione delle parti della materia, ovvero alla loro organizzazione, che consentirà la «corrispondenza a un certo progetto, la capacità di svolgere una certa funzione»<sup>146</sup> e dunque alle proprietà strutturali di insieme del sistema. Tali proprietà, espresse in parametri misurabili e quantificabili, sono quelle che possono, eventualmente, essere controllate. Infatti:

«è sui parametri esterni (macroscopici) di un sistema che eventualmente noi possiamo agire, ed è importante sapere, per esempio, come dobbiamo regolare questi parametri per evitare l'insorgere del caos. È proprio questo che la scienza della complessità cerca di prevedere.»<sup>147</sup>

Tuttavia val la pena precisare che il caos non produce sempre effetti negativi, proprio perché grazie ad esso, come abbiamo detto prima, possono insorgere nuove proprietà vantaggiose per il sistema che si è costituito, diverse da quelle del precedente, da cui pure si è originato.<sup>148</sup>

Perciò possiamo affermare che «come regola generale le leggi del livello più basso sono necessarie ma non sufficienti a un livello più alto.»<sup>149</sup>

---

<sup>143</sup> Secondo Arecchi, «la complessità di un oggetto può essere misurata dal *numero di modelli irriducibili* necessario per rappresentarne tutti gli aspetti: così per esempio un essere umano risulterà più complesso di un cane, perché agisce in un maggior numero di ambiti.»(Musso P. A[2011], p. 474).

<sup>144</sup> Vedi: Musso P. A[1997], p. 81.

<sup>145</sup> Del Re G. Q[2006b], p. 34.

<sup>146</sup> Ibidem p. 35.

<sup>147</sup> Casati G. Q[1999], p. 97 .

<sup>148</sup> Tale aspetto viene in particolare messo in evidenza nell'articolo: Musso P. O[2005b], pp. 18-19.

<sup>149</sup> Arecchi F. T. e Arecchi I. A[1990], p. 173. viene affermata una cosa analoga anche nel seguente brano: «Le operazioni di un livello superiore non possono essere spiegate dalle leggi che governano i suoi



Questa caratteristica delle proprietà emergenti che si osserva nei sistemi viene definita con la parola auto-organizzazione e si manifesta in virtù di scambi di informazioni fra le parti del sistema, per cui può accadere che sia «responsabile, per esempio, del fatto che le parti appaiono inseparabili dal tutto, in quanto lo replicano all'infinito al loro interno, come accade nelle strutture autosimilari come i frattali, originati da leggi autoreferenziali.»<sup>150</sup>

L'informazione scambiata tra le parti fornisce istruzioni che riguardano sicuramente la disposizione spaziale (come avevamo già menzionato), ma non solo. Infatti:

«gli oggetti componenti impartiscono proprietà di insieme che derivano dalla loro disposizione o, addirittura, dalla loro “organizzazione”, cioè dalla loro attività coordinata e finalizzata.»<sup>151</sup>

Per questo la causa efficiente non può bastare a spiegare esaurientemente la struttura sistemica.

In conclusione allo sviluppo di questo tema riportiamo uno schema riassuntivo delle caratteristiche di un sistema complesso elaborato da Abbona e Del Re<sup>152</sup>:

- 1) mutua interazione e interdipendenza dei componenti con un meccanismo di retroazione (definito anche effetto feed-back);
- 2) principio di ordine e struttura gerarchica dei componenti;
- 3) interazione con l'ambiente attraverso un meccanismo di ingresso-uscita (sistema aperto);
- 4) solitamente in stato stazionario fuori equilibrio per azioni esterne (ambiente) e/o fluttuazioni interne;
- 5) queste azioni generano nel sistema perturbazioni, che diventano, oltre una certa soglia trasformazioni ad un più alto livello ed emergenza di nuove proprietà – il sistema è evolutivo;

---

particolari formanti il successivo livello inferiore. [...] Sarebbe impossibile spiegare le operazioni di ciascun livello superiore con le leggi che governano i suoi particolari isolati.» (Polanyi M. A[1988], p. 192).

<sup>150</sup> Strumia A. Q[1999a], p. 23.

<sup>151</sup> Del Re G. Q[2006b], p. 34.

<sup>152</sup> Lo schema (reso un po' più sintetico) è stato estratto dal testo: Abbona F., Del Re G., Monaco G.(a cura di) G[2008], p. 73.

- 6) la riorganizzazione avviene attraverso un controllo auto-regolato (auto-organizzazione);
- 7) il cambiamento coinvolge non solo l'intero sistema ma pure l'ambiente;
- 8) le relazioni non sono lineari: non c'è proporzionalità tra causa ed effetti;
- 9) numerosi sistemi complessi hanno particolari strutture come quella frattale (schemi che si ripetono a scale differenti a ciascun livello), o attrattori strani per fare previsioni del comportamento del sistema.

### *Il pluralismo realista*

Nel progredire della complessità dei sistemi diventa plausibile un utilizzo di diversi metodi e strumenti di indagine, non solo nel senso più intuitivo per cui, ad esempio, si verifica che per studiare una cellula occorre un microscopio, mentre per studiare le stelle un telescopio. Piuttosto tale diversificazione implica che in certi casi diventa necessaria una collaborazione interdisciplinare<sup>153</sup> per studiare i fenomeni dai diversi punti di vista<sup>154</sup>. Questa impostazione viene definita col termine “pluralismo realistico”, così riassunta da Arecchi:

«La realtà di un evento è così ricca da non essere carpibile con i nostri limitati strumenti concettuali. Perciò lo stesso evento può essere legittimamente letto con diverse chiavi, esso può dare risposte diverse a seconda dello strumento con cui lo si interroga [...]. Nessuna teoria è completa [si fa riferimento ai teoremi di Gödel e alle proposizioni indecidibili a cui si giunge partendo da determinati assiomi<sup>155</sup>] Occorre sempre confrontarci con la realtà per attingere nuovi elementi; [perciò] nessuno dei punti di vista fornisce una scienza completa della realtà, che rimane sempre più ricca di quanto riusciamo a travasare nello spazio dei simboli.»<sup>156</sup>

Ribadisce Agazzi:

---

<sup>153</sup> Riguardo a questo aspetto si può consultare il testo: Agazzi E. A[2008], p. 185.

<sup>154</sup> Anche Husserl scrisse un concetto analogo «“La” cosa è propriamente ciò che nessuno ha visto realmente, perché è continuamente in movimento, continuamente e per chiunque; per la scienza, è l'unità della molteplicità aperta e infinita delle mutevoli esperienze proprie e altrui e delle cose dell'esperienza.» (Husserl E. A[1936], p. 191).

<sup>155</sup> Si riprenda quanto abbiamo esposto nel paragrafo 1.2.2: *La matematica e la logica*.

<sup>156</sup> Arecchi F.T. N[1998], p. 23.

«Ciascuna disciplina scientifica si presenta come un discorso che intenziona la realtà sotto un certo “punto di vista” ossia proponendosi di indagarne soltanto certi aspetti o qualità; in ragione di ciò essa seleziona un certo numero circoscritto di “predicati” e, al fine di aver successo nel suo sforzo referenziale, li associa ad alcune operazioni standardizzate, che possiamo chiamare indifferentemente “criteri di oggettivazione”, “criteri di protocollarietà” o “criteri di referenzialità” [...]. Queste operazioni “ritagliano” gli specifici oggetti di una data scienza all’interno del vasto ambito della realtà, e proprio perché sono operazioni non si applicano al nulla, bensì a referenti già identificati (le “cose” dell’esperienza quotidiana quale è praticata entro una certa collettività storicamente determinata) e per di più sottoposti a manipolazione empirica e non puramente linguistica o intellettuale, mettono capo a referenti specifici che non possono fare a meno di essere anche reali.»<sup>157</sup>

Questo significa che, da un lato, come rileva Musso:

«ogni scienza è, nel proprio ordine fondamentale importante quanto tutte le altre.»<sup>158</sup>

Dall’altro che nessuna rivalità fra gli esponenti dei diversi approcci ha ragione di esserci, come evidenzia Caffarra:

«Non uno scontro di “opinioni soggettive” contrapposte fra loro al fine di produrre il consenso alla propria, ma un confronto fra affermazioni per verificare la loro adeguatezza a spiegare la realtà. Conoscenza non esaustiva non è sinonimo di conoscenza falsa.»<sup>159</sup>

Concludiamo questo paragrafo con un brano di Agazzi che ci sembra riassume la visione che abbiamo prospettato di pluralismo realistico in base ad un approccio sistemico e ci introduca adeguatamente ai contenuti che tratteremo nei successivi due paragrafi:

«Quello che vorrei proporre come caratteristica costitutiva del concetto contemporaneo di scienza, è proprio l’indicazione di un modello di scientificità [in base a cui] ogni disciplina aspira a proporsi come scienza in quanto forma di sapere a un tempo rigoroso e oggettivo.»<sup>160</sup>

---

<sup>157</sup> Agazzi E. A[1985], pp.188-189.

<sup>158</sup> Musso P. O[2005b], p. 19.

<sup>159</sup> Caffarra C. (Sua Em.za) O[2006], p. 45.

<sup>160</sup> Agazzi E. A[1980].

## 1.4 Aspetti trasversali dell'indagine scientifica

### 1.4.1 Il coinvolgimento personale dello scienziato: creatività e intuizione

Se per quanto riguarda le discipline umanistiche è sempre apparso abbastanza naturale che chiunque se ne occupi si coinvolga personalmente nell'esprimere giudizi o considerazioni, per quanto riguarda le discipline scientifiche, a causa di quelle tendenze riduzioniste che abbiamo descritto all'inizio del capitolo, si è diffuso a dismisura il mito dell'oggettività, secondo cui l'osservatore deve mantenersi distaccato ed estraneo per non inficiare la possibilità di conoscere l'oggetto di indagine. Anche se, va detto, questo è accaduto assai più nell'ambito della filosofia della scienza e, per sua influenza, nel modo di guardare alla scienza da parte della gente comune che non tra gli scienziati stessi, i quali sanno bene, per esperienza personale, che le cose stanno molto diversamente. E infatti diversi di loro hanno espresso una posizione decisamente in controtendenza, come si evidenzia per esempio dai seguenti brani di Michael Polanyi:

«Un tentativo di spersonalizzare la nostra conoscenza degli esseri viventi, [ma possiamo estendere questa osservazione ad ogni branca delle scienze naturali,] risulterebbe, se strettamente perseguito, in una alienazione che renderebbe tutte le osservazioni sugli esseri viventi prive di significato.»<sup>161</sup>

E ancora:

«L'ideale di una conoscenza che consiste in affermazioni strettamente impersonali ci appare come contraddittoria e senza significato, al limite del ridicolo. Dobbiamo imparare ad accettare come nostro ideale una conoscenza che sia chiaramente personale.»<sup>162</sup>

Secondo Polanyi, dunque, nell'impatto con la realtà, che desta nell'uomo il desiderio di conoscerla, risulta impossibile prescindere da un coinvolgimento di tutto il proprio sé, compresa la sfera sentimentale e affettiva<sup>163</sup>:

«Tutto il pensiero è incarnato [...], ma non è pensiero se non lotta per la verità.»<sup>164</sup>

---

<sup>161</sup> Polanyi M. A[1988], p. 189.

<sup>162</sup> Polanyi M. A[1990], p. 456.

<sup>163</sup> Per approfondimenti a questo riguardo si legga Ascheri V. O[2007].

Di conseguenza nell'atto conoscitivo non si può trascurare l'aspetto che riguarda il significato conferito ad un problema da parte del soggetto, altrimenti non si comprenderebbe il motivo per cui si dovrebbero sacrificare tempo ed energia per risolverlo:

«La scoperta in effetti richiede qualcosa di più che l'abilità artigianale, cioè il dono di ricevere un problema maturo per la soluzione con le vostre capacità, abbastanza vasto da impegnare in pieno le vostre capacità e tale che valga la pena spenderci fatica.»<sup>165</sup>

Questo impegno nella ricerca comporta l'esercizio della libertà e della responsabilità, che garantiscono il raggiungimento di una conoscenza oggettiva se esercitate nell'obbedienza e adesione alla realtà:

«Cercando di restringere le nostre menti alle poche cose che sono dimostrabili e quindi esplicitamente dubitabili, [l'uomo] ha trascurato le scelte non critiche che determinano tutto l'essere delle nostre menti, e ci ha resi incapaci di riconoscere queste scelte vitali.»<sup>166</sup>

«Non un atto arbitrario né un'esperienza passiva [caratterizza l'impegno dello scienziato], ma un atto responsabile che aspira alla validità universale.»<sup>167</sup>

Nel prossimo paragrafo *La conoscenza* ci soffermeremo meglio sugli aspetti che qualificano la conoscenza come oggettiva e universale, ma per intanto notiamo che da quanto letto emerge, dunque, che la scelta di quale metodo adottare per lo studio di un fenomeno assume un carattere intenzionale<sup>168</sup>:

---

<sup>164</sup> Polanyi M. A[1988], p. 170.

<sup>165</sup> Polanyi M., *Il tempo in cui lavoravo sui raggi X e i cristalli*, 1962, p. 132, tratto da: Ascheri V. O[2007], p. 78.

<sup>166</sup> Polanyi M. A[1990], p.456.

<sup>167</sup> Ibidem p. 70.

<sup>168</sup> Per intenzionalità «si intende significare il fatto che nell'attività conoscitiva del vivente si effettua un'orientazione spontanea, un "indirizzarsi" del soggetto verso l'oggetto, accompagnata da una forma di partecipazione o di identificazione degli oggetti che, pur restando se stessi, diventano anche, in qualche modo parte del soggetto. [...] Essa è non tanto un'attività, un comportamento, quanto piuttosto un modo di agire e di comportarsi, è per ciò stesso anche qualcosa di pre-operativo, di pre-comportamentale e potrebbe ben essere, in linea anche di principio, qualcosa che resta essenzialmente impenetrabile, che i comportamenti non possono svelare a fondo.» (Agazzi E. in Gargantini M. A[1991], p.223).

«Ogni volta la stessa realtà è espressa in più spazi simbolici: si sceglie il più adatto in base a dei valori, cioè a dei criteri, che non sono *interni* al processo di simbolizzazione. E' questa scelta meta simbolica, che manca al calcolatore, ad essere la base dell'intenzionalità.»<sup>169</sup>

In particolare la conoscenza diventa possibile se il soggetto si rende disponibile a convertire il proprio pensiero in base ai fenomeni naturali in cui si imbatte:

«Il rischio della ragione deve, del resto, essere totale. E' il suo carattere specifico. Tutto o niente. Se l'esperienza riesce cambierà da cima a fondo il mio spirito. Faccio un'esperienza di fisica per cambiare il mio spirito. Cosa ne farei, infatti, di un'esperienza in più che confermerebbe ciò che so e di conseguenza ciò che sono? Ogni esperienza reale determina un metodo nuovo, deve rovinare un metodo preliminare. In altri termini, nel regno del pensiero l'imprudenza è un metodo. Solo l'imprudenza può avere successo.»  
170

Questa impostazione, totalmente capovolta rispetto a quella cartesiana, espressa con dovizia di particolari, viene definita da Bachelard come una rivoluzione copernicana. La conoscenza, in tal modo, procede di domanda in domanda interrogando la realtà, attraverso continue rettifiche di errori nel tentativo di risolvere le problematiche che si presentano volta per volta:

«Una verità su uno sfondo di errore, tale è la forma del pensiero razionale.»<sup>171</sup>  
«L'io razionale è coscienza di rettifica [...]. La ricerca scientifica richiede con insistenza, invece dell'ostentazione del dubbio universale, la costituzione di una problematica che prende il suo reale punto di partenza in un problema, per quanto mal posto. L'io scientifico è allora programma di esperienza, mentre il non-io scientifico è già problematica costituita.»<sup>172</sup>

Ecco perché «imbattersi in un problema è il primo passo verso una scoperta e in effetti verso un qualsiasi atto creativo.»<sup>173</sup>

In questa prospettiva, dunque, diventa plausibile che la ragione comprenda in se stessa una dimensione creativa e intuitiva, cosa che altrimenti risulterebbe difficilmente

---

<sup>169</sup> Arecchi F. T. e Arecchi I. A[1990], p. 173.

<sup>170</sup> Bachelard G. A[1972], p. 28.

<sup>171</sup> Bachelard G. A[1949], p. 64.

<sup>172</sup> Bachelard G. A[1949], p. 67.

<sup>173</sup> Polanyi M. A[1990], p. 456.

giustificabile (come avevamo anche osservato nel paragrafo *La matematica e la logica*). Tale aspetto sarà approfondito nel paragrafo seguente.

### *Creatività e intuizione*

Prima di addentrarci nel tema che vogliamo affrontare é opportuno precisare che per *intuizione* non intendiamo le idee chiare e distinte provenienti direttamente e immediatamente dal pensiero puro, come presumeva Cartesio, né le immagini immediate che, come ci insegna Bachelard, occorre progressivamente abbandonare e rettificare. Stiamo invece considerando quella caratteristica umana tipica della ragione, di vagliare tra più ipotesi quella più semplice nel senso di più adeguata e in sintonia alla realtà a partire da alcuni indizi presenti in essa. L'intuizione intesa perciò come idea illuminante che, dopo molti, o pochi, tentativi, permette la risoluzione di un problema concreto o teorico; quella che ha portato illustri scienziati alla creazione di nuovi modelli teorici in grado di spiegare, oltre che descrivere, certi fenomeni naturali <sup>174</sup>. Sono, perciò, considerabili del tutto ragionevoli, al fine di concepire una nuova teoria, anche modi di procedere di tipo intuitivo, non ascrivibili a procedure esclusivamente di natura logica, come un illustre scienziato come Planck afferma:

«Non è la logica ma l'immaginazione creativa ad attizzare il primo lampo di una nuova conoscenza nella mente del ricercatore che si inoltra nel buio di regioni inesplorate.» <sup>175</sup>

Grazie all'intuizione, infatti, il ricercatore prende in considerazione anche quegli aspetti presenti nella realtà che non possono essere esplicitati nell'ambito della legge, ma che

---

<sup>174</sup> Anche Peirce, pur partendo da presupposti teorici del tutto diversi, descrive con parole molto efficaci questo aspetto caratteristico della ragione umana: «Ma com'è possibile che questa verità sia stata destata da un processo in cui non c'è necessità obbligata né alcuna tendenza alla necessità obbligata? E' stato il caso? [...] Pensate a quante ipotesi potrebbero essere fatte, delle quali ce ne è una sola vera; eppure dopo due o tre o, al massimo una dozzina di tentativi, il fisico va molto vicino all'ipotesi giusta. Se fosse per il caso il fisico non sarebbe andato neanche lontanamente vicino a questo risultato nell'arco di tempo che è passato da quando la terra si è solidificata [...]. Mi sembra che l'affermazione più chiara che si possa fare sulla struttura logica di questa facoltà - la più libera da ogni ambiguità - sia il dire che l'uomo ha un certo Intuito [...] degli elementi generali della natura, non abbastanza forte da aver sempre ragione, ma abbastanza forte da non essere sempre in errore. [...] Assomiglia all'istinto anche per la poca frequenza dei suoi errori; infatti anche se il più delle volte non ha ragione e si sbaglia, la relativa frequenza in cui si trova ad aver ragione è una delle cose più stupefacenti della nostra costituzione.» (Peirce C. A[2005], p. 552).

<sup>175</sup> Frase tratta da: Gargantini M. A[1991], p. 156.

rappresentano degli indizi importanti per orientarlo in una direzione rispetto ad un'altra nell'atto di concepire e in seguito formulare la legge stessa.

Anche l'immaginazione (come avevamo già avuto modo di esporre nel paragrafo *Il modello*) costituisce un'utile risorsa allo scopo di creare nuove ipotesi esplicative dei fenomeni:

«L'elaborazione di un modello immaginario, [che è] la procedura principale di cui si avvale la scienza fisico-matematica per poter indagare le leggi della natura materiale, [...] diviene quindi il fondamento delle ipotesi che si formulano per spiegare la natura delle cose materiali.»<sup>176</sup>

Da quanto appena esposto consegue anche un'importante considerazione: le ipotesi e la correttezza di esse non sono direttamente osservabili ma hanno bisogno della mediazione del modello (questo aspetto, data la sua importanza, sarà ripreso anche nelle conclusioni). Inoltre esse non sono univocamente determinate, come avevamo già evidenziato parlando della logica e delle conseguenze dei teoremi di Gödel<sup>177</sup>.

Per sviscerare in cosa consiste la dimensione creativa ci sembra anche utile attingere all'esperienza di ricerca scientifica raccontata direttamente da scienziati autorevoli come Einstein e Heisenberg. I testi che abbiamo selezionato ci sembra testimonino con efficacia la modalità attraverso cui scaturiscono nuove idee nell'atto di investigare i fenomeni:

«Avevo ora i risultati finali [...]; non dubitavo più, adesso, della coerenza e della validità matematica della meccanica quantistica di nuovo tipo che i miei calcoli prospettavano. La mia prima reazione fu di sgomento: ebbi l'impressione di osservare, oltre la superficie dei fenomeni atomici, un livello più interno di misteriosa bellezza. Il pensiero che ora mi sarebbe toccato di indagare più a fondo questo mondo matematico mi dava le vertigini. Ero troppo emozionato per andare a dormire e così uscii che appena albeggiava e mi arrampicai su un picco roccioso a strapiombo sul mare che da parecchi giorni desideravo scalare.»<sup>178</sup>

L'aspetto messo in evidenza da Heisenberg è che lo scienziato, di fronte ad un atto di creatività personale, si stupisce egli stesso della scoperta compiuta, come se non la possedesse o non fosse ascrivibile completamente ad un proprio impegno. E' con lo

---

<sup>176</sup> Manara C. F. P[2006], p. 11.

<sup>177</sup> Si veda il paragrafo 1.2.2 di questo capitolo.

<sup>178</sup> Heisenberg W. A[1984], p. 72.



stesso stupore, generato oltretutto dall'osservazione di un fatto consueto, che Einstein descrive come è stato ispirato a formulare la teoria della relatività generale:

«Stavo seduto in poltrona nell'Ufficio Brevetti a Berna quando all'improvviso mi ritrovai a pensare: "Se una persona cade liberamente, non avverte il proprio peso". Rimasi stupefatto. Questo pensiero, così semplice, mi colpì profondamente e ne venni sospinto verso una teoria della gravitazione.»<sup>179</sup>

Riguardo alla tematica che stiamo trattando, Bachelard sottolinea che per ottenere una mobilità e plasticità del pensiero ed uno stato di creatività permanente occorre mantenere una tensione dinamica tra approcci teorici e sperimentali (come specificheremo meglio più avanti nel paragrafo *La conoscenza*). Questo comporta accettare il rischio di abbandonare le esperienze acquisite del reale immediato liberandosi dai principi tradizionali acquietanti e comodi da cui pure prendiamo le mosse per intraprendere nuove strade; avviando, se necessario, processi di astrazione di tipo matematico e logico sempre più radicali<sup>180</sup>:

«La dialettica del razionale e dello sperimentale provoca dei rovesciamenti continui, rendono assolutamente vane le descrizioni fornite dalle prime indagini, del tutto instabili le prime costruzioni di concetti.»<sup>181</sup>

Perché questo avvenga, occorre però non bruciare le tappe e arrivare gradualmente alla conquista di concetti astratti senza mai dimenticare il punto di partenza costituito dalla realtà, come ci ricorda Manara:

«Partendo da certe osservazioni, si cerca di immaginare una struttura che le giustifichi; e da questa struttura immaginata si cerca di trarre il maggior numero possibile di conseguenze che si possano verificare con una successiva osservazione. Come è noto, non avviene quasi mai che queste ultime

---

<sup>179</sup> Pais A. A[1986], p. 195.

<sup>180</sup> Vinti interpretando il pensiero di Bachelard, sostiene che: «il fatto scientifico, nell'epoca della fisica e della chimica contemporanee, sia in prima istanza una creazione del pensiero, un "ciuffo di ragioni", assolutamente lontano da ogni figurazione geometrica e sensoriale. Lo scienziato di oggi non *trova* o *ritrova* più i corpuscoli della microfisica o gli elementi della chimica ma li *crea* anzitutto attraverso lo strumento razionale.» (Correale N. F[2012]). Se è vero che i corpuscoli della microfisica sono da intendersi in un modo totalmente diverso rispetto al nostro modo usuale legato alle nostre percezioni sensoriali, ci sembra un po' eccessiva questa posizione di Bachelard, in quanto, come abbiamo detto, attraverso l'esperimento si scoprono realmente i fenomeni, sebbene questo avvenga in modo assolutamente creativo, come abbiamo evidenziato.

<sup>181</sup> Bachelard G. A[1949], p. 28.

confermino in pieno le conseguenze che si traggono dalla struttura immaginata; allora questa viene ritoccata, cercando di variarla il meno possibile, per aderire meglio alla realtà che si osserva. [...] Si tratta di un continuo lavoro di ritocco e di osservazione, che spesso sfocia nell'abbandono dello schema immaginato, perché esso viene considerato non più soddisfacente per la spiegazione di tutti i fenomeni che via via vengono scoperti. È stato questo, per esempio, il caso del modello dell'atomo di Bohr, che ha dovuto essere abbandonato perché insufficiente a spiegare i fenomeni nuovi che si scoprivano. Tuttavia spesso la costruzione di una nuova teoria viene fatta ancora seguendo lo schema che abbiamo presentato, cioè immaginando altre strutture materiali, non direttamente osservabili, che permettono tuttavia di esprimere certe relazioni quantitative che traducono le ipotesi e di dedurre conseguenze osservabili.»<sup>182</sup>

Perciò, per riassumere, i processi teorici di astrazione non scaturiscono dalla semplice osservazione del fenomeno: esiste senza dubbio un salto di discontinuità; tanto è vero che la teoria non descrive semplicemente, ma spiega. Oltretutto, nota Manara, anche la comprensione del fenomeno, possibile grazie al modello teorico, si modifica nel tempo, al punto che talvolta occorre adottare un nuovo modello teorico non riconducibile al precedente; il che vuol dire che anche fra modelli teorici successivi si constata la presenza di una discontinuità. Questi aspetti saranno approfonditi meglio nel successivo paragrafo.

#### **1.4.2 La storia delle scienze**

Abbiamo appena visto che quando la ragione si mette potentemente in moto escogitando nuove strategie alla ricerca della risoluzione di un problema, può avvenire la creazione di una teoria completamente nuova non riconducibile alla precedente. Questo fatto rende evidente che lo sviluppo della conoscenza scientifica si snoda su un piano che non riguarda semplicemente la verità o falsità delle teorie dimostrate, come invece riteneva Popper, ma anche il processo della loro creazione, che egli invece, come abbiamo visto, confinava nell'irrazionale. Se poi prendiamo in considerazione la storia delle scienze, analogamente (anche se non identicamente) a quanto si evidenzia a livello soggettivo, si riscontra che la conoscenza scientifica in senso globale procede nel tempo in modo discontinuo, per "salti". Questo aspetto viene messo in evidenza anche da autori di impostazione relativista come Kuhn, che per questo motivo giungono alla conclusione che le teorie scientifiche siano tra loro incommensurabili e che non si possa

---

<sup>182</sup> Manara C. F. P[2006], p. 13.

interpretare la storia delle scienze in un senso evolutivo (come abbiamo già rilevato all'inizio di questo capitolo) <sup>183</sup>. L'interpretazione data da Bachelard è del tutto differente. Egli concepisce, infatti, il progresso in modo ricorsivo e perciò non lineare:

«La storia ricorrente di Bachelard non utilizza il concetto positivista di progresso come accumulo di risultati perché indica una storia che nasce non dalla registrazione degli atti delle Accademie ma da giudizi di valore, è un tessuto di giudizi sul valore del pensiero e delle scoperte scientifiche.» <sup>184</sup>

In questa prospettiva (che a parer nostro è più lungimirante rispetto a quella di Kuhn perché tiene conto di più aspetti) notiamo che appare del tutto naturale che si rivalutino categorie di pensiero del passato trascurate in tempi più recenti. Questo è quello che si riscontra, per esempio, a proposito della teoria della relatività di Einstein, la quale recupera categorie concettuali aristoteliche non prese in considerazione dalla teoria meccanicistica di Newton <sup>185</sup>.

Afferma Bachelard:

«La storia delle scienze per lo meno è un tessuto di giudizi impliciti sul valore del pensiero e delle scoperte scientifiche. Lo storico delle scienze che chiaramente spieghi il valore di ogni nuovo pensiero, ci aiuta a capire la storia delle scienze. Insomma la storia delle scienze è essenzialmente una storia giudicata, giudicata nei dettagli della sua trama, secondo un senso sempre più affinato dei valori di verità.» <sup>186</sup>

I “valori di verità” emergono nonostante l'evoluzione scientifica non sia continua a causa della presenza di errori e stasi, che però non rappresentano un ostacolo perentorio e definitivo; al contrario, se giudicati, possono costituire una risorsa indispensabile per il progredire della conoscenza umana:

---

<sup>183</sup> Per approfondimenti riguardo a questi aspetti rimandiamo alla lettura dell'allegato: *La conoscenza e la storia scientifica* per i relativisti.

<sup>184</sup> Bonicalzi F. R[1998], p. 9.

<sup>185</sup> Risulta anche più significativo questo esempio se pensiamo che una delle obiezioni dei relativisti, che rifiutano il progresso scientifico e credono nell'incommensurabilità tra teorie successive, è proprio la constatazione della presenza di antichi paradigmi nelle nuove teorie, che nelle precedenti non erano invece considerati, come risulta evidente per esempio dal seguente brano: «Non riesco a vedere nella loro successione nessuna direzione coerente di uno sviluppo ontologico. Al contrario, sotto alcuni aspetti importanti, anche se non sotto tutti gli aspetti, la teoria generale della relatività di Einstein è più vicina alla teoria aristotelica, di quanto l'una o l'altra delle due sia vicina alla teoria di Newton.» (Kuhn T. A[1969], p. 247).

<sup>186</sup> Bachelard G., *L'attualità della storia delle scienze*, trad. it. in: Bonicalzi F. A[1982], pp.161-173.

«Si tratta di mostrare l'operare di una storia giudicata, di una storia che ha il dovere di distinguere l'errore dalla verità, l'inerte e l'attivo, il nocivo e il fecondo [...]. Si può sorridere forse del dogmatismo di un filosofo razionalista che scrive un "per sempre" a proposito di una verità scolastica. Ma ci sono concetti così indispensabili in una cultura scientifica che non si concepisce di poter essere condotti ad abbandonarli [...]. La ragione ha dei temi fedeli. Distingue molto bene le nozioni che impegnano un avvenire del pensiero e le nozioni che sono pegni d'avvenire per la cultura.»<sup>187</sup>

Secondo Bachelard i valori di verità e di razionalità conquistati nel tempo vanno seguiti lungo tutto il percorso della loro creazione, altrimenti diventerebbero dei fatti immobilizzatori dentro e fuori di noi. Da qui la necessità di acquisire la consapevolezza della loro riorganizzazione continua, in base a un continuo processo di rettifica (come emergeva anche nel precedente paragrafo):

«Di un'idea vera, che si è compresa come vera, non si può fare un'idea falsa. La temporalità della scienza è una crescita del numero delle verità, un approfondimento della coerenza tra verità. La storia della scienza è la storia di questa crescita e di questo approfondimento [...]. La storia delle scienze è essenzialmente una storia giudicata, giudicata nei dettagli della sua trama, secondo un senso sempre più affinato dei valori di verità [...]. Si possono stimare bene i valori solo quando si conoscono i valori dominanti, cioè quelli che nel pensiero scientifico sono attualizzati nell'oggi [...]. Se cioè c'è trasmissione di verità nel corso della storia delle scienze, c'è anche sempre una certa permanenza dell'errore.»<sup>188</sup>

Poiché il pensiero scientifico è l'esito di errori rettificati, per Bachelard

«è in termini di ostacoli che bisogna porre il problema della conoscenza scientifica. E non si tratta di considerare ostacoli esterni, come la complessità e la fugacità dei fenomeni, oppure di incolpare la debolezza dei sensi e dello spirito umano, perché è all'interno dell'atto stesso del conoscere che, per una specie di necessità funzionale, appaiono lentezze e confusioni. E' qui che mostreremo alcune cause di stagnazione e persino di regresso della scienza; qui ne riveliemo le cause di inerzia; e tutte queste cause le chiameremo ostacoli epistemologici.»<sup>189</sup>

---

<sup>187</sup> Bachelard G. A[1951b], pp. 21-49.

<sup>188</sup> Bachelard G. A[1951a].

<sup>189</sup> Bachelard G. A[1938], p. 11.

«L'esperienza immediata può fare ostacolo alla conoscenza dell'esperienza scientifica [...]. Così la storia delle scienze se è riflessione sui valori del progresso e sulle resistenze degli ostacoli epistemologici, ci consegna veramente l'uomo integrale.»<sup>190</sup>

Anche Agazzi, come Bachelard, è profondamente convinto dell'importanza della dimensione storica come costitutiva della ricerca della verità:

«Le "vecchie verità" sono realmente conservate nella scienza moderna "sotto una nuova luce", esse vi ricevono un "nuovo significato" e, per così dire, vengono di nuovo inverte [..]. Le vecchie verità vengono "ricapitolate" non nel senso banale di essere riprese in modo abbreviato, bensì in quello più ricco in cui il ricapitolare viene anche chiamato "ri-assumere", ossia un assumere nuovamente.»<sup>191</sup>

Questo approccio, afferma Pavone,

«ci induce ad abbandonare quell'orgoglio in base al quale, dal piedistallo del presente, riteniamo di poter spazzare via le conoscenze del passato, o, tutt'al più, di doverle conservare come curiosità erudita. Nel contempo il valore ricapitolativo del vero dà anche senso all'impresa conoscitiva attuale, attraverso la fiducia che non sarà spazzata via con l'avvento del nuovo paradigma scientifico.»<sup>192</sup>

I modelli teorici si evolvono molto spesso nel senso di una progressiva capacità di spiegare in modo sempre più ampio e generale tutta una serie di fenomeni che prima erano considerati del tutto scorrelati fra loro:

«Possiamo pensare alla vecchia teoria come a un modello gerarchico di livello inferiore rispetto a quello nuovo, un modello che si applica solo in una situazione più particolare, ma che in una tale situazione può essere anche più conveniente del nuovo, grazie alla sua maggiore semplicità.»<sup>193</sup>

Questa generalizzazione e sintesi avviene in stretta correlazione anche allo sviluppo tecnologico che offre nuove possibilità sperimentali su scale di osservazioni sempre più ampie. A questo riguardo riportiamo la descrizione molto succinta di due casi

---

<sup>190</sup> Bachelard G. A[1951a].

<sup>191</sup> Agazzi E. B[1999].

<sup>192</sup> Pavone G. O[1999], p. 48.

<sup>193</sup> Prosperi G. M. P[2000], p.13.

emblematici e significativi in cui è avvenuto questo processo. Il primo riguarda i fenomeni di attrazione fra corpi dotati di una certa massa:

«La teoria della relatività ha di certo superato la meccanica newtoniana, ma questa non è diventata falsa sotto ogni aspetto. Al contrario, ha conservato la sua validità in alcuni ambiti particolari della realtà. La meccanica newtoniana è ancora usata per progettare un satellite o una sonda spaziale. E' vero che i suoi risultati si sono dimostrati inesatti, ma vi sono porzioni di realtà in cui essa rimane vera. La teoria della relatività ha così contribuito a determinare con maggior precisione il dominio di applicazione in cui la fisica di Newton rimane vera, di una verità parziale ma autentica [...]. La stessa cosa accade per le geometrie non-euclidee rispetto a quella tradizionale. [Le conoscenze], pur essendo limitate e condizionate storicamente, costituiscono [...] una captazione della realtà.»<sup>194</sup>

Il secondo caso che prendiamo in considerazione riguarda l'estensione della teoria corpuscolare anche ai fenomeni luminosi e, viceversa, l'adozione della teoria ondulatoria anche per i corpuscoli:

«Dal momento che si comprende che esiste una diffrazione elettronica come esiste una diffrazione luminosa, si deve pensare che il tema della diffrazione luminosa debba essere rivisto [...]. Infatti la scienza puramente ondulatoria del fotone, la meccanica ondulatoria del fotone (nuova versione) si è paradossalmente trovata in ritardo sulla meccanica ondulatoria dell'elettrone [...]. Le ricerche di Louis de Broglie sulla teoria della luce tendono proprio ad eliminare questo paradosso storico. Così la teoria della luce da ondulatoria (antica versione), divenuta corpuscolare (nella versione del fotone), deve fare uno sforzo ulteriore per divenire ondulatoria (nuova versione). Non c'è prova migliore che la sintesi scientifica è una sintesi trasformante. Prima di questa associazione, prima di questa sintesi, Einstein aveva certamente visto la necessità di definire un quanto di irraggiamento, presto chiamato fotone, per spiegare i fenomeni fotoelettrici, ma la sintesi delle ipotesi corpuscolari e ondulatorie non era ancora stata sospettata nella sua generalità. Nessuna ragione storica spingeva la scienza sulla via di tale sintesi. Solo una specie di aspirazione all'estetica delle ipotesi poteva aprire la duplice prospettiva di idee che caratterizza la meccanica fondata da Louis de Broglie. Proprio il fatto di applicare dei temi ondulatori non solo alla luce, ma anche alla materia ha spostato il problema e ha allargato il dibattito.»<sup>195</sup>

Concludiamo questo paragrafo sintetizzando gli elementi principali emersi. La storia della scienza costituisce il banco di prova esperienziale che consente di prendere coscienza di un fenomeno (la scienza, appunto) seguendone lo sviluppo conoscitivo nel

---

<sup>194</sup> Pavone G. O[1999], pp. 47-48.

<sup>195</sup> Bachelard G. A[1951b], p. 48.

corso del tempo. Essa non va intesa semplicemente come una registrazione di fatti e constatazioni, secondo una certa tendenza empirista; piuttosto si configura come un racconto della progressiva crescita dei legami razionali e della coerenza nell'ambito di precisi quadri teorici che nel tempo si trasformano, si evolvono, si completano e si arricchiscono. Solo così, attraverso la riflessione riguardo alle conquiste del pensiero razionale e matematico, diventa possibile cogliere la loro portata e la loro ricaduta sul presente. Infine, un ultimo aspetto che riteniamo particolarmente significativo, rilevato da Bonicalzi, è che

«il razionalismo di Bachelard, proprio perché impegnato con la realtà, [...] pretende descrivere un movimento globale in cui la conoscenza scientifica non può essere interrogata se non in rapporto ad una domanda radicale sul funzionamento della ragione.»<sup>196</sup>

## 1.5 La conoscenza

Ora che abbiamo esposto gli aspetti principali indispensabili per una corretta valutazione dell'attività scientifica (esperimento e modello, complessità, coinvolgimento personale dello scienziato, storia delle scienze) e prima ancora presentato le tendenze culturali che mettono in discussione la portata conoscitiva del metodo scientifico a seguito della riduzione della ragione e della realtà, traendo le fila del discorso, possiamo rispondere con cognizione di causa al quesito che ci siamo posti all'inizio e che di nuovo riportiamo: "Su cosa si può fondare la conoscenza affinché essa possa qualificarsi come certa, oggettiva e universale?"

Per rispondere a questa domanda ci avvaliamo anche in questo caso del contributo degli epistemologi menzionati all'inizio di questo capitolo, sintetizzando in parte anche i contenuti dei precedenti paragrafi.

### 1.5.1 L'interazione tra soggetto e oggetto

Abbiamo più volte notato come la concezione che si è affermata a partire da Cartesio – secondo cui soggetto e oggetto, mente e materia, pensiero ed esperienza vengono

---

<sup>196</sup> Bonicalzi F. R[1998], p. 13 .

considerati separatamente – ha causato un impoverimento sia della ragione che della realtà.

In particolare l'adozione di questo approccio non permette né di spiegare né di giustificare come possa avvenire il processo conoscitivo. Infatti, se si tenta di operare artificialmente una cesura tra i due termini in gioco dimenticando che essi sono, invece, correlati e integrati fra loro, non rispettandone perciò la loro intima e vera natura, si hanno degli effetti deleteri che si ripercuotono sul modo di concepire la conoscenza. A dimostrazione del fatto che l'uomo intuisca naturalmente che il suo rapporto con la realtà è strutturalmente costitutivo, mi sembra significativo segnalare che la parola *ragione* (che deriva dal verbo “reor”, che significa “intrigarsi con la realtà”), con molte probabilità, ha la stessa radice etimologica della parola *realtà* (“res”)<sup>197</sup>.

Con queste parole Bachelard descrive cosa avviene quando il soggetto assume questo atteggiamento originario di apertura nei confronti della realtà nel momento in cui viene investigato un fenomeno<sup>198</sup>:

«Una scoperta oggettiva è immediatamente una rettificazione soggettiva. Se l'oggetto mi istruisce io mi modifico. Il profitto principale che io richiedo a un oggetto è una modifica spirituale. Una volta realizzata la psicoanalisi del pragmatismo, io voglio sapere per poter sapere, mai per *utilizzare*. Viceversa, infatti, se grazie a uno sforzo autonomo sono riuscito ad ottenere una modifica psicologica [...], forte di questa modifica essenziale torno verso l'oggetto e costringo esperienza e tecnica a illustrare e a realizzare la modifica già realizzata psicologicamente. E' chiaro che il mondo spesso resiste, resiste sempre, e lo sforzo matematico deve allora riprendersi, rendersi più flessibile, rettificarsi. Ma si rettifica arricchendosi. Improvvisamente, l'efficacia dello sforzo matematico è tale che il reale si cristallizza lungo gli assi offerti dal pensiero umano: allora si producono dei fenomeni nuovi [...]. Questa *realizzazione* fenomenologica si è prodotta in un punto preciso della maturazione matematica e tecnica.»<sup>199</sup>

La rettificazione del soggetto di cui parla Bachelard (come è già emerso in precedenza) è resa possibile in forza del continuo paragone con la realtà del fenomeno, che si modifica a propria volta. Potremmo dire che la realtà assume un significato educativo nel senso etimologico del termine, in quanto essa consente di “tirar fuori” il meglio dal

---

<sup>197</sup> Per questa precisazione e chiarimenti ulteriori sull'etimologia della parola ragione si può vedere: Rigotti E. E[2009], pp. 114-116.

<sup>198</sup> Si veda il paragrafo precedente (1.4.2) *La storia delle scienze*.

<sup>199</sup> Bachelard G. A[1938], p. 295.



soggetto attraverso un processo di metamorfosi che egli “subisce”, “patisce” (perché richiede anche fatica e impegno), ma che accetta in vista della soddisfazione e appagamento del proprio desiderio conoscitivo.

In questa prospettiva, pienamente realista, Polanyi osserva che la possibilità di conoscere non può che scaturire da questo:

«Se crediamo nella presenza di una realtà esterna con cui possiamo entrare in contatto.»<sup>200</sup>

Polanyi sottolinea come, nell'atto conoscitivo ci troviamo in presenza di due termini indefinibili e inesauribili: la realtà da un lato, perché «vedere un problema è vedere qualcosa di nascosto che può essere tuttavia accessibile [...]. La conoscenza è un'attività che sarebbe meglio descritta come un processo di conoscenza»<sup>201</sup> (laddove, oltretutto, egli individua una caratteristica importante della conoscenza, che è appunto quella di essere un processo) e la persona dall'altro, che è in grado di cogliere sempre nuovi aspetti mai interamente spiegabili in maniera discorsiva. Questo giustifica, tra l'altro, il fatto che per insegnare una qualunque teoria o legge o concetto scientifico sia necessario ricorrere ad un meta-linguaggio, ossia il linguaggio comune. Anche quest'ultimo, tuttavia, possiede un limite intrinseco riguardo alla sua effettiva capacità di esplicitare tutti gli aspetti in gioco in quanto esiste sempre e comunque un *quid* che sfugge alla comunicazione linguistica. Infatti secondo Polanyi «tutta la conoscenza è fondamentalmente tacita. [Infatti essa] può includere assai più di quanto possa esprimere [...]. Questa concezione della conoscenza [...] accredita la capacità dell'uomo di acquistare conoscenza anche se egli non può specificare le basi della sua conoscenza, ed accetta che questa conoscenza è esercitata in un quadro dato accidentalmente che è largamente inspecificabile»<sup>202</sup>. Per questo motivo «la

---

<sup>200</sup> Polanyi M. A[1988], p.170. In un altro testo, in modo ancora più esauriente Polanyi scrive: «La ricerca di uno scienziato presuppone l'esistenza di una realtà esterna [...]. Quando la scoperta giunge a realizzazione, la sua validità è sostenuta da una visione della realtà che punta ancora oltre essa.» (A Polanyi M., [1966], p. 144). In un altro passo ancora sempre Polanyi scrive: «Mi dichiaro impegnato nella fede in una realtà esterna gradualmente accessibile alla conoscenza, e considero tutta la conoscenza vera come un'intimazione di tale realtà.» (Polanyi M., A[1988], p. 188).

<sup>201</sup> Polanyi M. A[1988], p. 168.

<sup>202</sup> Polanyi M. A[1988], p. 171.

formalizzazione della conoscenza tacita espande immensamente i poteri della mente, creando un meccanismo di pensiero preciso, ma apre anche nuove vie.»<sup>203</sup>

Un altro elemento che abbiamo messo in evidenza e che ci sembra opportuno riprendere ora, è che l'atteggiamento di apertura costitutivo della ragione di cui stiamo parlando ha a che fare con la sua peculiare caratteristica di essere *intenzionale*, cioè naturalmente predisposta a cogliere gli aspetti significativi della realtà. Tali aspetti non vengono né meccanicamente, né superficialmente e, talvolta, neppure immediatamente percepiti, in quanto richiedono di essere considerati con attenzione, oserei dire contemplati, nel senso di essere visti profondamente.

Infine un aspetto importante che abbiamo precedentemente notato (nel paragrafo 1.4.1) è che l'implicazione affettiva, sentimentale ed emotiva non interferisce con la ragione; tutt'altro: la potenzia, favorendo, dunque non ostacolando, la conoscenza. Certamente, perché questo avvenga, occorre anche mantenere un sano equilibrio, ma resta valido il principio. Scrive Musso a questo proposito:

«La ragione conosce una cosa e da qui nasce un sentimento, che potenzia la ragione, la quale conosce meglio il suo oggetto e in base a tale nuova conoscenza “mette meglio a fuoco” il sentimento, che la potenzia ulteriormente, ecc.»<sup>204</sup>

e prosegue:

«Qualsiasi atto umano cosciente è *compenetrato di ragione*»<sup>205</sup>

Il che significa che, in effetti, la ragione non può essere ridotta a logica anche perché la sfera affettiva è assolutamente integrata con quella razionale, per lo meno in situazioni non patologiche. Forse val la pena notare che anche questa errata concezione, tuttora molto diffusa, di ritenere radicalmente separate la ragione e il sentimento, deriva sempre da una mentalità cartesiana estremamente pervasiva. Soprattutto tale mentalità, considerando un aspetto che tocca da vicino quanto stiamo trattando, si esprime nel considerare l'indagine scientifica come un'attività esclusivamente di tipo razionale, quando invece richiede anche un impegno etico:

---

<sup>203</sup> Polanyi M. A[1988], p.193.

<sup>204</sup> Musso P. A[2011], p. 537

<sup>205</sup> Ibidem.

«Perfino il metodo scientifico [...] quando viene applicato al mondo reale non può fare del tutto a meno del metodo della certezza morale e quindi dell'impegno di *tutta* la nostra persona. [...] La moralità, cioè la *tensione al vero*, "l'amare la verità più di se stessi", è *sempre* necessaria nella dinamica della conoscenza.»<sup>206</sup>

Un'ultima cosa che ci sembra importante evidenziare, anche se non verrà approfondita ora (sarà meglio sviluppata nel terzo capitolo considerando le implicazioni didattiche), è che in effetti la conoscenza non avviene solo in virtù del rapporto tra soggetto e oggetto, ma anche nell'ambito di una dimensione intersoggettiva, all'interno di una comunità scientifica, come spiega bene Musso:

«E' però necessario superare una volta per tutte il dualismo metafisico di stampo cartesiano a favore di un *pluralismo organico*, caratterizzato da *gradi e livelli diversi di intersoggettività*, in cui anima e corpo, ragione e sentimento, oggettività e soggettività, non siano più separati, ma *coesistano armonicamente*. Non è infatti possibile parlare di conoscenza senza ammettere che essa possieda almeno un certo grado, per quanto limitato, di intersoggettività, cioè di possibilità di essere comunicata ad altri e da essi indipendentemente verificata.»<sup>207</sup>

### 1.5.2 L'interazione tra processi di analisi e di sintesi

Abbiamo detto che il soggetto per conoscere un fenomeno approfonditamente, anche se non definitivamente, non può prescindere da una costante tensione e attrattiva verso di esso, che si esprime nell'atto di cercare risposte alle domande da esso suscitate.

Secondo la visione prospettata da Bachelard la dinamica conoscitiva si sviluppa in un reciproco scambio senza posa tra l'empirista (che osserva, misura, analizza) e il razionalista (che sintetizza e imposta matematicamente i problemi). L'analisi e la sintesi sono infatti processi che si devono completare a vicenda:

---

<sup>206</sup> Musso P. A[2011], p. 539.

<sup>207</sup> Musso P. A[2011], p. 534.

«Se si compiono esercizi nei due sensi, si eviterà che lo spirito si compiaccia di una procedura preferita che verrà subito valorizzata. Si correggerà così, in particolare, la tendenza al riposo intellettuale data dalla pratica dell'intuizione e si svilupperà l'abitudine del pensiero discorsivo.»<sup>208</sup>

E' in questa prospettiva che Bachelard critica le due posizioni opposte empiriste-positiviste e razionalista-idealista. Egli afferma che la prima tendenza, che possiamo chiamare intuitiva o del senso comune, potrebbe indurre ad un pragmatismo, un pluralismo sbriciolato che porterebbe ad uno scetticismo sui valori di verità. La seconda tendenza – formale, razionalista – comporta il rischio di una sclerotizzazione dogmatica nei propri schemi di pensiero sempre uguali a se stessi e ritenuti intoccabili (come anche Lo Nostro aveva messo in evidenza<sup>209</sup>). Tuttavia coglie la possibilità di superare ogni forma di dualismo attraverso un uso della ragione molto versatile. Conservare una dialettica dinamica e costruttiva tra i due poli, cioè un reciproco scambio e cooperazione tra di essi, consente al soggetto di conquistare continuamente nuovi punti di vista, nuovi metodi, nuovi approcci che progressivamente, ma incessantemente, lo protendono verso il fine di una razionalità compiuta:

«L'esperienza si divide. La semplicità cambia campo [...]. La forma elementare si rivela polimorfa e cangiante [...]. Cosa bisogna sacrificare? La nostre grossolane sicurezze pragmatiche o le nuove conoscenze aleatorie e inutili? Nessuna esitazione: bisogna andare dalla parte in cui si pensa maggiormente, in cui si sperimenta più artificialmente, in cui le idee sono meno vischiose, in cui la ragione ama essere in pericolo. Se in un'esperienza non si mette in gioco la propria ragione, quell'esperienza non vale la pena di essere tentata.»<sup>210</sup>

Esso comporta un capovolgimento del proprio punto di vista circolarmente, adottando prima un metodo induttivo poi deduttivo e viceversa, apprendendo dall'esperienza e astruendo da essa.

### 1.5.3 L'interazione tra l'esperimento e il modello

---

<sup>208</sup> Bachelard G. A[1938], p. 281.

<sup>209</sup> Si veda la citazione riportata alla fine del paragrafo 1.3.2.

<sup>210</sup> Bachelard G. A[1972], p. 28.

In una fase matura, che implica il superamento della pura e semplice osservazione o astrazione più immediata, la dialettica tra processi di analisi e di sintesi si gioca tra approccio teorico matematico e sperimentale (a cui si accennava anche nella prima citazione di Bachelard di questo paragrafo):

«Ogni coscienza di cultura si sviluppa in un intimo dialogo fra l'empirista e il razionalista, [...] cooperazione dei servitori della dimostrazione [...] in cui teoria e tecnica scambiano i loro insegnamenti.»<sup>211</sup>

Solo in questo modo, «ricavando la legge dalla forma empirica»<sup>212</sup> e viceversa, quando si ha la capacità di «ricostruire la forma pura basandosi sulla legge»<sup>213</sup>, i problemi possono essere dominati. Attraverso il controllo offerto dall'esperimento, curato rigorosamente nei suoi aspetti tecnico-progettuali, la ragione vaglia e rettifica le ipotesi desunte dalle osservazioni sperimentali, superando quanto suggerito dall'intuito in un processo di astrazione in cui la matematica raggiunge livelli espressivi inimmaginabili da Galileo.

La matematica non possiede solo un valore convenzionale in quanto consente di comprendere, non solo di descrivere (come abbiamo ricordato più volte), i fenomeni presi in esame:

«Per non pochi autori la matematica non spiega affatto i fenomeni [...]. Contro questa teoria, crediamo invece personalmente che il pensiero matematico costituisca la base della spiegazione fisica e che le condizioni del pensiero astratto siano ormai inseparabili dalle condizioni dell'esperienza scientifica.»<sup>214</sup>

Sempre in quest'ottica, Manara ribadisce:

«La costruzione di un modello permette di verificare, di convalidare e di sottoporre a critica le conoscenze che si credono possedute in forza di certe teorie; e a sua volta l'esistenza di un modello stimola la costruzione di una teoria che conduca a un possesso più profondo della realtà che si sta indagando.»<sup>215</sup>

---

<sup>211</sup> Bachelard G., A[1949], p. 45-47.

<sup>212</sup> Bachelard G. A[1938], p. 280.

<sup>213</sup> Ibidem.

<sup>214</sup> Bachelard G. A[1938], p. 274.

<sup>215</sup> Manara C. F. P[2006], p. 10.

### 1.5.4 La corrispondenza con la realtà

Finora abbiamo mostrato quali sono le condizioni che consentono di conoscere un fenomeno evitando la riduzione della ragione e della realtà, attraverso l'approfondimento di cosa consiste l'interazione tra soggetto e oggetto e tra approcci sia analitici e sintetici che teorici e sperimentali. Vediamo ora quali sono le caratteristiche della conoscenza scientifica sviluppando le conseguenze di questo approccio.

Prima di tutto tale conoscenza ha la caratteristica di rispondere alla nostra naturale esigenza di verità<sup>216</sup>.

Constatate che esiste tale «corrispondenza tra quello che noi troviamo nella realtà attraverso la scoperta e quello che ci immaginiamo, costruiamo con la mente [...] [è] l'elemento più esaltante, più entusiasmante della scoperta scientifica»<sup>217</sup>. Infatti, come scrisse Einstein soffermandosi a riflettere stupito su questo fatto, «quello che c'è, nel mondo, di eternamente incomprensibile, è che esso sia comprensibile»<sup>218</sup>.

Sostanzialmente questa idea di corrispondenza ricalca quella di San Tommaso riassumibile con la celebre frase: «*Veritas est adaequatio rei et intellectus*». Nota Musso a questo proposito:

«Il termine chiave è “adaequatio” che non esprime semplicemente l'idea di una corrispondenza “uno a uno” (e quindi in definitiva meccanica) tra pensiero e realtà: la “adeguatezza” infatti è un concetto più plastico e flessibile, che può anche non essere totale, si può raggiungere per gradi e soprattutto ammette anche altri punti di vista.»<sup>219</sup>

---

<sup>216</sup> In questi passi che riportiamo, scrive Polanyi a questo proposito: «Accetto l'obbligazione a cercare la verità attraverso le mie proprie intimazioni di realtà.» (Polanyi M. A[1988], p. 188). «Conoscere è oggettivo nel senso che stabilisce il contatto con la realtà nascosta; un contatto che viene definito come la condizione per anticipare un ambito indeterminato di implicazioni vere e ancora ignote (e forse perfino inconcepibili)» (Polanyi M. A[1990], p. 70). «La ricerca è condotta in questi termini dall'inizio e quindi procede cercando di giungere ad una verità nascosta verso cui i nostri indizi puntano.» (Polanyi M. A[1966], p. 144). Anche un brano di Peirce ci sembra molto calzante: «Possiamo definire il reale come ciò i cui caratteri sono indipendenti da quello che chiunque può pensare che essi siano [...]. Menti diverse possono partire da punti di vista anche i più antagonistici, ma il progresso dell'indagine le porterà, in virtù di una forza esterna a loro stessi, ad un'unica stessa conclusione [...]. Questa grande legge è incarnata nella concezione della verità e della realtà. L'opinione il cui fato [circostanza inevitabile] è che da ultimo si trovino d'accordo su di essa tutti coloro che indagano, è ciò che intendiamo per verità, e l'oggetto rappresentato in quest'opinione è il reale.» (Peirce C. A[2005], pp. 222-224).

<sup>217</sup> Traini M. C. U[2010], p.42.

<sup>218</sup> Einstein A. B[1936].

<sup>219</sup> Musso P. A[2011], nella nota 65 di p. 209.

Dove si nota che nuovamente emerge l'aspetto già considerato della conoscenza intesa in senso sistemico in base all'approccio da noi definito "pluralismo realista".

In questa prospettiva esistono, infatti, diversi livelli diversi di profondità. Addentrarsi nello studio di ognuno di essi significa prendere in considerazione gli specifici aspetti che lo caratterizzano, avendo implicitamente presente il livello successivo e seguente – definiti da Polanyi "indizi marginali" – che ci aiutano a collocare nella giusta prospettiva unitaria gli elementi in gioco, evitando l'errore di confondere la conoscenza del fenomeno con la conoscenza puramente quantitativa delle parti che lo costituiscono. Nel brano seguente Polanyi descrive proprio i tipi di indizi che entrano in gioco nell'atto conoscitivo:

«Abbiamo due tipi di indizi: quelli subliminali (cioè quelli che consentono la percezione, per esempio la contrazione dei muscoli oculari) e quelli marginali (rispetto all'oggetto di studio [...]). La mia consapevolezza di ambedue i tipi di indizi è sussidiaria rispetto alla mia consapevolezza focale dell'oggetto.»<sup>220</sup>

### 1.5.5 La conoscenza certa e definitiva

Sempre nell'ottica di un approfondimento dell'approccio sistemico, possiamo ora esaminare un'ulteriore caratteristica della conoscenza specificando in quale senso debba essere intesa come certa e definitiva, nonostante si constati che le teorie scientifiche continuano a cambiare interpretando gli stessi fenomeni in modo anche completamente diverso. Agazzi in questo brano specifica con chiarezza cosa si debba intendere per *definitivo e certo*:

«Se relativo viene inteso come relativo unicamente al soggetto e assoluto viene inteso come valido indipendentemente dal soggetto, sono disposto ad affermare che la verità, in questo senso, è assoluta e non relativa, ossia – con un'espressione di suono paradossale – sono disposto ad asserire che una proposizione è assolutamente vera relativamente ai suoi oggetti [...]. In tal senso la verità è addirittura soprastorica, nel senso che, relativamente ai suoi referenti, un discorso vero rimane eternamente vero. In tal modo si riesce a conciliare un certo modo di intendere l'assolutezza della verità con la sua relatività,

---

<sup>220</sup> Polanyi M. A[1988], pp. 176-177.

senza misconoscere la capacità della scienza di raggiungere, nei suoi vari ambiti, un grado di definitività.»<sup>221</sup>

Le verità della scienza sono, dunque, sempre parziali, da un certo “*punto di vista*”, cioè quello identificato dalle procedure di misura scelte dal soggetto. In questo brano Agazzi spiega in quale senso si debba intendere che le proprietà dei fenomeni indagati dalla scienza sono scelte dal soggetto:

«Ci si potrebbe chiedere se le proprietà attribuite a questi referenti sono reali o meno, ma a questo punto dovrebbe risultare chiara la profonda ingenuità di questa domanda, dal momento che in una data scienza sono riconosciuti come oggetti soltanto quegli enti che godono di tali proprietà cosicché, per quella data scienza altro non è che l’assieme delle proprietà che operativamente gli si possono attribuire, in quanto appunto proprietà “riferite” operativamente e non soltanto “pensate” di esso [...]. Entro quest’ordine di considerazioni assume rilievo anche la portata “realista” delle applicazioni scientifiche, non nel senso grossolanamente pragmatista secondo cui il successo è la miglior garanzia della verità, ma nel senso più rigoroso, secondo cui se riusciamo ad “operare” sulla realtà lasciandoci guidare da una scienza, ciò implica che tale scienza ha colto delle proprietà effettive della realtà e che di essa ha raggiunto un’interpretazione almeno fino a un certo punto corretta.»<sup>222</sup>

Da questo brano si coglie la giusta cautela usata da Agazzi nel definirsi realista, consapevole delle possibili riduzioni in agguato se non si opera la necessaria distinzione tra l’oggetto studiato scientificamente e il contesto entro cui tale oggetto è stato “ritagliato”, il quale resta indagabile anche, come già detto, da altri punti di vista.

### 1.5.6 La previsione dei fenomeni

Dopo aver precisato in cosa consista la certezza scientifica, passiamo a considerare che cosa si intende per previsione dei fenomeni attraverso leggi generali che possono avere anche la forma di modelli matematici. La previsione diventa sempre più difficile aumentando la complessità del sistema che viene ad assumere caratteristiche non riconducibili alla somma di tutte le sue parti secondo un’impostazione classica di tipo meccanicista. Il modo di intendere il processo che conduce alla conoscenza scientifica

---

<sup>221</sup> Geymonat L., Minazzi F., Agazzi E. A[1989], p. 189.

<sup>222</sup> Agazzi E. A[1985], pp.188-189.



descritto da Agazzi e Bachelard è perfettamente in linea con l'approccio metodologico che si era imposto nella scienza naturale già a partire da Galileo. Quello che è cambiato rispetto al passato concerne una maggior consapevolezza da una parte dei condizionamenti storico-culturali che contribuiscono alla costruzione di una legge scientifica (come abbiamo già avuto modo di esporre nel paragrafo precedente) e dall'altra della complessità dei fenomeni che si esaminano (riscontrabile in larga misura grazie alle nuove tecnologie più sofisticate che si hanno a disposizione) che spesso rende necessario far uso di previsioni di tipo probabilistico o non lineare in base ad un approccio che non si conforma al meccanicismo scientifico. Tuttavia il fatto che non si possa prevedere in modo deterministico un fenomeno non significa che non sia possibile spiegarlo e comprenderlo; richiede semplicemente di abbandonare l'immagine secondo cui, fissate una volta per tutte le condizioni iniziali di spazio e di tempo, si può sapere cosa succede negli istanti successivi, cosa che implicherebbe che i fenomeni sono definibili esaurientemente attraverso meccanismi automatici privando l'uomo della necessità di una costante verifica sperimentale dei propri esiti di ricerca.

## 1.6 Conclusioni

Dalle considerazioni emerse nei precedenti paragrafi possiamo concludere che il metodo scientifico si avvale sempre, oggi come ai tempi di Galileo, di modelli grazie ai quali diventa possibile isolare e semplificare i fenomeni e individuare gli elementi ordinabili e matematizzabili in ambiti ben definiti, in base a criteri opportunamente scelti dal soggetto, che possono però essere controllati intersoggettivamente. Il prezzo da pagare per conoscere il fenomeno è dunque l'utilizzo dell'intermediazione del modello, in quanto, data la complessità dei fattori in gioco, esso non sarebbe mai investigabile nella sua interezza. In forza e in virtù dei modelli viene garantita la certezza scientifica e, di conseguenza, la conoscenza. La conoscenza certa è dunque del modello, costituito da quegli elementi che si è stabilito di considerare, trascurandone altri, i quali possono essere controllati in fase sperimentale mediante strumenti di misurazione dotati della sensibilità necessaria e definiti in partenza tenendo conto della scala di osservazione adottata. Ciononostante il modello, sebbene non rappresenti la riproduzione fedele del fenomeno che si sta considerando, mantiene una relazione analogica col fenomeno

stesso che consente, benché con un certo grado di approssimazione (che può variare da caso a caso), di riferire anche ad esso le conclusioni che se ne possono ricavare. Recidere questa corrispondenza tra il modello e il fenomeno significa perdere di fatto la possibilità di conoscere in modo certo il fenomeno stesso. Riteniamo dunque che una legge o una teoria scientifica non sia né semplicemente una descrizione del fenomeno che si intende conoscere (come una tendenza positivista indurrebbe a pensare) né abbia esclusivamente un'utilità pratica (vale a dire: la legge funziona, dà risultati quindi è corretta come intenderebbe una tendenza pragmatista). Essa, al contrario, costituisce un modo di interpretare il fenomeno spiegandolo, a patto che si tengano presente le precisazioni appena fatte.

La spiegazione teorica si avvale di strumenti matematici (funzioni, simulazioni o rappresentazioni grafiche) che possono essere anche molto sofisticati, mediante cui si può prevedere l'evoluzione temporale di quelle grandezze che si ritengono rilevanti, opportunamente correlate mediante la legge e la cui validità viene controllata in fase sperimentale. Anche quando la legge è di tipo probabilistico o non lineare, come avviene nei sistemi complessi, vengono sempre definiti quantitativamente, mediante calcoli e misurazioni, l'ambito e l'entità dell'indeterminazione delle variabili in gioco nella legge stessa<sup>223</sup>.

In questa prospettiva, modelli precedenti sono sempre validi, purché ci si ponga nelle stesse condizioni sperimentali, e possono anche essere più funzionali a determinati scopi, se, in virtù di questi ultimi, è consentita la semplificazione. Modelli successivi dello stesso fenomeno sono considerati migliori nel senso che spiegano e tengono conto di ulteriori aspetti (mediante nuove grandezze o variabili) che non sono neppure presi in considerazione da quelli precedenti, o perché gli apparati sperimentali non consentivano di rilevarli o semplicemente perché non erano stati compresi nella loro importanza (a causa di quelli che Bachelard chiama ostacoli epistemologici).

---

<sup>223</sup> Scrive Bachelard: «Ogni determinismo è parziale, individuale, regionale. Lo si coglie da un particolare punto di vista, in un ben definito ordine di grandezze, all'interno di limiti esplicitamente o tacitamente prefissati [...]. Persino il Principio di indeterminazione di Heisenberg rappresenta un particolare settore del determinismo con espressioni e leggi algebriche rigorose, in cui l'indeterminazione è codificata e si apre un campo di previsioni su ciò che affiorerà nei fenomeni realmente osservabili. Quando si è capito che il pensiero scientifico pone il determinismo in tutti i settori che studia, non ne consegue però [...] che tutto sia determinato [...]. Il ruolo del tecnico è appunto di porsi in una regione del determinismo sforzandosi di eliminare tutto ciò che potrebbe venire a disturbare il particolare determinismo della sua tecnica. Allontanerà gli elementi parassiti, dominerà le perturbazioni, eliminerà le impurità.» (Bachelard G. A[1949], pp. 249-250).

Possiamo dunque affermare che sussiste senza ombra di dubbio un progressivo ampliamento di conoscenza durante il corso della storia anche se non in modo lineare e continuo, a motivo di quei “salti” che si riscontrano.

## 1.7 Esemplificazione attraverso una scelta di articoli

Consultando la rivista *Emmeciquadro* abbiamo potuto constatare che gli aspetti che abbiamo appena approfondito, che possiamo definire di carattere culturale, sono ampiamente presenti e documentati in molti articoli della rivista, alcuni dei quali sono citati nei paragrafi precedenti. In particolare ci è parso utile procedere nel nostro lavoro di ricerca mettendo a fuoco le tematiche ricorrenti che emergono da questo punto di vista. A questo scopo abbiamo selezionato e classificato gli articoli, suddividendoli in categorie, in base all’argomento da essi trattato. Le categorie da noi scelte sono le seguenti:

- *La ragione* in cui abbiamo incluso articoli che trattano aspetti generali (che possono comprendere anche la modellizzazione e considerazioni di tipo storico) descrivendo, attraverso testimonianze di scienziati e giudizi relativi alla storia filosofica e scientifica (in particolare riguardo alle posizioni riduzioniste a partire da matrici culturali di stampo positivista, empirista, pragmatista, empirista e idealista), come si muove la ragione nell’indagine scientifica. Una ragione che è aperta a tutti i fattori della realtà e che si stupisce della bellezza e armonia insita in essa; una ragione, perciò, non ridotta a logica o a razionalità calcolante, in cui hanno posto anche l’intuizione e la creatività, nonché l’astrazione che avviene anche adottando procedimenti di tipo analogico. Gli articoli possono contenere precisazioni e approfondimenti relativi al metodo scientifico e commenti rispetto ai rischi di sua riduzione.
- *La conoscenza* in cui abbiamo incluso articoli che approfondiscono il significato di certezza scientifica in rapporto alle esigenze di verità insite nell’uomo. La conoscenza viene concepita come universale e perciò non soggettiva; unitaria e perciò non frammentaria. Non esclude la dimensione del significato, in virtù del fatto che è personale.

- *La Storia delle scienze* in cui abbiamo incluso articoli che riportano percorsi significativi di tipo storico nell'ambito delle scienze e della matematica oppure descrizioni biografiche di scienziati importanti. Precisiamo che l'aspetto storico fa da sfondo anche ad articoli che sono inclusi in altre categorie.
- *Il rapporto tra scienza e tecnologia* in cui abbiamo incluso articoli che mettono in luce il rischio di ridurre la scienza ad un'attività *problem solving* negandole il suo ruolo culturale e facendo coincidere il valore scientifico-conoscitivo col successo dei suoi processi che trova riscontro nelle sue applicazioni tecnologiche <sup>224</sup>. Emerge l'importanza della dimensione creativa <sup>225</sup>. Precisiamo anche che questa categoria è più ridotta, nel senso del numero di articoli che contiene, rispetto alle altre.

Per quanto riguarda gli aspetti più strettamente sperimentali o attinenti al metodo scientifico, abbiamo individuato le seguenti tematiche ricorrenti:

- *La modellizzazione* di cui abbiamo diffusamente parlato nella nostra trattazione, comprendendone l'importanza e il significato per quanto riguarda l'indagine scientifica. Anche in relazione a questo aspetto emerge l'importanza di non trascurare la dimensione creativa.
- *La complessità* di cui nella trattazione precedente abbiamo esplicitato solo gli aspetti più salienti, essendo questo un aspetto che richiederebbe una trattazione molto vasta. In base ad un approccio sistemico, che si è sviluppato in tempi recenti, abbiamo visto che la realtà è costituita da molti livelli di profondità, ognuno dei quali richiede di essere studiato da diversi punti di vista. Tale impostazione giustifica una visione pluralistica, o interdisciplinare, del sapere <sup>226</sup>. Questo è il principale motivo per cui la riduzione della realtà al solo livello quantitativo, in base ai metodi e criteri esclusivamente scientifici, non può costituire un approccio soddisfacente.

---

<sup>224</sup> Lapini G. L. S[1998].

<sup>225</sup> Buora C. S[1998].

<sup>226</sup> Bergamaschini M.E., Gargantini M. U[1998]. Si noterà che questo articolo citato non appartiene a questa categoria ma a quella relativa agli aspetti didattici generali. Questo dimostra, come avremo modo di esporre, che la classificazione non va intesa in senso rigido in quanto sussistono molte interconnessioni tra i contenuti affrontati dai vari articoli.

Gli articoli della rivista che ci sono parsi più significativi dal punto di vista della loro valenza culturale sono riportati nella bibliografia <sup>227</sup> suddivisi in base alle categorie appena presentate: *Ragione, Conoscenza, Modello, Complessità, Storia della scienza, Scienza e tecnologia*. Quelli che sono dotati di contrassegno \* sono quelli più densi di contenuto, che hanno contribuito alla stesura di questo capitolo.

Ci pare a questo punto opportuno esprimere alcune considerazioni che giustifichino le differenze che si riscontrano tra le categorie culturali appena descritte e la trattazione precedente. Il coinvolgimento personale dello scienziato, assieme all'immaginazione o creatività, aspetti che emergevano come caratteristiche trasversali dell'approccio scientifico (nel paragrafo 1.4.1) non costituisce una categoria a sé stante in quanto negli articoli tale aspetto emerge non disgiungibile dagli altri aspetti considerati, soprattutto nella *conoscenza*, nella *modellizzazione* e nel *rapporto tra scienza e tecnologia*. L'elemento della sperimentazione, a cui si associano fortemente le implicazioni relative al rapporto del soggetto con la realtà, non è mai trattato isolatamente negli articoli; per questo è incluso soprattutto nella categoria più ampia della ragione che, in ogni caso, la comprende, però, essendo una dimensione fondamentale dell'approccio scientifico, ovviamente riguarda tutte le categorie. L'aspetto della conoscenza è invece trattato in modo unitario e comprende sia la conoscenza intesa in senso lato (nella visione ampia di ragione da noi prospettata) che in senso più strettamente scientifico.

Rileviamo che una catalogazione analoga è stata effettuata anche per quanto riguarda gli articoli che riguardano l'ambito più strettamente pedagogico e didattico, come vedremo nei prossimi due capitoli. Ovviamente tra ogni categoria e tra ogni ambito esistono delle interconnessioni molto strette, in quanto la rivista, essendo principalmente rivolta a docenti, assume delle precise caratteristiche formative. Inoltre tali ambiti in cui abbiamo distinto sia le categorie che contengono gli articoli, sia questa tesi di ricerca, si implicano e si rispecchiano a vicenda; per questo motivo evidenzieremo i nessi esistenti, ove necessario, nel momento in cui si presenteranno. Se è certamente vero quanto abbiamo appena affermato, occorre tuttavia non trascurare che l'ipotesi culturale costituisce il fondamento, il punto sorgivo che orienta gli ambiti successivi influenzando su di essi (non a caso la nostra trattazione parte da tale ipotesi). Di conseguenza possiamo

---

<sup>227</sup> Si fa riferimento all'*Archivio degli articoli Emmeciquadro ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate*.

ora comprendere forse con maggiore consapevolezza l'importanza della domanda posta all'inizio: "Per quale motivo è così urgente capire quali sono i connotati culturali di un'indagine scientifica, la cui comprensione da parte del docente e il cui insegnamento permettono di trasmettere e consolidare razionalmente e in modo significativo l'apprendimento delle scienze?". Possiamo inoltre intuire che in effetti la risposta ad essa potrà essere data in maniera esauriente solo dopo avere concluso la lettura per lo meno dei primi tre capitoli, quando avremo constatato le effettive ricadute in ambito pedagogico e didattico.

## Appendice

### Critica all'empirismo di Husserl, Popper, Feyerabend

#### *Husserl*

Husserl evidenzia che gli empiristi riducono l'io alla sola dimensione psicologica; inoltre concepiscono come date solo le nostre idee, non il mondo esterno, che appare come irraggiungibile da parte del soggetto:

«John Locke (1632-1704) [...] assume semplicemente l'ego come anima (l'anima è qui intesa come psiche materiale); e l'anima conosce le proprie situazioni interne, i propri atti e le proprie facoltà appunto nell'evidenza della propria esperienza del sé. Soltanto ciò che è rivelato dall'autoesperienza interna, soltanto le nostre "idee" sono evidentemente date. Tutta la dimensione del mondo esterno viene esclusa perché «[...] la psiche è un reale chiuso in sé come il corpo.»<sup>228</sup>

La riduzione dell'io alla dimensione psicologica, l'unica di cui si ha realmente certezza, ha come conseguenza la riduzione della realtà stessa ai dati sensibili:

«L'unico indubitabile terreno di qualsiasi conoscenza è l'esperienza di sé e il regno dei dati immanenti. Su questa base Berkeley<sup>229</sup> riduce le cose corporee che appaiono nell'esperienza naturale a complessi di questi stessi dati sensibili in cui le cose appaiono.»<sup>230</sup>

Perciò risulta impossibile attingere una conoscenza certa della realtà (di cui Cartesio, al contrario, non dubitava, ponendo Dio come garante, a posteriori, della sua possibilità):

«Ma come afferrare questo soggettivismo radicale, che rende soggettivo il mondo stesso? L'enigma del mondo nel senso ultimo e più profondo, l'enigma di un mondo il cui essere è essere in virtù di un'operazione soggettiva, e che lo è in un'evidenza tale che non è possibile pensarne un'altra – questo, e nessun altro, è il problema di Hume.»<sup>231</sup>

#### *Gli epistemologi contemporanei Popper, Kuhn e Feyerabend*

---

<sup>228</sup> Husserl E. A[1936], p. 113.

<sup>229</sup> George Berkeley (1685-1753).

<sup>230</sup> Husserl E. A[1936], p. 114.

<sup>231</sup> Husserl E. A [1936], p. 123.

Altri epistemologi contemporanei hanno fortemente criticato gli empiristi. Popper in questo passo contesta il loro rifiuto del principio d'autorità <sup>232</sup> e l'eccessiva fiducia accreditata alle capacità di osservazione e ragionamento del singolo individuo. La conseguenza inevitabile di questo atteggiamento è la perdita del carattere universale della conoscenza:

«La nascita della scienza e della tecnologia moderna fu ispirata da questa epistemologia ottimistica i cui portatori principali furono Bacone (1561 –1626) e Descartes. Essi insegnarono che in materia di verità l'uomo non ha affatto bisogno di appellarsi all'autorità, perché ciascun uomo porta le fonti della conoscenza in se stesso: o nella facoltà della percezione sensibile, che può usare per l'accurata osservazione della natura, o nella facoltà dell'intuizione intellettuale, che può usare, per distinguere la verità dalla falsità, rifiutando di accettare qualsiasi idea che non sia percepita chiaramente e distintamente. L'uomo può conoscere, dunque può essere libero.» <sup>233</sup>

«[Bacone e Descartes] posero l'osservazione e la ragione come nuove autorità, e le posero all'interno di ciascun singolo uomo. Ma così facendo spaccarono l'uomo in due parti: in una parte superiore (fonte di vera conoscenza, l'episteme), che ha autorità rispetto alla verità – l'osservazione di Bacone, l'intelletto di Descartes – e in una parte inferiore (l'io ordinario, il vecchio Adamo i nostri pregiudizi, la nostra negligenza: la doxa).» <sup>234</sup>

Popper oltretutto mette in discussione radicalmente le percezioni come fonte primaria di conoscenza, inquinate come sono da preconcetti derivanti dagli usi e costumi:

«La maggior parte delle nostre asserzioni non sono basate su osservazioni, ma sopra ogni genere di altre fonti [...]. Ogni testimone deve sempre far ampio uso, nel suo resoconto, della sua conoscenza di persone, posti, cose, usi linguistici, convenzioni sociali [...]. Il programma di portare tutta la conoscenza alla fonte prima, è logicamente impossibile: porta a un regresso infinito [...]. Quando abbiamo dubbi intorno a un'asserzione la procedura che seguiamo normalmente è quella che consiste nel controllarla, piuttosto che nel chiedere quali siano le sue fonti.» <sup>235</sup>

---

<sup>232</sup> Popper in un passo scrive: «La fonte di gran lunga più importante della nostra conoscenza [...] è la tradizione.» (Popper K. A[1969], p. 116).

<sup>233</sup> Popper K. A[1969], p. 75.

<sup>234</sup> Ibidem.

<sup>235</sup> Popper K. A[1969], pp. 105-108.



Egli sostiene che siano le anomalie riscontrate, non le osservazioni, a portare all'impostazione di una nuova teoria. Infatti il punto di partenza per l'innescarsi di una qualunque investigazione non può essere la percezione immediata bensì un problema reale. Su questa base fonda la sua teoria della falsificazione:

«La mia tesi è che noi non partiamo da osservazioni ma da problemi: da problemi pratici o da una teoria che si è imbattuta in difficoltà: che cioè ha fatto nascere aspettative e poi le ha deluse.»<sup>236</sup>

Anche Feyerabend e Kuhn contestano il fatto che le leggi scientifiche siano direttamente indotte dai dati percepiti sensibilmente, rifiutando nettamente ogni impostazione di tipo empirista:

«I sensi da soli, senza l'aiuto della ragione, sono incapaci di darci una vera immagine della natura.»<sup>237</sup>  
«Le operazioni e le misurazioni che uno scienziato esegue in laboratorio non sono il "dato" dell'esperienza, ma piuttosto "ciò che viene rilevato con difficoltà". Non sono ciò che lo scienziato vede, o per lo meno non lo sono fino a che la sua ricerca non è sufficientemente avanzata e la sua attenzione non è concentrata su un preciso argomento.»<sup>238</sup>

## **La conoscenza e la storia delle scienze per i relativisti**

### *La conoscenza per i relativisti*

Secondo Feyerabend non è mai possibile essere certi di aver raggiunto la verità di alcune affermazioni in senso definitivo. Egli esplicita che un procedimento adeguato ai fini conoscitivi è quello di adottare strumenti razionali che consentano di mettere in discussione le precedenti teorie:

«Gli ingredienti ideologici della nostra conoscenza e, più specificamente, delle nostre osservazioni, possono venire in luce con l'aiuto di teorie che siano confutate da essi. Essi vengono scoperti per mezzo della contro induzione [...]. Il miglior procedimento non è, perciò, quello di abbandonare la teoria ma di usarla per scoprire i principi nascosti responsabili della contraddizione.»<sup>239</sup>

---

<sup>236</sup> Popper K. A[1969], p. 139.

<sup>237</sup> Feyerabend P. K. A[1979], p. 62.

<sup>238</sup> Kuhn T. A[1969], p. 155

<sup>239</sup> Feyerabend P. K. A[1979], p. 65.

Per questo stesso motivo egli afferma che, al fine di raggiungere una conoscenza il più possibile non conformista e critica, sia necessario paragonarsi con diversi punti di vista, onde evitare di arroccarsi su posizioni rigide che rischiano di diventare dogmatiche:

«Anche i risultati dell'osservazione si esprimeranno a favore della teoria in quanto vengono formulati nei termini della teoria stessa. Si avrà l'impressione che la verità sia stata infine raggiunta. Nello stesso tempo, è evidente che ogni contatto col mondo è andato perduto e che la stabilità conseguita, l'apparenza di una verità assoluta, non è altro che il risultato di un assoluto conformismo. Come possiamo infatti verificare, o migliorare, la verità di una teoria, se essa è costruita in modo che qualsiasi evento concepibile possa essere descritto, e spiegato, in funzione dei suoi principi? L'unico modo possibile per esaminare la validità di tali principi onnicomprensivi sarebbe quello del confronto con un diverso insieme di principi egualmente onnicomprensivi, ma questo procedimento è stato escluso fin dal principio [...]. Qualsiasi metodo del genere è, in ultima analisi, un metodo di inganno. Un tale metodo impone un conformismo non illuminato e parla di verità; conduce a un deterioramento delle capacità intellettuali, del potere dell'immaginazione [...]. Ogni passo che protegge ogni concezione dalla critica, che la rende sicura o "ben fondata", è un allontanamento dalla razionalità. Ogni passo che la rende vulnerabile è il benvenuto. Viene raccomandato, inoltre, di abbandonare idee che sono risultate insufficienti ed è proibito conservarle di fronte a critiche forti ed efficaci, a meno che non si possano presentare argomenti contrari persuasivi. Sviluppate le vostre idee in modo che possano essere criticate; attaccatele incessantemente; non cercate di proteggerle; ma mettetene in luce i punti deboli; eliminatele non appena i loro punti deboli sono venuti in luce.»<sup>240</sup>

Quanto affermato da Feyerabend è indubbiamente vero, tuttavia se non avessimo in noi un criterio di giudizio adeguato alla nostra esigenza di verità, e se non si attuasse un continuo lavoro nell'intento di purificare tali esigenze dalle varie incrostazioni dovute all'inevitabile assorbimento della mentalità comune, non avremmo modo di discriminare quale sia l'interpretazione corretta e saremmo più esposti a dubbi, esitazioni che non favorirebbero la conoscenza.

Secondo Kuhn e Feyerabend è solo la capacità dialettica, cioè quanto il soggetto impone con la sua forza persuasiva, che può indurlo a considerare nuove vie interpretative dei fenomeni. Sia Kuhn che Feyerabend sostengono che quando cambia il modo di interpretare un fenomeno, esso viene concepito in un modo così diverso che la vecchia

---

<sup>240</sup> Feyerabend P. K. A[1979], pp. 37-38.

teoria non può essere reinterpretata mediante la nuova; si parla perciò di incommensurabilità tra le teorie:

«Nessun senso comune del termine “interpretazione” corrisponde a questi lampi di intuizione attraverso cui nasce un nuovo paradigma. Sebbene tali intuizioni dipendano dall’esperienza, sia anomala che congruente, acquisita col vecchio paradigma, esse non presentano alcun legame logico o materiale con nessun particolare elemento di quella esperienza, alla quale un’interpretazione sarebbe inevitabilmente legata.»<sup>241</sup>

Per spiegare il fatto che i sistemi teorici siano tra loro incommensurabili Kuhn e Feyerabend sfruttano l’analogia con quanto avviene nella percezione di visione gestaltica:

«L’esperienza della conversione, che ho assimilato a una svolta gestaltica, resta pertanto il cuore del processo rivoluzionario [...]. Né buone ragioni né la traduzione costituiscono la conversione, ed è questo processo che dobbiamo spiegare allo scopo di capire un tipo essenziale di mutamento scientifico.»<sup>242</sup>

«Casi interessanti di incommensurabilità si hanno anche nel campo della percezione. Dati stimoli appropriati ma sistemi di classificazione diversi (“insiemi mentali” diversi), il nostro apparato percettuale potrebbe produrre oggetti percettuali difficilmente comparabili tra loro. Un giudizio diretto è impossibile. Possiamo mettere a confronto i due atteggiamenti nella nostra memoria, ma non mentre osserviamo la stessa immagine.»<sup>243</sup>

«Bisogna ammettere che ogni fase ammetta una sorta di fase osservativa alla quale viene dedicata una speciale attenzione e dalla quale si ricevono una varietà di suggerimenti. Questa base a), però, cambia da una fase all’altra, e b) fa parte dell’apparato concettuale di una fase data e non è la sua unica fonte di interpretazione, come alcuni empiristi vorrebbero farci credere. Considerando sviluppi come questi, possiamo sospettare che la famiglia di concetti incentrati sull’“oggetto materiale” e la famiglia di concetti incentrati sulla “pseudo-immagine conoscitiva” (fase b) siano incommensurabili. [...] Queste famiglie non possono essere usate simultaneamente e non è possibile stabilire né connessioni logiche né connessioni percettuali.»<sup>244</sup>

---

<sup>241</sup> Kuhn T. A[1969], p. 252.

<sup>242</sup> Kuhn T. A[1969], p. 245.

<sup>243</sup> Feyerabend P. K. A[1979], p. 187.

<sup>244</sup> Feyerabend P. K. A[1979], p. 189.

Il passaggio dall'uno all'altro sistema teorico è ritenuto da parte di Kuhn avvenire per vie irrazionali; infatti Kuhn assimila l'atto di scelta di una teoria a quanto avviene in ambito biologico attraverso la selezione naturale:

«La verifica [di una teoria] è come la selezione naturale: essa sceglie tra le alternative, fra le alternative effettive offerte da una particolare situazione storica, quella dotata di maggior vitalità.»<sup>245</sup>

Ma questa maggior vitalità secondo Kuhn ha, di nuovo, poco a che fare con aspetti razionali. Egli ritiene che la nuova teoria abbia capacità di previsione soprattutto quantitativa, e che possieda caratteristiche di semplicità, coerenza interna ed esterna, plausibilità, eleganza, fecondità. Non concepisce tuttavia che tali valori abbiano a che fare con la ragione; certamente precisa che il motivo della scelta di una teoria non è enucleabile in una dimostrazione logica.

Una conseguenza certamente deleteria e non sottovalutabile di questa impostazione è la sfiducia nella possibilità sia di comunicare il cambiamento sia di cambiare razionalmente il proprio punto di vista, espressa chiaramente soprattutto da Kuhn. Tuttavia questo è in contraddizione, ad esempio, con quanto capita nella nostra esperienza personale di vita: una maturazione nel tempo e un aumento di consapevolezza riguardo alle proprie convinzioni umane e un progressivo abbandono di ciò che si considera inutile e fuorviante. Altrettanto assodata è l'esperienza riguardo al fatto che è possibile trasmettere la conoscenza di leggi scientifiche a patto di tener conto delle categorie concettuali che il proprio interlocutore possiede. Una visione ridotta di ragione ha infatti conseguenze sul soggetto e sulla visione stessa di comunità scientifica, in quanto la possibilità di relazione tra gli uomini si riduce se la comunicazione è così fortemente penalizzata: ognuno dovrebbe rassegnarsi a vivere nel proprio isolamento senza avere la possibilità di persuadere l'altro se non con l'esclusiva forza dialettica del discorso. Sembra perciò che il non ammettere la possibilità del progresso nella scienza e la comunicazione tra teorie sia dettato da un presupposto ideologico che non tiene conto dell'esperienza reale.

---

<sup>245</sup> Kuhn T. A[1969], p. 177.

Sia Kuhn che Feyerabend, riflettendo su quali meccanismi consentano a una teoria di affermarsi su un'altra, affermano che ciò è dovuto a giochi di persuasione e di potere: l'evoluzione storica può procedere dunque solo per via di cause di tipo sociologico.

«La superiorità di una teoria rispetto ad un'altra è qualcosa che non può essere dimostrato durante il dibattito. Ciascun partito, invece, deve cercare di convertire l'altro con la sua persuasione.»<sup>246</sup>

«La scienza si impose con la forza, non col ragionamento»<sup>247</sup>

«La propaganda e l'appello a parti del senso comune lontane, e altamente teoriche, vengono usati per neutralizzare vecchi abiti di pensiero e sostituirli con nuovi modi di pensare.»<sup>248</sup>

E' indubbio che anche questi aspetti esistano nelle comunità scientifiche così come in tutte le comunità fatte di uomini. Tuttavia se li ritenessimo così determinanti, dovremmo affermare anche che coloro che svolgono ricerca scientifica si muovano esclusivamente per affermare un punto di vista, magari irragionevole, e non perché mossi da un puro desiderio di conoscenza. Inoltre significherebbe escludere che la scienza, attraverso il suo metodo, consenta di conoscere i fenomeni in modo graduale, anche se non definitivo, nonostante le nostre resistenze ideologiche.

### *La storia per i relativisti*

Il presupposto da cui partono Kuhn e Feyerabend è che i nessi sociali, storici e culturali non sono trascurabili nel processo che porta alla definizione di una legge scientifica. La comprensione di come procede la ricerca scientifica mediante l'utilizzo del metodo scientifico va ricercata nella storia delle scienze. Secondo Kuhn le teorie scientifiche non sono riducibili alle regole formalmente espresse per arrivare alla loro dimostrazione, in quanto hanno origine da un contesto più ampio di assunti concettuali, teorici e metodologici condivisi dalla comunità scientifica di appartenenza, da lui denominato paradigma:

---

<sup>246</sup> Kuhn T., A[1969], p. 239.

<sup>247</sup> Feyerabend P. K. A[1979], p. 241.

<sup>248</sup> Feyerabend P. K. A[1979], p. 83.

«Gli scienziati non imparano mai concetti, leggi e teorie in astratto e per se stesse. Al contrario, questi strumenti intellettuali si manifestano fin dall'inizio come un complesso storicamente e pedagogicamente anteriore che li fa conoscere assieme e attraverso le loro applicazioni.»<sup>249</sup>

«L'esistenza di un paradigma non implica necessariamente neppure l'esistenza di un insieme completo di regole.»<sup>250</sup>

Kuhn trova qualche difficoltà nel definire con rigore in cosa consista il paradigma e per questo è stato anche ampiamente criticato; quel che è certo è che grazie a questa prospettiva gli orizzonti valutativi della storia scientifica si allargano notevolmente.

Se il raggiungimento di una conoscenza certa dei fenomeni in base al metodo scientifico viene considerata pregiudizialmente impresa impossibile (come abbiamo visto nel precedente punto), anche il progresso della conoscenza nel corso della storia diventa tale:

«A mio giudizio non v'è nessun modo, indipendente da teorie, di ricostruire espressioni come “esservi realmente”. [...] Non metto in dubbio, ad esempio, che la meccanica di Newton costituisce un miglioramento rispetto a quella di Aristotele, e che quella di Einstein lo sia rispetto a quella di Newton, se le consideriamo come strumenti per risolvere un rompicapo<sup>251</sup>. Ma non riesco a vedere nella loro successione nessuna direzione coerente di uno sviluppo ontologico. Al contrario, sotto alcuni aspetti importanti, anche se non sotto tutti gli aspetti, la teoria generale della relatività di Einstein è più vicino alla teoria aristotelica, di quanto l'una o l'altra delle due sia vicina alla teoria di Newton.»<sup>252</sup>

Notiamo, tuttavia, che Kuhn e Feyerabend rifiutano, soprattutto, da un lato una concezione di progresso crescente nel tempo di tipo cumulativo e lineare e dall'altro un certo atteggiamento di matrice illuminista che induceva a giudicare la storia precedente in base alla propria mentalità, senza considerare adeguatamente il contesto culturale del tempo. Tutto ciò probabilmente contribuiva a non consentire loro di considerare l'eventualità che corsi e ricorsi potessero non essere in contraddizione con l'ammissione di esistenza di progresso scientifico.

---

<sup>249</sup> Kuhn T. A[1969], p. 68.

<sup>250</sup> Kuhn T. A[1969], p. 66.

<sup>251</sup> Kuhn chiama “rompicapo” i problemi affrontati dalla “scienza normale”, cioè quei problemi che possono essere risolti in base alle regole stabilite dal paradigma vigente.

<sup>252</sup> Kuhn T. A[1969], p. 247.

Riteniamo che le posizioni di Kuhn e quelle ancora più estremiste e polemiche di Feyerabend, nascano soprattutto dal fatto che la ragione ridotta a logica patisce l'ingessatura in una griglia che diventa inevitabilmente una camicia di forza da cui si avverte l'urgenza di liberarsi. Tuttavia, mentre denunciano un modo di concepire la ragione solo come logica, identificano come irrazionali metodi che invece riteniamo non esserlo, probabilmente perché ancora succubi di un modo di concepire la ragione ancora ridotto. Questo aspetto si comprende bene quando Feyerabend parla diffusamente delle convinzioni di Galileo riguardo alla sua concezione eliocentrica. Egli evidenzia come, nonostante i limiti del mezzo adottato da Galileo per eseguire le sue osservazioni e le poche prove sperimentali a sua disposizione, si ostinasse a “*propagandare*” quella che era semplicemente un'ipotesi fra le tante, sostenendo senza mezzi termini che il telescopio mostrasse il mondo come era realmente. Feyerabend considera dei meri “stratagemmi” quelli adottati da Galileo per *imporre* il suo pensiero, in quanto non motivati da fatti cogenti ma da sue convinzioni, non ancora del tutto fondate:

«La fiducia nella veridicità del cannocchiale e il riconoscimento della sua importanza, non furono, nell'animo di Galileo, due atti distinti, uno successivo all'altro; furono due aspetti del medesimo processo [...]. Questi sfrutta proprio questa situazione piuttosto peculiare, questo accordo fra due idee interessanti ma confutate, allo scopo di impedire l'eliminazione di entrambe [...]. Abbiamo visto che questa scienza era minacciata da eventi osservabili. Per eliminare il pericolo Galileo introduce l'attrito e altri disturbi con l'aiuto di ipotesi *ad hoc*, trattandoli come tendenze *definite* della manifesta teoria dell'attrito per la quale potrebbero un giorno diventare disponibili dati d'osservazione nuovi e indipendenti.»<sup>253</sup>

In base al nostro punto di vista Feyerabend sottovaluta l'importanza dell'approccio metodologico adottato da Galileo, cercando di spiegare l'approdo alla sua teoria esclusivamente attraverso i paradigmi culturali dell'epoca<sup>254</sup>, che certamente hanno una certa influenza ma non costituiscono tutti i fattori in gioco. Infatti a nostro giudizio la posizione di Feyerabend deriva principalmente dalla sfiducia nel fatto che gli indizi presenti nella realtà possano orientare la scelta della teoria più adeguata. Attraverso di

---

<sup>253</sup> Feyerabend P. K. A[1979], p. 117.

<sup>254</sup> E' possibile, per esempio, che Galileo presumesse che le orbite dei pianeti fossero circolari e che il loro moto fosse uniforme per motivi legati al contesto culturale. Tuttavia Feyerabend si spinge molto oltre affermando, per esempio, che Galileo aveva un «bisogno tipicamente metafisico dell'unità di comprensione e di presentazione concettuale» che gli derivava dalla concezione aristotelica, motivo per cui ebbe la necessità di «estendere le nozioni relativistiche a tutti i fenomeni.» (Feyerabend P. K. A[1979], p. 74).

essi è possibile “immaginare” in modo creativo un’ipotesi sensata che spieghi i fatti. Non si sottovaluti il fatto che Galileo non solo aveva inequivocabilmente ragione riguardo alla teoria eliocentrica, ma ci ha lasciato degli schizzi relativi alle sue osservazioni astronomiche molto fedeli alla realtà. Inoltre c’erano non pochi indizi ragionevoli di supporto alla teoria di Galileo come per esempio le sue osservazioni delle fasi di Venere e la sua scoperta dei satelliti di Giove<sup>255</sup>.

---

<sup>255</sup> Per maggiori dettagli relativi alle prove di Galileo sulla teoria eliocentrica si veda: Musso P. A[2011], pp. 122-129 e Musso P. N[2007].



## 2. I principali aspetti a carattere pedagogico presenti nella rivista coerenti con l'impostazione culturale

### 2.1 Quadro sintetico delle tendenze pedagogiche che influenzano il modo di insegnare

Per approfondire gli aspetti critici che entrano in gioco in ambito educativo, esaminiamo le tendenze pedagogiche attualmente più diffuse avvalendoci in particolare dei giudizi di tre pedagogisti <sup>256</sup>: Giorgio Chiosso <sup>257</sup>, Carlo Fedeli e Giuseppe Bertagna <sup>258</sup>. Tale scelta è dettata dal fatto che essi hanno pubblicato articoli sulla rivista, alcune parti dei quali sono utilizzati nella presente trattazione, o hanno partecipato a convegni per la formazione a cui hanno partecipato anche i collaboratori della rivista. Prima di procedere precisiamo che tali tendenze non sono rintracciabili in precise aree culturali e potrebbero trovarsi mescolate tra loro assieme giudizi in parte condivisibili. Nell'ambito delle tendenze stesse ritenute riduzioniste, non tutto è da scartare come non valido o poco adeguato. Per esempio, avvalersi di test per valutare gli studenti o addestrare gli studenti attraverso esercizi ripetuti, come è uso frequente nella tendenza comportamentista, non è a priori sbagliato. Tali strumenti, tuttavia, si fa notare che mostrano dei limiti, motivo per cui è bene che se ne adottino anche altri di diversa natura. Quanto detto giustifica l'uso della parola tendenza.

---

<sup>256</sup> Ulteriori contributi, di Onorato Grassi e Francesco Botturi, saranno specificati nelle note. Inoltre per quanto riguarda la descrizione delle caratteristiche delle tendenze riduzioniste sono utilizzati dei brani di Husserl, Polanyi, Bachelard, Hans Freudenthal, Lucio Russo, Richard Sennett e degli autori più rappresentativi di esse.

<sup>257</sup> Per quanto riguarda le tendenze da noi individuate, ci riferiamo in particolare alle considerazioni espresse da Giorgio Chiosso in Chiosso G. C[2009] (di cui è disponibile la recensione sul n 40 di *Emmeciquadro*), riferendoci in particolare alle pp. 25-34 e 41-43. Inoltre abbiamo preso in esame il suo contributo *Educazione, scuola e complessità* contenuto in Abbona F., Del Re, G., Monaco G. (a cura di) G[2008], p. 48. Sono state utili anche le considerazioni di Grassi nel suo intervento *Un'ipotesi da verificare* in QS n. 2 E[2007], pp. 9-18.

<sup>258</sup> La Commissione di Bertagna attuò la riforma Moratti del 2001-2006. A partire dalla necessità, ritenuta fondamentale, di personalizzare i percorsi formativi, modificò il piano di studi nella prospettiva di una sua condivisione con gli allievi e le loro famiglie e arricchendolo di verifiche qualitative che potevano attestare in modo più esauriente la maturazione degli apprendimenti. Inoltre tentò di rendere più flessibile l'organizzazione scolastica mediante l'introduzione dei percorsi opzionali scelti responsabilmente dall'allievo e dalla famiglia. Tale tentativo fallì scontrandosi col presupposto dell'uniformità.

### 2.1.1 La tendenza pragmatica e funzionalista

Lo scopo dell'educazione consisterebbe sostanzialmente nell'integrare funzionalmente ed efficientemente l'individuo nella vita sociale per l'inserimento lavorativo e nel fornirgli gli strumenti adeguati per raggiungere tale obiettivo. In questa concezione si innestano gli ideali liberali del progresso sociale ed economico. Si assiste perciò ad una riduzione della cultura finalizzata esclusivamente allo sviluppo produttivo e all'apprendimento di competenze del saper fare – infatti l'attenzione è focalizzata sul “fare” cooperativo in senso attivistico – riducendo il ruolo del docente a erogatore di tecniche utili. In base a questa mentalità aziendalistica si rinuncia alla quantità eccessiva di nozioni <sup>259</sup>. La riforma della scuola italiana attuata tra il 1996 e il 2000 ad opera di Berlinguer possedeva questi connotati <sup>260</sup>, come rilevano Fedeli e Bertagna: l'allievo veniva concepito come “risorsa” «di natura eminentemente economica» <sup>261</sup>.

«La circostanza spiega perché la persona umana, nei testi ministeriali che hanno elaborato le riforme, sia per lo più concepita come “risorsa umana” e “capitale umano”, ovvero quanto di meglio, con le sue capacità e competenze, occorre alla società, al mercato e al progresso tecnico-scientifico per il suo cammino [...]. Sembra qui attiva la linea ideale avviata da Hobbes, quando scrive che “il valore o pregio di una persona coincide [...] col suo prezzo, cioè con quanto si sarebbe disposti a dare per l'uso del suo potere. Non è perciò un valore assoluto, ma dipendente dal bisogno e dalla stima di altri [...]. Quand'anche, infatti, una persona [...] stimi se stessa al più alto valore possibile, tuttavia il suo vero valore non supererà quello stimato dagli altri.»<sup>262</sup>» <sup>263</sup>

Le discipline sono non a caso chiamate materie, ovvero concepite come cose e, come tali, oggettificabili e frazionabili utilitaristicamente all'interno del processo conoscitivo

---

<sup>259</sup> Il matematico Russo in: Russo L. E[1998] (citato anche da autori di articoli su *Emmeciquadro*) sostiene che il motivo dell'impovertimento di contenuti dell'insegnamento sia da un lato la necessità sempre minore di competenze diffuse di alto livello in quanto la scuola non ha più la funzione sociale di selezionare i migliori al fine di formare una classe dirigente, dall'altro l'esigenza di formare una classe sufficientemente ampia e vorace di consumatori, affinché il mercato e la sua logica non collassino. Scrive Russo a p. 34: «Non si può cominciare a insegnare la fisica partendo dai risultati ultimi, né ad essi si può arrivare troppo rapidamente [...]. Se si sceglie di limitare l'insegnamento scolastico ad argomenti semplici, [...] l'insegnamento rimarrebbe quasi privo di connessioni non solo con la ricerca fisica recente, che fornisce il materiale alla divulgazione diffusa dai media, ma anche con la tecnologia usata dai ragazzi quotidianamente.»

<sup>260</sup> Ricordiamo, tuttavia, un fatto positivo: con la riforma Berlinguer ebbe inizio il processo di autonomia della scuola con la promulgazione di una legge costituzionale (art. 21 della legge 15 marzo 1997, n. 59).

<sup>261</sup> Fedeli C. T[2000a], p. 36.

<sup>262</sup> Hobbes T. C[1651], pp. 70-71.

<sup>263</sup> Bertagna G. T[2001], p. 48.

(in questa prassi noteremo delle assonanze con la tendenza comportamentista che segue).

Gli autori da noi scelti individuano preoccupanti tendenze in questa direzione negli ultimi sviluppi dettati dalle pressioni del mercato globalizzato<sup>264</sup>. Bertagna nel suo testo approfondisce anche una piccola analisi storica che sta alla base di questa tendenza e che proviene in verità da Augusto del Noce negli anni '60. Egli «preconizzò il pericolo mortale per l'umanesimo cristiano allorché si fosse compiutamente realizzata la saldatura tra marxismo, gramscismo e ideologia della tecnica del mercato.»<sup>265</sup> Ecco altri eloquenti stralci di questo testo che documentano la visione prospettata da Bertagna, dove parla del marxismo e del gramscismo:

«Trasformazione quasi in opinione comune di una delle idee forti maturate nell'Ottocento e nel Novecento: la verità ridotta a prassi e le idee e i valori a prodotti dell'attività materiale e della condizione sociale degli uomini. Alcune emblematiche citazioni di Marx. “[...]. II. La questione se al pensiero umano appartenga una verità oggettiva, non è una questione di teoria, ma una questione di pratica. La discussione sulla realtà o non realtà di un pensiero che si isola dalla prassi è una questione puramente scolastica [...]. VIII. La vita sociale è essenzialmente pratica. Tutti i misteri che sviano la teoria verso il misticismo trovano la loro soluzione razionale nella prassi umana e nella comprensione di questa prassi. [...]. XI. I filosofi hanno solo interpretato il mondo, in modi diversi; ora, però si tratta di mutarlo.”<sup>266</sup> “Non è la coscienza che determina la vita, ma la vita che determina la coscienza.»<sup>267</sup> «La produzione delle idee, delle rappresentazioni, della coscienza è anzitutto immediatamente implicata nell'attività materiale e nel commercio materiale degli uomini [...].” [...]. Gramsci, sulla base della lezione gentiliana, comprese che si poteva invertire il processo marxiano tradizionale. La rivoluzione di classe, prima che materiale, doveva essere «spirituale». È la cultura, con le sue idee e le sue parole, il mezzo fondamentale per conquistare il potere; quindi, l'educazione e la scuola. Diffondere la concezione del mondo materialistica è già in se stesso una pratica rivoluzionaria che cambia la natura del potere e della società.»<sup>268</sup>

Vedremo anche nella tendenza comportamentista una ripercussione che Fedeli e Bertagna hanno visto nella riforma Berlinguer ma che è anche oggi di attualità per esempio come rischio di utilizzo delle valutazioni esterne dei sistemi scolastici (come vedremo approfonditamente nel quinto capitolo).

---

<sup>264</sup> Quando tratteremo la valutazione esterna dei sistemi scolastici ritroveremo aspetti di questa tendenza che dettaglieremo in quella sede.

<sup>265</sup> Bertagna G. T[2001], p. 42.

<sup>266</sup> Marx K., *Tesi su Feuerbach* [1845] in Fabro (a cura di) C[1962].

<sup>267</sup> Marx K., Engels F., *Dialettica e storia* (da *L'ideologia tedesca*) in Fabro (a cura di) C[1962], p. 168.

<sup>268</sup> Bertagna G. T[2001], p. 42.

### 2.1.2 La tendenza sociologico riduzionista

Pur mettendo al centro il discente (puerocentrismo), tende a enfatizzare l'esigenza di un recupero della sua emotività e affettività attraverso metodi psicologici che siano in grado di risvegliare il suo interesse e di rimuovere o incanalare adeguatamente eventuali difficoltà derivanti da contesti sociali o familiari svantaggiati. Lo sviluppo della persona è visto in termini puramente psicologici e l'educazione come sostegno ad un esuberante espressionismo spontaneo e senza direzioni del soggetto. «Lo stile pedagogico più efficace è quello del “lasciar fare” perché non abbiamo diritto di proporre sensi precostituiti.»<sup>269</sup> Anche in questo caso il ruolo educativo del docente è dunque fortemente penalizzato.

### 2.1.3 Comportamentismo, cognitivismo e costruttivismo

Fin dall'inizio del '900 emergono due diverse impostazioni rispetto a quelle presentate, accomunate dal desiderio di superare sia il semplice adattamento sociale sia quello secondo cui occorra esclusivamente assecondare gli interessi degli allievi: una di tipo comportamentista, l'altra di tipo cognitivista. Inoltre, in linea con quest'ultima, più recentemente si è diffusa la corrente del costruttivismo. Ci soffermiamo maggiormente su questi ultimi tre approcci usufruendo anche del supporto di brani di testi di alcuni dei loro maggiori esponenti. Riscontriamo infine che un punto in comune di tutte gli approcci esposti è una tendenza a ridurre la persona ai suoi aspetti psicologici, in particolare quando al centro è posto l'allievo (seconda tendenza).

#### *Il Comportamentismo*

La tendenza comportamentista punta sulla quantità uniforme degli interventi anziché sulla differenziazione dei bisogni in base alle situazioni e ai soggetti coinvolti. Tende a ridurre il compito educativo a nozioni trasmesse, intese in senso enciclopedico e

---

<sup>269</sup> Chiosso G., *E' possibile una scuola senza senso?*, p. 29 in QS n. 11 E[2010].

all'individuazione di procedure tecniche da far apprendere attraverso metodi che si limitano alla pura ripetizione.

Il miglioramento della qualità dell'insegnamento si declina in una esasperata attenzione per le prassi metodologiche standardizzando rigidamente i programmi e scomponendo i contenuti in sequenze lineari, col risultato che la conoscenza viene sbriciolata. Anche in questo caso, come nella tendenza pragmatista e funzionalista, le discipline vengono concepite come materie e in quanto tali "cosalizzate". L'attenzione sugli aspetti tecnici solitamente si ripercuote anche sulla figura del docente, la cui professionalità viene ridotta a esecutore di metodologie.

La valutazione e l'apprendimento avviene attraverso «test diagnostico-progressivi con funzione di feed-back [...] riguardo a quegli aspetti o elementi dell'unità didattica che dovevano ancora essere padroneggiati [...] procedure correttive a vari stadi o livelli di apprendimento.»<sup>270</sup>

Nel processo di apprendimento è ritenuta fondamentale l'imitazione da parte del discente:

«I membri di altre specie "acquisiscono le loro conoscenze" gli uni dagli altri attraverso l'imitazione, un processo attribuibile sia alla selezione naturale che al condizionamento operante [...]. Ma solo i membri della specie umana sembrano farlo intenzionalmente perché altri poi lo imitano. Il proporre modelli è un tipo di insegnamento, ma ha un effetto duraturo solo quando viene sostenuto da rinforzi positivi o negativi.»<sup>271</sup>

In questo passo estrapolato dallo stesso testo viene specificato in cosa consistono tali rinforzi:

«Espressioni di piacere da parte degli educatori [...] una manipolazione coronata da successo [...] può avere un effetto potente se si verifica abbastanza spesso [...]. L'influenza positiva determinata dalla maggiore competenza che gli studenti sviluppano e dalla pubblica attestazione di ciò sotto forma di alte classificazioni, di punteggi d'esame e di altri tipi di riconoscimento.»<sup>272</sup>

---

<sup>270</sup> Bloom B. S. C[1968]. Il *mastery learning* costituisce una mitigazione rispetto alla definizione dei rigidi tempi di apprendimento uniformemente prestabiliti nell'ottica di venire incontro alle differenti esigenze degli allievi.

<sup>271</sup> Skinner Burrhus F. C[1992].

<sup>272</sup> Skinner Burrhus F. C[1992].

Si noti come nel comportamentismo il metodo matematico sia stato assunto in modo acritico senza considerare che le operazioni che governano un comportamento di una persona sono molto più complesse rispetto a quelle che governano una semplice macchina <sup>273</sup>. Anche Husserl nel suo testo *la crisi* critica la psicologia comportamentista, da cui deriva questa impostazione: il fatto di limitarsi a descrivere i comportamenti osservabili perché gli unici considerati oggettivamente scientificamente deriva da quell'erronea dicotomia soggettivo-oggettivo che sfalsa i termini della questione:

«Così anche lo schema: scienza descrittiva e scienza teoreticamente esplicativa rimase uno schema ovvio – per quanto riguarda la psicologia [...]. Abbiamo già rilevato come una psicologia “esatta”, analoga alla fisica (cioè il parallelismo delle realtà, dei metodi, delle scienze) sia un controsenso. Perciò non può esistere nemmeno una psicologia descrittiva analoga alla scienza naturale descrittiva. In nessun modo, e quindi nemmeno mediante lo schema “descrizione-esplicazione”, una scienza delle anime può lasciarsi guidare dalle scienze naturali, accettarne i suggerimenti metodici.» <sup>274</sup>

Con parole molto suggestive sempre Husserl afferma in un altro passo:

«Per quanto riguarda, d'altra parte, le scienze dello spirito, che pure, in tutte le loro discipline particolari e generali, considerano l'uomo nella sua esistenza spirituale, cioè nell'orizzonte della sua storicità, la loro rigorosa scientificità, si dice, esige che lo studioso eviti accuratamente qualsiasi presa di posizione valutativa, tutti i problemi concernenti la ragione o la non-ragione dell'umanità tematizzata e delle sue formazioni culturali. La verità scientifica obiettiva è esclusivamente una constatazione di ciò che il mondo, sia il mondo psichico sia il mondo spirituale, di fatto è. Ma in realtà, il mondo e l'esistenza umana possono avere un senso se le scienze ammettono come valido e come vero soltanto ciò che è obiettivamente constatabile, se la storia non ha altro da insegnare se non che tutte le forme del mondo spirituale, tutti i legami di vita, gli ideali, le norme che volta per volta hanno fornito una direzione agli

---

<sup>273</sup> Scrive Polanyi: «Il comportamentismo tenta di trasformare la psicologia in una scienza esatta: i dati e le operazioni mentali non sono esplicitamente specificabili. Professa di osservare i pezzi – cioè guardare a pezzi il comportamento mentale e di correlare esplicitamente questi pezzi. Ma tali pezzi possono essere identificati solo all'interno dell'integrazione tacita del comportamento che i comportamentisti rigettano come antiscientifica [...]. Il sentimento, l'azione umana e il pensiero hanno qualità mentali che noi percepiamo mediante gli stessi principi della conoscenza tacita con cui percepiamo le qualità fenomeniche degli oggetti esterni [...]. Le operazioni di un livello superiore non possono essere spiegate dalle leggi che governano i suoi particolari formanti il successivo livello inferiore [...]; sarebbe impossibile spiegare le operazioni di ciascun livello superiore con le leggi che governano i suoi particolari isolati.» (Polanyi M. A[1988], pp. 189-192).

<sup>274</sup> Husserl E. A[1936], pp. 244-245.

uomini, si formano e poi si dissolvono come onde fuggenti, che così è sempre stato e sempre sarà, che la ragione è destinata a trasformarsi sempre di nuovo in non-senso, gli atti provvidi in flagelli?»<sup>275</sup>

Da questo brano emerge la consapevolezza dell'importanza della relazione costitutiva del soggetto con la realtà intesa in senso globale. Arrestarsi al solo dato empirico, come avevamo già osservato nel primo capitolo, preclude, infatti, la possibilità di usare la ragione nella sua ampiezza incorrendo nell'errore di assolutizzare il metodo matematico, che si riscontra nell'applicazione indiscriminata e schematica dei suoi metodi. Anche alcuni autori che scrivono sulla rivista *Emmeciquadro*, come Arcchi e Israel denunciano gli stessi rischi riscontrati da Husserl<sup>276</sup>.

L'enfasi sugli aspetti quantitativi viene riscontrata anche recentemente nell'ambito dell'organizzazione scolastica attuale<sup>277</sup> come rileva anche Bertagna:

«Un tempo, i problemi pedagogici più discussi non solo in letteratura, ma anche nella professione quotidiana erano solitamente di natura qualitativa. Il rapporto autorità e libertà, potere e dominio, dipendenza e indipendenza, natura e cultura, società e persona, diritto e giustizia, auto ed etero educazione, responsabilità e irresponsabilità. Costituivano le antinomie classiche dell'educazione. Oggi, l'attenzione a tali antinomie sembra essere stata sostituita da una specie di enfaticizzazione della contabilità quantitativa.

---

<sup>275</sup> Husserl E. A[1936], p. 35.

<sup>276</sup> Israel G. in Musso P. N[2006a], p. 22: «Il vero problema è se si possano rappresentare in termini oggettivi e matematici i fenomeni della soggettività. A mio parere la risposta è negativa, e comunque tutti i risultati ottenuti in questo campo mostrano che esistono difficoltà almeno per ora insormontabili, perché in definitiva i mezzi della scienza fisico-matematica consentono una rappresentazione dei fenomeni che è o quella strettamente deterministica oppure in alternativa una di tipo probabilistico [...] la rappresentazione dei comportamenti soggettivi, e quindi della libertà umana, con questi due schemi conduce a risultati del tutto insoddisfacenti, addirittura grotteschi [...]. Io trovo che questo sia un atteggiamento tipicamente irrazionale [...] la rappresentazione nei termini delle scienze della natura dei fenomeni sociali, psicologici, economici e così via, cioè di tutti i fenomeni in cui entra la soggettività umana, contiene questo fondamentale equivoco.»

Arcchi F.T. N[1998], p. 24: «Le descrizioni statistiche permettono un'enorme mistificazione: così come suppliscono all'assenza di una teoria, alla stessa stregua si possono ergere a sostitutive di valori, e ciò è avvenuto in sociologia.»

<sup>277</sup> Per la precisione, a partire dal 1974 venne introdotta in Italia una prospettiva curricolare con definizione di obiettivi attraverso un percorso in cui erano definiti a priori tempi, strumenti, modalità di verifica ecc. Tale prassi proveniva dagli studi anglofoni di matrice comportamentista. L'uniformità degli allievi e del procedere era il presupposto fondamentale per una scuola che, diventata di massa, doveva garantire uguaglianza di opportunità a tutti gli studenti. La Legge 517 del '77 (sull'onda dei *Mastery learning* anglofoni di cui abbiamo parlato poco sopra) contribuì a mitigare la rigidità organizzativa della scuola introducendo aspetti interdisciplinari che interrompevano i percorsi disciplinari al massimo per 160 ore e permettendo agli insegnanti di mettere in atto forme di individualizzazione. Tuttavia molti interrogativi si aprirono riguardo agli standard minimi da richiedere agli studenti.

La “condotta” ha perso il suo originario significato morale interiore e si è trasformata o in un comportamento esteriore osservabile e misurabile o in un rispetto pubblico delle procedure stabilite nei regolamenti e nelle leggi. La “maturità” è stata eliminata anche come nome. L’Esame di Stato conclusivo non ha più la pretesa di comprometersi su un elemento così qualitativo, ma si accredita come la registrazione docimologicamente attendibile di un sistema di *performances* sincroniche (le prove finali) e diacroniche (il curriculum scolastico) dell’allievo.»<sup>278</sup>

La tendenza comportamentista, che possiamo certamente considerare di stampo razionalista, porta inoltre a separare nettamente gli aspetti oggettivi da quelli soggettivi e di valore impedendo una conoscenza personale, come nota Bertagna:

«I protagonisti della cultura classica e della rivoluzione scientifica moderna, da Galileo a Newton e Leibniz, ci avevano insegnato che non esiste separazione tra il mondo dei fatti e quello dei valori, tra il dominio della conoscenza oggettiva e quello della morale soggettiva, tra la sfera della certezza scientifica e quella del senso personale? Da Kant a Weber si è cercato di tenere insieme, anche a costo di mostrare il dramma personale di questa composizione, le due dimensioni? Oggi, andrebbe invece riconosciuta, più che l'impossibilità, l'inutilità dello sforzo [...]. Da qui, l'enfasi sulle necessità della “società della conoscenza” che si sostituiscono a quelle della “conoscenza personale”; sul volto e sulle esigenze universali della scienza e della tecnica che prevalgono su quelle della scienza e della tecnica concepite da ogni singola persona; sull'illuminismo, non altro che la faccia continentale dei *cultural studies* anglosassoni, della “cultura generale” che vince sulla ricerca dell'aspetto personale, e dunque eminentemente individuale, della realtà; sulla professionalità delle competenze oggettive che offusca la *Beruf*, un tempo, unità di mestiere e vocazione, consapevolezza che è la stessa cosa imparare un mestiere e fare conoscenza dell'altrui e nostra identità personale e morale; sul leggere, lo scrivere, il far di conto, l'andare al cinema, l'incontrare persone che diventano fini oggettivi, in sé, non più mezzi e dimostrazione per il fine soggettivo concreto della conoscenza di noi e degli altri.»<sup>279</sup>

Inoltre emerge come il docente abbia semplicemente il compito di proporre dei modelli, non se stesso. Egli è semplicemente un funzionario che propone metodi, procedure e tecniche, incentrando l'attenzione principalmente sugli aspetti organizzativi, burocratico-scolastici piuttosto che su quelli culturali e sul rapporto docente-discente, alimentando in tal modo scetticismo sui valori di verità insiti nella conoscenza. Fedeli<sup>280</sup> osservava, per quanto riguarda la riforma Berlinguer, che la possibilità di «aggregarsi» diversamente rispetto al gruppo classe, rappresentava un rischio rispetto

---

<sup>278</sup> Bertagna G. T[2001], p. 45.

<sup>279</sup> Ibidem, p. 49.

<sup>280</sup> Fedeli C. T[2000c], p. 28.



alla considerazione dei docenti come individui «interscambiabili»; si riscontra inoltre che fino agli anni '50 la scuola italiana, di matrice idealista, pur con tutte le sue incongruenze a cui abbiamo in parte accennato parlando della tendenza pragmatista-funzionalista – prima fra tutti quella di ritenere la scuola l'unico ambito educativo – aveva un «assetto “centrato” sulla cultura, vista come punto di partenza, contesto vivo (organicamente connesso al passato) e traguardo finale del processo educativo: mediante il quale ogni singola individualità in formazione poteva incontrare autentiche figure di “maestri” entrare in relazione con esse, perfezionarsi scambievolmente nella più alta dimensione del “sapere”, stabilire legami grati e durevoli.»<sup>281</sup>

### *Il Cognitivismo.*

Il punto di partenza del processo di apprendimento non è più la natura oggettiva degli eventi-stimolo come per i comportamentisti, ma la rappresentazione mentale che di essi l'individuo si costruisce mettendo in luce i processi di derivazione e connessione che fanno scaturire un'idea dall'altra:

«Nella cultura la primissima forma di apprendimento essenziale alla persona che diventa umana non è tanto la scoperta, quanto l'averne un modello. La costante fornitura di un modello, la costante esigenza di risposta alla risposta di un altro individuo, lo scambio reciproco tra due persone, costituiscono l'apprendimento dell'“invenzione”, guidato da un modello accessibile [...]. L'unica cosa evidente è che sembra ci sia una componente necessaria nella cultura umana che è simile alla scoperta, cioè l'opportunità di andare a esplorare la situazione.»<sup>282</sup>

Questo desiderio di scoprire cose nuove, di porsi delle domande, è in stretta relazione a quelle esigenze tipicamente umane a cui all'inizio di questo capitolo ci richiamava anche Husserl:

«Infatti concetti che non possono essere messi in relazione con esperienze illustrative o con esempi pertinenti diventano presto parole senza senso [...]. La significatività è in gran parte un fenomeno personale [...]. Questo vuol dire tradurre e trasformare delle idee nuove in termini personali e metterle in

---

<sup>281</sup> Ibidem, pp. 28-29.

<sup>282</sup> Bruner J. S. C[1971], pp. 112-116 e 122.

relazione con le proprie esperienze, la propria storia personale e il proprio sistema di valori [...]. Una volta che si sia sviluppato questo bisogno, l'apprendimento acquista naturalmente un maggior significato – allorché la materia sia presentata in modo carico di significato.»<sup>283</sup>

Diventa perciò importante presentare nel modo opportuno i contenuti; inoltre non tutte le informazioni hanno lo stesso valore: alcuni contenuti sono essenziali in quanto strutturano la mente; da questi si può partire con gradualità per aggiungerne altri: Il «sapere è concettualizzato» occorre dunque aiutare gli allievi ad individuare i nessi tra i fenomeni studiati. Nonostante la creatività e la riorganizzazione del sapere siano aspetti tenuti in considerazione, nonostante, soprattutto grazie all'insegnamento di Lev Semënovič Vygotskij (1896-1934) vengano considerati importanti le interazioni con la realtà o con le persone per la progettazione di attività di apprendimento e di lavoro in piccoli gruppi, tuttavia il modello di produzione del sapere scientifico dei cognitivisti è di natura personale, individuale e lascia da parte le ineludibili dimensioni intersoggettive e sociali del processo scientifico di conoscenza.

Da questo testo si evince l'importanza di riferirsi ad una tradizione scientifica e la necessità di favorire gli aspetti personali dell'intuizione e dell'immaginazione nel processo di conoscenza.

Nell'impostazione cognitivista il processo di apprendimento è un atto esclusivo del discente che crea, scopre, sperimenta la conoscenza.

I cognitivisti individuano il limite del comportamentismo soprattutto relativamente alle prassi ripetitive da esso adottate. Infatti i ragazzi crescendo avvertono una «resistenza all'apprendimento meccanico» in quanto il raggiungimento della consapevolezza del significato dipende più che mai dalla comprensione concettuale e dall'integrazione delle nozioni, oltre che da una loro partecipazione attiva (come abbiamo già detto). Mettiamo però in evidenza che la ripetitività dal nostro punto di vista non è sempre negativa in quanto a partire da essa gli studenti hanno l'occasione di «scoprire il tipo di pratica a loro più consona e di modularla a partire da sé.»<sup>284</sup> Inoltre le abilità si sviluppano e migliorano sempre in virtù del fatto che «il ritmo di soluzione-apertura si ripresenta più e più volte.»<sup>285</sup>

---

<sup>283</sup> Ausubel D. P. C[1954], pp. 482-496.

<sup>284</sup> Sennett R. E[2008], p. 44.

<sup>285</sup> Ibidem p. 45.

L'apprendimento «per scoperta» indicato dai cognitivisti generalmente non coinvolge tanto il processo di guidare gli allievi alla scoperta di quello che è «al di fuori» ma piuttosto alla scoperta di quello che c'è dentro di loro:

«Dovete convincere gli studenti del fatto che nelle loro teste ci sono modelli impliciti che sono utili.»<sup>286</sup>

Tali modelli o interpretazioni non si specifica mai se sono corrispondenti alla realtà e, come abbiamo visto nel precedente capitolo, questo aspetto è cruciale per la conoscenza.

### *Il costruttivismo*<sup>287</sup>

Prolungando gli esiti degli studi di Piaget e Vygotskij, dopo il cognitivismo e in linea con molte delle idee portate avanti da tale corrente, si afferma nel panorama attuale il costruttivismo. I costruttivisti si mostrano certamente più attenti dei cognitivisti al contesto socio-culturale che influisce sul soggetto e agli aspetti relazionali. Infatti l'apprendimento si caratterizza per essere un processo continuo di riorganizzazione dell'esperienza:

«L'insegnante non deve presentare delle verità precostituite, ma è piuttosto tenuto a predisporre delle situazioni adatte a suscitare interrogativi e riflessioni tra gli alunni. Perché questo accada una delle condizioni è che i docenti siano ovviamente convinti che gli allievi “sappiano pensare” e non siano soltanto dei vasi da riempire.»<sup>288</sup>

Nel costruttivismo gli sbagli non sono considerati come frutto di scarsa applicazione, né misconcezioni da correggere assolutamente, bensì «concezioni alternative» rispetto a quelle formalizzate del sapere scientifico.

Possiamo ricavare dai testi citati due aspetti importanti tra loro collegati su cui ci soffermiamo a riflettere. Il primo l'attenzione a non creare sovrastrutture che non modifichino realmente le pre-conoscenze dei ragazzi da qui la critica ad un

---

<sup>286</sup> Bruner J. S. C[1971], pp. 112-116 e 122.

<sup>287</sup> Molte delle considerazioni riportate in questo paragrafo sono desunte da Roletto E., Regis A. T[2010].

<sup>288</sup> Glasersfeld E.V. C[2001], pp. 38 e 48-49.

apprendimento meccanico perché considerato superficiale. Il secondo che la conoscenza della verità non venga neanche considerato, in quanto una verità obiettiva e assoluta non si crede possibile conoscerla in modo esauriente. Il sapere scientifico tende ad avere unicamente una validità pragmatica, in quanto funziona, oppure è una validità relativa al contesto culturale, sociale e storico.

L'unica cosa che è possibile – secondo l'impostazione cognitivista e in modo più marcato in quella costruttivista – è costruire ipotesi interpretative che consentano di conoscere il reale, che devono essere di volta in volta modificate in base ai diversi contesti o all'aumento di complessità. In questo senso alcuni costruttivisti hanno messo in luce un aspetto interessante e nevralgico che riguarda l'innescò di un «cambiamento concettuale» a partire da nuove esperienze in cui l'allievo si imbatte. Tale cambiamento, in base alla spiegazione fornita, genererebbe in lui una situazione conflittuale rispetto al modo abituale di spiegare il fenomeno che lo indurrebbe a cercare nuove vie risolutive reinterpretando oggetti, eventi e situazioni e andando così oltre la conoscenza di cui già dispone. L'educatore interviene a questo punto per far riflettere lo studente sul cambiamento concettuale allo scopo di renderlo consapevole a pieno della conquista conoscitiva avvenuta in modo tale che le nuove interpretazioni potranno essere utilizzate ulteriormente anche in nuovi contesti. Se da un lato riteniamo estremamente positivo il fatto che venga spostata l'attenzione sul processo di apprendimento da cui scaturisce la conoscenza, dall'altro non possiamo non evidenziare un punto debole di questo approccio: viene esaltata l'interpretazione soggettiva a discapito sia di un senso realistico e oggettivo del sapere sia di una comunicazione specifica delle discipline, in quanto l'insegnante si trasforma in semplice facilitatore del lavoro del discente, una sorta di regista che predispone le regole, ma non fornisce giudizi. Sebbene si consideri imprescindibile nell'atto dell'insegnamento la dimensione del significato, il docente non si pone come una guida che tira le fila, che propone chiaramente un percorso con finalità precise. Tale tendenza è in linea con una mentalità relativista che deresponsabilizza l'adulto portando ad appannare l'idea stessa di educazione «trasferendo al contesto istituzionale scolastico [...] qualsiasi forma selettiva e valutativa, di orientamento come di organizzazione del sapere»<sup>289</sup>. A questo proposito Rigotti scrive:

---

<sup>289</sup> Fedeli C. T[2000c], p. 29.

«L'insegnante non può ridursi a trasmettitore (divulgatore) del dibattito scientifico nell'aula scolastica [...]. E' invece signore (*dominus*) del suo sapere: soggetto responsabile, proprietario del sapere, che insegna e di cui si ri-appropria continuamente, appassionato della conoscenza della "cosa" [...], perché quella "cosa" testimonia la positività e la bellezza della realtà totale.»<sup>290</sup>

Anche per Bachelard la conquista di razionalità, non è un'impresa che si può eseguire da soli, bensì nel rapporto con un maestro:

«In un'educazione di razionalismo applicato [...] il maestro si presenta come un negatore delle apparenze, come un freno a convinzioni rapide. Deve mediare ciò che la percezione fornisce immediatamente. In un modo più generale, deve impegnare l'alunno nella lotta delle idee e dei fatti, facendogli ben notare l'inadeguatezza dell'ideale del fatto.»<sup>291</sup>

Nel primo capitolo avevamo esplicitato come, attraverso la dialettica tra soggetto e oggetto è possibile per Bachelard fondare quella tra empirismo e razionalismo o, se vogliamo tra pratica e teoria, tra concreto e astratto, tra metodo induttivo e metodo deduttivo. L'ultima importante dialettica di cui egli parla è quella tra docente e discente. Essa consente al discente di essere introdotto nella "città della Scienza". Possiamo dunque concludere che il rischio della ragione che rende possibile il salto conoscitivo, non è attuabile isolatamente: la conoscenza è sempre dialogica e si qualifica per essere una conquista intersoggettiva. Il limite più grande di un importo indiscriminato dei metodi scientifici nell'ambito educativo (che abbiamo visto essere presente soprattutto nella tendenza comportamentista) credo che consista proprio nel non considerare l'importanza del rapporto studente discente in prima battuta e tra studenti in seconda battuta ai fini conoscitivi; l'importanza cioè dell'instaurarsi di un legame affettivo empatico. Il motivo di questo stato di fatto deriva da una crisi profonda di natura antropologica (non è questa la sede per approfondire questo argomento) che riguarda l'indebolimento del principio di autorità e che ha a che fare con una «crisi profonda dei legami generativi-generazionali»<sup>292</sup>; da questo punto di vista anche la tendenza costruttivista non prende in considerazione in maniera adeguata l'importanza che hanno

---

<sup>290</sup> Rigotti E. E[2009], p. 22.

<sup>291</sup> Bachelard G. A[1949], p. 30.

<sup>292</sup> Botturi F., *Antropologia e relazione educativa nel'attuale contesto techno-nichilista*, p. 19 in QS n. 11 E[2010].

l'agire cooperativo tra insegnanti o studenti o semplicemente il rapporto tra studente e docente, aspetti evidenziati da Bachelard. Data l'importanza del tema che stiamo trattando, anticipiamo che esso verrà ripreso anche nel paragrafo 3.3.3 del prossimo capitolo.

Tornando alla problematica prima accennata relativa al rapporto del soggetto con la realtà, notiamo che, nonostante la maggior parte dei costruttivisti siano realisti dal punto di vista ontologico (relativamente, cioè, all'aspetto del «come è ciò che si conosce»), i più radicali, come von Glasersfeld, si collocano in una posizione ontologica di natura idealistica, secondo cui il mondo è costruito dal pensiero umano e dipende da questo: la realtà è la conseguenza e non la causa della costruzione del sapere scientifico. Questa impostazione li porta ad affermare che il mondo naturale non ha nessun ruolo nella costruzione del sapere scientifico, che non vi è realtà indipendente dai segni (parole, disegni, grafici, ecc.) usati per comprenderla, poiché la realtà è costruita nel linguaggio e mediante il linguaggio. Un ricercatore di didattica della matematica, Hans Freudenthal, nota che sta aprendosi un abisso sempre più ampio tra scienziati e filosofi della scienza per quanto riguarda la fede in una conoscenza obiettiva:

«Forse che qualche scienziato il quale non ha fede in una conoscenza obiettiva avrebbe lanciato la sonda Voyager 2 verso i pianeti maggiori, lontani come lo è Nettuno, per avere qualche conoscenza su di loro? [...] I filosofi e i metodologi della scienza, invece di cercare di scoprire la filosofia implicita degli scienziati, poiché non conoscono bene la scienza, oppure sono stati frustrati da lei, costruiscono i loro sogni. Certamente Von Glaserfeld è in buona compagnia, ma si tratta di una compagnia di spettatori piuttosto che di attori della scienza. Ora, in questo caso particolare, si dovrebbe tener conto di un terzo tipo di filosofia: quello dell'educazione. Queste tre filosofie dovrebbero essere sempre in relazione, purché non siano confuse tra loro. In ogni caso non vedo legami tra l'istruzione matematica e la mancanza di fede nella conoscenza obiettiva, sia essa chiamata costruttivismo o con un altro nome.»<sup>293</sup>

Osserviamo, inoltre, che a questa tendenza si combina talvolta un uso enfaticizzato degli strumenti multimediali. Fedeli assume un atteggiamento critico nei confronti della loro eccessiva diffusione e utilizzazione:

---

<sup>293</sup> Freudenthal H. E[1994], pp.185-186. Il pensiero di questo autore sarà approfondito nel prossimo capitolo.

«Se tale diffusione non sembra (ancora) in grado di offrire un “paradigma” del tutto alternativo al modello di formazione intellettuale e di scolarizzazione consolidatosi in Occidente dal Settecento a oggi (anche se qualcosa di radicalmente nuovo parrebbe possibile), essa ha però cominciato a influenzare in profondità – nei ragazzi, negli adolescenti, nei giovani – il modo non solo di pensare, ma anche (e più significativamente) di percepire, di cogliere la realtà e di addentrarsi in essa. gli studi di settore mettono in risalto, tra i principali caratteri del *brainframe* distintivo dei “nativi digitali”, il posto di rilievo occupato dal “pensiero breve” e dal “pensiero visivo”, che comportano uno spostamento d’asse dell’elaborazione cognitiva dal concetto e dalla riflessione alla definizione e all’immagine – con tutte le conseguenze che ciò può comportare, ad esempio, sulla capacità di penetrare intuitivamente il reale che si ha di fronte (*l’intus legere*) e di sviluppare il conoscere attraverso i momenti dell’*argomentazione* e della *sintesi*<sup>294</sup> (le due espressioni più tipiche del “pensiero discorsivo”, in cui la grande tradizione filosofica e umanistica europea ha individuato uno dei tratti distintivi della natura razionale dell’uomo).»<sup>295</sup>

### Anche Sennett ricorda che

«il tattile, il relazionale e l’incompleto fanno parte dell’esperienza fisica che si vive nell’atto manuale [...]; dovrebbero essere eventi positivi della nostra attività intellettuale; dovrebbero stimolarci, come non possono fare la simulazione e la manipolazione facilitata di oggetti già completi [grazie a programmi informatici] [...]. C’è il rischio di demandare alle macchine questo processo di apprendimento, limitandoci a fungere da testimoni passivi e da consumatori di abilità tecniche sempre più ampie, senza parteciparvi [...]. Gli abusi [...] [in questo senso] illustrano come, quando la testa e la mano divorziano, è la testa a soffrirne.»<sup>296</sup>

Riguardo a questa tematica, che non approfondiamo, vogliamo però evidenziare anche aspetti positivi che possono emergere dall’utilizzo di diversi livelli e contesti di conoscenza garantiti dal supporto delle tecnologie multimediali. Solo per fare alcuni esempi, possono essere costruiti o consultati ipertesti e simulazioni durante attività didattiche, visionati filmati e immagini, ascoltate e prodotte registrazioni, ecc. Anche in questo caso diventa fondamentale la gestione equilibrata e sensata di tali attività da parte del docente – aspetto che invece, come abbiamo detto, dai costruttivisti non viene adeguatamente preso in considerazione – nella consapevolezza che la cosa più importante per quanto riguarda la formazione è essere attenti a sviluppare le attitudini

---

<sup>294</sup> Approfondiremo questi aspetti nel capitolo 3.

<sup>295</sup> Fedeli C. D[2011].

<sup>296</sup> Sennett R. E[2008], p. 50.

degli studenti sollecitando l'iniziativa personale e integrando opportunamente conoscenze teoriche e attività manuali, sempre più carenti non solo nella scuola.

Oltre a quanto abbiamo considerato finora notiamo, infine, che nell'impostazione costruttivista domina spesso un influsso cognitivista in base a cui si focalizza l'attenzione sugli aspetti strutturali del sapere. Per esempio, nello studio di un testo si mettono in risalto le costruzioni grammaticali e logiche, le parole utilizzate, le critiche di altri autori, dimenticando le idee, i sentimenti che hanno generato l'opera stessa e i nessi tra autori, opere o altri campi del sapere. La stessa cosa avviene in ambito scientifico (come avremo modo di approfondire nel capitolo 3 parlando della tendenza strutturalista) svilendo la portata conoscitiva che si qualifica prima di tutto come avventura umana e innesco di interrogativi di fronte a problemi in cui ci si imbatte. La conseguenza di questo atteggiamento sul discente è una perdita del gusto dell'apprendimento.

Riassumendo, constatiamo come nelle due tendenze appena esplicitate siano sostanzialmente presenti i due volti più caratteristici della modernità, il razionalismo nel comportamentismo, sotto le spoglie di un approccio positivista, e il relativismo nel costruttivismo. Nel primo caso si cerca l'oggettivazione a tutti i costi attraverso il metodo scientifico applicato in modo del tutto forzato all'ambito educativo, rinunciando all'aspetto del significato e quindi dell'esperienza intesa in modo piattamente analitico. Nel secondo caso si dà importanza all'esperienza e all'interpretazione di essa tramite la modellizzazione e la simbolizzazione trascurando però la possibilità di raggiungere una conoscenza certa in base ad una deriva relativista. Possiamo constatare che quanto è emerso nel primo capitolo sul piano epistemologico e culturale ha ripercussioni sul piano pedagogico: gli stessi punti critici che abbiamo riscontrato in quel contesto li abbiamo rilevati in questo, evidenziando quegli aspetti che riguardano più specificatamente l'ambito educativo, primo fra tutti il rapporto fra docente e discente, aspetto che riprenderemo con maggiori dettagli nel successivo capitolo dedicato all'impostazione didattica. In questa sede ci limitiamo a riscontrare il fatto che in tutte le tendenze che abbiamo esposto la figura del docente viene in qualche modo appannata, non essendo mai presa nella considerazione che meriterebbe la sua importanza come punto di riferimento nella trasmissione della conoscenza.



Per i rischi sottesi alle tendenze pedagogiche appena esposte che abbiamo tentato di sviscerare, risulta indispensabile accompagnare i docenti in un processo di formazione che possa tenere presente anche tutti gli aspetti enucleati nei criteri che costituiscono le nostre ipotesi, non trascurando la valorizzazione delle buone esperienze didattiche.

#### 2.1.4 La teoria dei sistemi complessi in ambito educativo

Diversamente dalle tendenze che abbiamo preso in considerazione, in quest'ultimo periodo a partire dalla seconda metà del '900 si è andata sviluppando un diverso paradigma basato sulla teoria della complessità e sulla concezione evolutiva delle scienze sociali, in seguito alla duplice constatazione dei «continui mutamenti tecnologici non solo nell'ambito delle attività produttive, ma anche nella vita quotidiana, nei processi migratori che pongono a diretto confronto culture, mentalità e consuetudini diverse»<sup>297</sup> e di una profonda crisi in campo educativo. In ambito più strettamente pedagogico, fra gli intellettuali che condividono questo approccio si annoverano certamente i pedagogisti che costituiscono il nostro riferimento principale. Essi sostengono che l'educazione adatta ai nostri tempi dovrebbe essere «transfenomenale, transdisciplinare e interdiscorsiva, non orientata a un fine predeterminato, ma aperta alle possibilità e potenzialità degli attori coinvolti.»<sup>298</sup> Nel processo formativo ritengono che assuma notevole importanza la rete di relazioni di cui è intessuta la vita dello studente, in particolare con i docenti, concependo l'esperienza come la capacità di relazione umana col mondo in tutte le sue forme. Inoltre diventa essenziale la necessità di valorizzare la persona nella sua integralità per una sua maturazione responsabile<sup>299</sup>. In questo senso la crisi educativa che viene riscontrata, non riguarda i metodi pedagogici seguiti dagli educandi o i valori da essi comunicati – educazione all'ambiente, alla cittadinanza, al risparmio energetico ecc. – ha, piuttosto, un'origine ben più profonda che coinvolge la persona e il suo rapporto con la realtà

---

<sup>297</sup> Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008], p. 17. In esso si cita anche Jorg T., Davisc B., Nickmans G. F[2007].

<sup>298</sup> Vedi nota precedente.

<sup>299</sup> Per approfondimenti, si consulti l'intervento di G. Chiosso, *Educazione scuola complessità*, p. 48 dello stesso testo. A p. 65 Chiosso scrive: «Si tratta di una concezione umanistica dell'educazione tradizionalmente affidata più alle esperienze ricche di significato che al rispetto di predeterminate prassi procedurali.»

(come abbiamo già accennato precedentemente) che rischia di essere in qualche modo ridotto e frammentato<sup>300</sup>.

A questo proposito osserva Fedeli:

«Di rilievo propriamente culturale, è ciò che, in uno dei suoi ultimi scritti, Romano Guardini ha chiamato “progressiva attenuazione del senso dell’essere”. Essa costituisce l’esito finale del processo di “riduzione” dell’esperienza religiosa nella sola sfera dell’interiorità, compiutosi nel corso dell’epoca moderna. Indebolendo o atrofizzando la capacità di percepire il reale come un “tutto”, formato da vari e distinti particolari, e come un “segno”, che urge l’intelligenza a oltrepassare l’immediata evidenza delle cose, tale attenuazione ha finito per compromettere seriamente la nostra capacità di rapporto col mondo, con gli altri uomini e con la nostra stessa vita. Così, nota ancora Guardini, “tutto diventa meno importante” per l’uomo contemporaneo – fino al limite estremo della “totale perdita del senso del reale”[...]. Forse gli studenti si sono abituati a esercitare le loro capacità intellettive nel breve “campo di realtà” circoscritto dal funzionalismo e dal metodologismo imperanti, non solo per le cause istituzionali e strutturali sopra ricordate, ma anche per una mancanza di consapevolezza dell’intera portata conoscitiva della ragione umana, e per un esteso deficit di educazione a essa.»<sup>301</sup>

Riferendosi sempre a questo aspetto, per quanto riguarda gli insegnanti, Chiosso nota:

«Nell’enfatizzare la dimensione professionale si è finito purtroppo per sottacere che l’insegnamento – come altre professioni di servizio alla persona – non è solo conoscenza delle principali tecniche della comunicazione didattica, ma è anche ricerca culturale, desiderio di lavorare con gli altri, di accettare la sfida personale e impegnativa, di rappresentare – ci piaccia o no – un modello per gli allievi.»<sup>302</sup>

Uno dei capostipiti della teoria della complessità in ambito pedagogico, che rifiuta l’impostazione classica riduzionista emergente dalle tendenze precedentemente esposte, è il sociologo Edgar Morin, il quale estese la nozione di sistema complesso<sup>303</sup> dei sistemi fisico-chimici ai sistemi sociali e quindi anche educativi. In riferimento a quest’ultimo, riportiamo i principali contenuti del suo pensiero riportando alcune citazioni:

---

<sup>300</sup> Scrive Botturi: «Nell’ethos postmoderno si radicalizza la difficoltà a dare al vissuto la forma di un’esperienza reale in prima persona, come vissuto sensato dotato dei caratteri di una totalità unificata, dinamica e aperta [...]. La scomposizione di ragione e affetti è oggi forse il principale ostacolo del comporsi dell’esperienza.» (Botturi F., *Antropologia e relazione educativa nel’attuale contesto techonichilista*, p. 17 in QS n. 11 E[2010]).

<sup>301</sup> Fedeli C. D[2011].

<sup>302</sup> Chiosso G., *E’ possibile una scuola senza senso?*, p. 32 in QS n. 11 E[2010].

<sup>303</sup> Per approfondimenti si veda il capitolo 1, il paragrafo che tratta la complessità.

«Più potente è l'intelligenza generale, più grande è la sua facoltà di trattare problemi speciali. L'educazione deve favorire l'attitudine generale della mente a risolvere i problemi e correlativamente deve stimolare il pieno impiego dell'intelligenza generale.»<sup>304</sup>

L'educazione deve cioè favorire «l'attitudine indagatrice» esercitandola a cogliere «indizi che consentono di ricostruire tutta una storia» evitando la frammentazione e parcellizzazione del sapere. Per raggiungere tali obiettivi occorre «rimpiazzare la causalità lineare e unidirezionale con una causalità circolare e multireferenziale» adottando un «pensiero che interconnette» capace «di ricercare le relazioni e le inter-retroazioni tra il fenomeno e il suo contesto, le relazioni reciproche tutto-parti, e cioè come una modifica locale si ripercuote sul tutto».<sup>305</sup> Un pensiero «capace di non rinchiudersi nel locale e nel particolare, ma capace di concepire gli insiemi [...]; adatto a favorire il senso della cittadinanza e della responsabilità.»<sup>306</sup>

Il pensiero complesso consente di stabilire nessi interdisciplinari in una prospettiva sostanzialmente unitaria del sapere, in cui il sapere stesso è concepito come plurale e multiforme e perciò non succube del paradigma scientifico, come accade soprattutto nella tendenza comportamentista o in qualunque posizione tipicamente scienziata. Inoltre attraverso questa prospettiva il tema della certezza conoscitiva viene affrontato con maggiore apertura ed equilibrio, evitando in questo modo da una parte dogmatismi e preclusioni, tipici di un riduzionismo determinista di matrice positivista, dall'altra di trascurare l'anelito dell'uomo al vero – come avviene nelle tendenze relativiste tipicamente scettiche rispetto alla capacità da parte dell'uomo di conoscere la verità – pur nella consapevolezza della provvisorietà delle sintesi via via messe a punto.

Concludiamo con una citazione un po' provocatoria di Bertagna che evidenzia come le nuove tendenze pedagogiche “progressiste” sviliscono aspetti fondamentali dell'apprendimento che in passato, a ragion veduta, erano riconosciuti come dei pilastri, quali l'importanza di partire dall'esperienza e dal vissuto personale dell'allievo, di trasmettere i contenuti specifici della disciplina anche attraverso il fare pratico inteso non solo nei termini di un insegnamento di una tecnica:

---

<sup>304</sup> Morin E. C[2000], p. 16.

<sup>305</sup> Morin E. C[2000], pp. 19-20.

<sup>306</sup> Morin E. C[2000], p. 101.

«Siamo stati abituati dalla tradizione pedagogica occidentale, e soprattutto dalle acquisizioni della psicologia del Novecento, a pensare che, soprattutto nell'età evolutiva, la linea dell'apprendimento dovesse correre dal vicino al lontano e dal concreto all'astratto? Partire dai vissuti e dalle esperienze del bambino per allargare a poco a poco l'orizzonte, fino a giungere ad abbracciare quello dell'umanità, nello spazio e nel tempo? Immergersi nella tradizione da cui si proviene proprio per poterla, se del caso, abbandonare? Ebbene, innovazione è fare il contrario. Nella scuola e nella pedagogia tradizionale si affermava il nesso inscindibile tra contenuti e metodi, per cui l'apprendimento dei primi non era indifferente ai secondi e i secondi variavano in rapporti ai primi? Oggi, la parola d'ordine è diventata apprendere ad apprendere ovvero si è promosso il metodo da mezzo per l'apprendimento di determinati contenuti dell'insegnamento a contenuto esso stesso di tutto l'apprendimento e l'insegnamento possibile.»

307

Gli aspetti che riguardano la tradizione e il contenuto e il metodo citati da Bertagna saranno ripresi con la dovuta attenzione nel successivo capitolo.

## 2.2 Elenco degli articoli di *Emmeciquadro* selezionati

Alla fine della nostra esposizione elenchiamo gli articoli che ci sono parsi più significativi rispetto all'argomento trattato in questo capitolo. Quelli che sono dotati di contrassegno \*\* sono quelli più densi di contenuto che hanno contribuito alla stesura di questo capitolo. Essi sono riportati nell'*Archivio degli articoli Emmeciquadro ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate* con il titolo: *Tendenze Pedagogiche*.

---

<sup>307</sup> Bertagna G. T[2001], p. 50. Precisiamo che alcune di queste tendenze che possiamo definire antitradizionaliste, sono presenti anche nel pensiero di Morin; questo ci permette di ribadire quanto detto all'inizio di questo capitolo: nessuna delle tendenze da noi esposte si trova nel contesto reale collocata in ambiti o impostazioni culturali ben definiti.

### 3. I principali aspetti didattici presenti nella rivista coerenti con l'impostazione pedagogica e culturale

#### Introduzione

Nell'insegnamento delle scienze sperimentali assume notevole importanza il processo che, a partire dall'esperienza<sup>308</sup>, conduce alla formulazione da parte dei docenti di percorsi di tipo sperimentale proposti agli studenti. Dopo aver approfondito gli aspetti emergenti dalla rivista che riguardano l'esperienza dell'indagine scientifica, abbiamo ora i presupposti per prendere in considerazione l'esperienza dell'apprendimento e insegnamento delle Scienze, mettendo in luce in particolare gli aspetti che riguardano i livelli scolastici della primaria e secondaria di primo grado<sup>309</sup>. Sotto questo profilo, i punti nodali trattati nei precedenti capitoli di carattere culturale che ineriscono anche la ricerca scientifica e la loro ricaduta sulla formazione in un senso più teoretico, non possono infatti non avere un'incidenza sia sulla formazione culturale degli insegnanti sia di conseguenza sugli studenti sotto il profilo educativo in generale (non solo conoscitivo). Tale aspetto viene evidenziato anche da Carlo Vinti quando spiega in cosa consista uno dei principali contributi di tipo culturale di Gaston Bachelard:

«Il laboratorio scientifico, con le sue dialettiche comunicative, con le sue professionalità e specializzazioni, con le sue gerarchie costituisce un paradigma esemplare entro il quale collocare la struttura scolastica e la sua organizzazione didattica; a sua volta la classe scolastica e la dialettica dell'apprendimento che in essa si instaura può essere un ottimo esempio per la comunità scientifica stessa [...]. Alla luce di questa "pedagogia progressista", come la chiama Bachelard, l'analogia tra la città scientifica dove si fa scienza e la classe dove la si apprende è del tutto evidente: un identico bisogno di

---

<sup>308</sup> La parola "esperienza" deriva dal latino *ex-periri* (ex rafforzativo e periri, ossia "fare esperienza") e presenta un significato simile a *peira* (ossia prova, saggio); infatti indica «la conoscenza e la pratica delle cose, acquistata attraverso prove fatte da noi stessi o per averle viste fatte da altri, conoscenza del mondo e della vita.» (Cortellazzo M., Zolli P. A[1980], p. 399). Il termine "-perior" implica la nozione di pericolo, prova, qualcosa con cui ci si misura, una prova attraverso cui passare. Quindi sono insiti nell'esperienza il passaggio e la prova, il pericolo e la misura: fare un'esperienza vuol dire passare là dove non si era mai passati.

<sup>309</sup> La rivista in effetti è rivolta anche a docenti della scuola secondaria di Secondo grado e contiene percorsi relativi a questo livello scolastico. Tuttavia la scelta che abbiamo fatto è di porre l'attenzione sui livelli di scuola inferiore, sebbene molte delle considerazioni che esporremo abbiano un carattere del tutto generale.

allontanarsi dalla conoscenza ordinaria e dalla cultura non discussa, una identica attività di differenziazione, e identico rapporto dialogico tra i membri delle rispettive comunità.»<sup>310</sup>

In questo senso la rivista *Emmeciquadro* si colloca in questo crocevia, nell'ambito del quale ricercatori, scienziati e insegnanti possono interagire e comunicare nell'ottica di un arricchimento reciproco soprattutto finalizzato alla formazione culturale e didattica dei docenti, i principali fruitori di essa. I percorsi didattici presentati nella sezione *Scienz@scuola* nascono nell'alveo di due gruppi di ricerca della scuola primaria e secondaria per l'insegnamento delle Scienze presieduti da due ex insegnanti che hanno un ruolo attivo nella rivista: Maria Elisa Bergamaschini, capo redattore della rivista, che, in qualità di ex docente di Fisica, copre la competenza scientifica per quanto riguarda questo ambito; Cristina Speciani, vice Presidente, che copre la competenza scientifica nell'area chimica e biologica. Tali gruppi di ricerca sono destinati a docenti che condividono i criteri educativi di fondo della rivista e costituiscono per essi un'esperienza di formazione di cui preciseremo le caratteristiche nel capitolo 6. Alcuni dei docenti che partecipano ai gruppi di ricerca<sup>311</sup> producono articoli che descrivono i percorsi proposti a scuola documentando il lavoro svolto attraverso foto e brevi resoconti dagli studenti ritenuti particolarmente significativi. Gli articoli confluiscono nella rivista *Emmeciquadro* nella sezione *Scienz@scuola*. In questo capitolo ci occupiamo di enucleare gli aspetti didattici fondanti e per certi versi innovativi che emergono dagli articoli prodotti dai docenti del Gruppo di ricerca<sup>312</sup>. Alcuni aspetti ritenuti importanti saranno ulteriormente approfonditi mediante l'utilizzo di altre fonti che specificheremo in seguito.

### *Struttura del capitolo*

La struttura del presente capitolo rispecchia quella della seconda parte del primo, proprio nell'ottica di esprimere anche nella forma che il livello didattico non può essere considerato disgiunto da quello epistemologico e che è proficua la stretta connessione

---

<sup>310</sup> Vinti C. in Correale N. F[2012].

<sup>311</sup> Per approfondimenti riguardo al metodo di lavoro seguito all'interno dei gruppi di ricerca rimandiamo al capitolo 6.

<sup>312</sup> E' possibile recuperare e consultare tali articoli in fondo a questo testo sotto il titolo *Storico Emmeciquadro, Percorsi Primaria e Secondaria*.

tra i due ambiti per un reciproco scambio di prospettive, esperienze, approcci formativi e culturali. Ci sembra utile a questo punto presentare lo schema del capitolo:

- 1) *L'incontro con la realtà: l'osservazione come punto di partenza*
- 2) *Superamento del senso comune attraverso l'approccio sperimentale:*
  - *L'esperimento*
  - *Dai modelli iconici a quelli simbolici*
  - *Dal linguaggio quotidiano al linguaggio specifico per l'appropriazione non formale dei contenuti*
- 3) *Aspetti trasversali che fanno da sfondo ai percorsi didattici proposti:*
  - *Ricorsività*
  - *Gli insegnamenti derivanti dalla storia*
  - *La guida del docente e la collaborazione coi compagni*
- 4) *Le competenze*

Consultando lo schema riportato osserviamo che il primo punto si trova in un rapporto analogico con quanto abbiamo esposto nel paragrafo 1.1.9 del primo capitolo quando abbiamo descritto come inizia ogni indagine conoscitiva. Nel punto successivo, che tratta l'approccio sperimentale (e che richiama i paragrafi 1.3.1 e 1.3.2 del precedente capitolo), sono descritti ed esemplificati i due metodi di ragionamento induttivi e deduttivi che permettono il processo di conoscenza attraverso la loro interazione circolare. Inoltre a proposito di modelli, dove si parla di matematizzazione e dei livelli cognitivi, vengono esplicitati gli approcci didattici che subiscono l'influenza delle tendenze riduttive che provengono dall'ambito epistemologico e, più in particolare, pedagogico (secondo capitolo), basandoci sull'interpretazione del matematico olandese Hans Freudenthal (1905-1990) il quale propone una metodologia didattica da lui definita "*reinvenzione guidata*". La redazione di *Emmeciquadro* ha individuato e nel tempo approfondito tale impostazione di insegnamento/apprendimento, in quanto essa è del tutto coerente con l'impostazione culturale che abbiamo esposto nel primo capitolo. Anche in questo caso, come abbiamo evidenziato nel secondo capitolo, vale la pena chiarire che tali riduzioni sono da considerarsi non come scuole di pensiero da rifiutare in blocco, bensì come criteri generali da tenere presente per giudicare criticamente il

proprio operato di docenti o le attività che vengono proposte da esterni, oppure la scelta di libri di testo e letture scientifiche in genere. Infatti qualunque attività organizzata dal docente potrebbe incorrere in questi rischi, indipendentemente da principi e valori in cui egli crede o dalle sue convinzioni personali, tanto può essere sottile e insidioso il modo in cui certe tendenze circolano senza che egli ne sia interamente consapevole. Infine viene approfondito anche l'aspetto puramente comunicativo, in quanto il veicolo linguistico si considera fondamentale per l'acquisizione non formale di una mentalità scientifica e per la comprensione dei significati in maniera consapevole, onde evitare le derive tecnicistiche e procedurali che possono insinuarsi nel modo di proporre le attività sperimentali.

Per quanto riguarda gli aspetti trasversali che caratterizzano l'approccio didattico, oltre a considerare la storia della scienza (aspetto già emerso nel primo capitolo nel paragrafo 1.4.2), viene affrontato anche l'aspetto che riguarda la struttura dei percorsi, di tipo ricorsivo – che risulta adeguato ad una conoscenza che si approfondisce e si evolve nel tempo – e quello del contesto di relazioni in cui avviene l'apprendimento, mettendo in evidenza l'importanza del docente nel suo ruolo di guida e non semplicemente di facilitatore dell'apprendimento (come abbiamo già evidenziato nel secondo capitolo). Ecco perché diventa fondamentale una formazione rivolta ai docenti che, attraverso una solida formazione concettuale, consenta loro di assolvere il proprio compito educativo in maniera adeguata.

Una precisazione che è opportuno esplicitare riguarda il fatto che non abbiamo ritenuto necessario trattare in un paragrafo a sé stante il coinvolgimento personale e la complessità come invece abbiamo fatto nel primo capitolo. Questo perché questi aspetti emergono parlando dell'approccio sperimentale e degli aspetti trasversali ad esso inerenti.

Prima di esporre la nostra trattazione desideriamo motivare la scelta degli autori utilizzati. Abbiamo già parlato di Freudenthal e delle sue considerazioni, valide senz'altro non solo per l'insegnamento della matematica. Tra i collaboratori della rivista, o autori che scrivono su di essa, che approfondiscono la sua impostazione, abbiamo scelto i contributi della ex-docente di matematica Raffaella Manara, delle ex-docenti Bergamaschini e Speciani che abbiamo già citato, mentre per quanto riguarda aspetti più generali di ordine scientifico quelli del Presidente di *Emmeciquadro* Mario



Gargantini, del chimico Giuseppe Del Re (1958-2009), autore di numerosi articoli della rivista, del linguista Eddo Rigotti. Abbiamo anche in questo capitolo attinto dalla vasta produzione di Bachelard (avvalendoci anche dell'interpretazione delle sue opere data da Carlo Vinti), in quanto abbiamo trovato notevoli spunti anche sul fronte educativo in particolare per quanto riguarda l'aggancio con la ricerca scientifica e il rapporto docente-discente. Inoltre ci è parso interessante il giudizio espresso da Richard Sennett (1943-vivente) riguardo all'importanza di eseguire lavori pratici e manuali in quanto consentono di sviluppare le potenzialità creative insite nella persona. Anche le ricerche di Margaret Donaldson <sup>313</sup> (1929-vivente) sull'apprendimento della matematica sui bambini e le osservazioni e del matematico Lucio Russo <sup>314</sup> confermano quanto riscontrato da Richard Sennett in un ambito più generale che riguarda anche gli aspetti teorici e concettuali. Un noto studioso di logica e semiotica, Charles Sanders Peirce (1839-1914), ci offre spunti interessanti per quanto riguarda la descrizione dei modelli in riferimento al loro aumento progressivo di astrazione. A questo proposito evidenziamo che la struttura a livelli della tabella delle competenze, che presentiamo alla fine, sostanzialmente ricalca tale descrizione. Infatti, in base allo schema da noi proposto, la valutazione dell'apprendimento veicolato dai modelli iconici e sperimentali avviene nel primo livello, quello dei modelli più astratti (definiti da Peirce simbolici) nel secondo livello, quello di fenomeni complessi nel terzo livello. Una progressione a livelli è presentata in maniera del tutto simile per quanto riguarda la padronanza linguistica: nel primo e secondo livello la comunicazione è strettamente vincolata agli aspetti empirici e descrittivi, nel terzo livello la padronanza linguistica consente di spiegare i fenomeni che sono stati compresi; nell'ultimo anno della scuola secondaria di primo grado si giunge anche alla valutazione della capacità argomentativa acquisita dagli studenti.

Procediamo ora con la trattazione approfondita di quanto abbiamo sinteticamente esposto in questa introduzione preliminare.

---

<sup>313</sup> Margaret Donaldson è una delle ricercatrici più famose che ha dimostrato attraverso i suoi esperimenti alcuni punti deboli della teoria di Piaget, tra cui l'idea più eclatante è che il bambino prima dei sei-sette anni non avrebbe capacità astrattive.

<sup>314</sup> Lucio Russo è anche autore di: Russo L. U[2000], di cui si consiglia la lettura per le tematiche che affrontiamo.

### 3.1 L'incontro con la realtà: l'osservazione come punto di partenza

Per affrontare un percorso di conoscenza di tipo scientifico sia con i bambini della scuola primaria che si cimentano per le prime volte con lo studio delle Scienze sia con i ragazzi più grandi, è fondamentale partire dalla realtà che incontrano, in quanto essa desta curiosità di conoscerla e scoprirla suscitando in loro stupore e domande. Perciò l'atteggiamento originario in grado di innescare la conoscenza, che abbiamo visto coinvolgere gli scienziati, a maggior ragione è valido a scuola nel rapporto con gli studenti. Il primo fatto di cui lo studente può rendersi conto è che la realtà si presenta differenziata: non è un ammasso indistinto e omogeneo di cose tutte con la stessa importanza o valore. In base alle indicazioni dell'insegnante che valuta su quali particolari e aspetti val la pena soffermarsi <sup>315</sup> in vista dell'itinerario che intende intraprendere <sup>316</sup>, gli studenti hanno l'occasione di allenare la propria capacità di analisi imparando a selezionare e ordinare gli oggetti che osservano. Da un punto di vista logico il metodo adottato quando si osserva e si analizza un oggetto è quello induttivo. Esso si caratterizza per il fatto di svolgersi dal basso verso l'alto (bottom-up), dal particolare all'universale <sup>317</sup>. Tuttavia osservare non significa registrare asetticamente dei dati elencando gli oggetti come se fossero scorrelati tra loro. Inoltre tali oggetti non sono riducibili all'aspetto empirico di tipo strutturale separato da quello funzionale. Questo perché gli oggetti esistono sempre in riferimento ad un contesto unitario a cui il soggetto conferisce un senso. Un'operazione di analisi può avvenire dunque su vari livelli e non procedendo secondo una sequenza lineare e indistinta, altrimenti non sarebbe neppure possibile l'operazione di ordinamento e selezione dei dati. Queste considerazioni sono necessarie anche perché una tendenza diffusa, che si evidenzia quando le discipline progressivamente devono essere affrontate nella loro specificità a partire dalla scuola secondaria di primo grado, è quella di separare fin dall'inizio l'oggetto di studio dal contesto usuale dove esso è inserito, non consentendo così di cogliere i nessi della parte esaminata con il tutto, dove con la parola tutto intendiamo sia

---

<sup>315</sup> A questo riguardo si può leggere Arecchi F.T. N[2005].

<sup>316</sup> Per approfondimenti si veda Speciani M.C. Y[2010a].

<sup>317</sup> Per approfondimenti sul metodo induttivo si veda Roletto E. T[1999].

il contesto sia la persona dello studente con la sua esigenza di significato <sup>318</sup>. Dopo queste doverose precisazioni, entriamo ora in merito ai risvolti prettamente didattici. Lo spunto iniziale per intraprendere un percorso di scienze potrebbe essere, solo per fare alcuni esempi, un'uscita didattica in un luogo particolare ma anche semplicemente nel giardino della propria scuola; oppure, un'osservazione di un fenomeno scelto come oggetto di studio: se per esempio il percorso inerisce lo studio dell'apparato digerente gli allievi potrebbero iniziare ad osservare la bocca del proprio compagno.

## 3.2 Superamento del senso comune attraverso l'approccio sperimentale

319

E' riconosciuto da tutti che il pensiero scientifico ha come fondamento il metodo sperimentale. Quello che invece è meno scontato è il fatto di prestare attenzione al modo in cui tale metodo è proposto dai docenti non considerando adeguatamente l'incidenza negativa di presupposti culturali che potrebbero rischiare di ridurlo. Del Re nel brano che presentiamo esprime proprio questa preoccupazione:

«Sarebbe ridicolo, se anche fosse possibile, giustificare un'informazione del genere [cioè che le stelle sono simili "in gran parte delle fornaci nucleari" nell'esempio esposto dall'autore nell'articolo] con il metodo scientifico secondo i sussidiari di certi istituti nazionali: "osservazione: manca la luce; ipotesi: la lampadina si è rotta; applicazione: la mamma sostituisce la lampadina; verifica: la nuova lampadina si accende". Se questo è un avviamento alla scienza, i grandi scienziati non hanno mai avuto bisogno di studiare, perché questo è il metodo che applica chiunque abbia a che fare con qualcosa che non vada secondo il previsto.» <sup>320</sup>

Uno dei motivi più evidenti della riduzione del metodo sperimentali è la totale o parziale inconsapevolezza nei docenti dei presupposti teorici e interpretativi che stanno alla base dei contenuti trattati, dando per scontata l'evoluzione del pensiero che ha

---

<sup>318</sup> Riguardo agli aspetti appena specificati potrebbe essere utile leggere Florenskij P. U[2010] (ristampa della conferenza da lui tenuta nel 1917). In essa sono specificate le caratteristiche di una lezione, fra cui è essenziale l'attenzione a presentare i contenuti in modo unitario ma non meccanico favorendo l'apprendimento attraverso esperienze concrete e creative che stimolino la curiosità degli studenti.

<sup>319</sup> Per approfondimenti riguardo all'approccio sperimentale di tipo epistemologico, si rimanda al primo capitolo.

<sup>320</sup> Del Re G. N[2005], p.11.

condotto alla formulazione delle leggi scientifiche presentate o verificate sperimentalmente. Questa carenza ha degli effetti deleteri sulla preparazione degli studenti; infatti l'apprendimento di un qualunque fenomeno implica la ricostruzione di tutto il processo che ha permesso di giungere alla sintesi teorica che ne spiega la natura, altrimenti non sarebbe possibile realmente comprenderlo e conoscerlo, come abbiamo ampiamente documentato anche nel primo capitolo:

«Sarebbe senza dubbio più semplice *insegnare i risultati*. Ma l'insegnamento solo dei *risultati* della scienza non è mai un insegnamento scientifico. Se la linea di produzione spirituale che ha portato il risultato non viene esplicitata, si può esser certi che lo studente combinerà il risultato con le sue immagini più familiari. E' pur necessario "che capisca", e si ricorda solo capendo. Lo studente capisce a modo suo. E siccome non gli sono state date delle ragioni, egli aggiunge al risultato le sue ragioni personali.»<sup>321</sup>

Da questo punto di vista è importante che siano sempre mantenuti in stretta correlazione gli aspetti teorici e sperimentali, come menziona anche Russo nel seguente brano:

«Sembra che [...] il metodo scientifico scompaia dall'insegnamento, grazie alla sottrazione concreto- astratto o teoria-esperimento il cui rapporto caratterizza la scienza [...]. Ciò che resta è solo una serie di termini usati per denotare entità concrete ma inaccessibili allo studente [...]. Neutrini, quasar e buchi neri finiscono così con lo svolgere un ruolo per certi versi analogo a quello svolto in altre culture da ninfe o folletti.»<sup>322</sup>

Tale presupposto di base diventa condizione affinché possano essere superate le misconcezioni che gli studenti hanno in partenza:

«Il carattere specifico del sapere scientifico influisce sul suo stesso insegnamento, sulla sua didattica. Così come fare scienza implica preventivamente una messa in discussione del senso comune e un'adeguata preparazione teorica e tecnica, allo stesso modo l'insegnamento della scienza esige un maestro preparato e una classe preparata. La comunicazione di una cultura scientifica aperta esige anzitutto la rimozione di precisi "ostacoli pedagogici", cioè di tutte quelle valorizzazioni proprie della vita e del pensare quotidiani che impediscono agli allievi il contatto diretto con il sapere scientifico e con i suoi meccanismi di crescita.»<sup>323</sup>

---

<sup>321</sup> Bachelard G. A[1938], p. 278.

<sup>322</sup> Russo L. E[1998], p. 36.

<sup>323</sup> Vinti C. in Correale N. F[2012].

Gli “ostacoli pedagogici” a cui fa riferimento Vinti sono uno dei principi cardine espressi da Bachelard, il quale afferma che essi vengono spesso sottovalutati nell’atto di insegnare. Perciò la vigilanza e il rigore sono gli atteggiamenti che devono caratterizzare il maestro:

«Nell’educazione la nozione di ostacolo pedagogico è misconosciuta. Spesso mi ha colpito il fatto che i professori di scienze – più ancora degli altri se ciò è possibile – non comprendono il fatto che si possa non comprendere. Sono in pochi quelli che hanno indagato la psicologia dell’errore, dell’ignoranza e dell’irriflessione [...]. Non hanno riflettuto sul fatto che l’adolescente arriva alla classe di Fisica con delle conoscenze empiriche già precostituite: si tratta allora non di acquisire una cultura sperimentale ma di cambiarla, rovesciando gli ostacoli accumulati nella vita quotidiana.»<sup>324</sup>

L’effetto di un approccio che non tiene adeguatamente presente tali ostacoli è che non si sviluppa adeguatamente un pensiero razionale e una vera mentalità scientifica. A tal proposito, commentando una lezione di Maria Montessori sulla reazione dello zucchero con l’acido solforico, Bachelard scrive:

«Lo zucchero è zucchero il carbone è carbone [...]. C’è dunque da proporre un canovaccio teorico per affrontare il materialismo evoluto, per sganciare il materialismo evoluto da quello ingenuo, dal materialismo immaginario. Daremo volentieri questo minimo di teoria che impegna l’esperienza, pensa l’esperienza, come un esempio elementare del razionalismo applicato.»<sup>325</sup>

Quanto abbiamo menzionato ora in forma generale, sarà dettagliato nei punti seguenti, che sono ritenuti fondamentali per quanto riguarda la formazione di un serio approccio sperimentale.

### 3.2.1 L’esperimento

Come abbiamo già avuto modo di esplicitare (vedi primo capitolo), l’esperimento costituisce il fulcro del metodo scientifico, in quanto permette la verifica e il controllo delle ipotesi di una teoria scientifica e costituisce la strada maestra per giungere ad una spiegazione coerente dei fenomeni che si studiano. Un aspetto importante della fase sperimentale è costituito dall’osservazione, analisi e misurazione dei dati, in cui

---

<sup>324</sup> Bachelard G. A[1949], pp. 16-17.

<sup>325</sup> Bachelard G. A[1953], p.41.

prevalgono ragionamenti prevalentemente di tipo induttivo. Tuttavia l'esperimento non può ridursi a questo, per almeno tre importanti motivi. Prima di tutto per realizzare un esperimento occorre avere in mente un'ipotesi deducendone le conseguenze. In secondo luogo l'esperimento consiste nel metterla alla prova e questo significa eseguire un'operazione fisica, non certo logica, che non può prescindere da un confronto con la realtà (questa è, in sintesi, la verifica sperimentale). In terzo luogo anche l'interpretazione dei dati e delle misure richiede di adottare processi di astrazione. Da questo punto di vista è certamente positivo che i nuovi approcci pedagogici sottolineino l'importanza di imitare il più possibile l'approccio investigativo<sup>326</sup> che caratterizza la ricerca e le scoperte scientifiche avvenute nel corso della storia e che consente di "allenare" la ragione a chiedersi il perché delle cose<sup>327</sup>. Non si tratta, dunque, di insegnare meccanicamente procedure sperimentali, come ci ricorda Bergamaschini:

«Il metodo sperimentale [...] è spesso ridotto a una schematizzazione del tipo: osservazione iniziale del fenomeno; induzione che porta a ricavare dai dati le ipotesi; deduzione che dalle ipotesi conduce a formulare previsioni circa future possibili osservazioni o risultati sperimentali; verifica sperimentale che porta all'accettazione o alla negazione delle ipotesi attraverso la realizzazione di esperimenti. Una schema di questo genere, che pure mette in evidenza tappe significative dell'indagine scientifica, contiene tuttavia un rischio fortemente riduttivo; suggerisce, infatti, un'immagine del metodo scientifico come di un procedimento quasi automatico, che non ha un soggetto e che meccanicamente si applica alla realtà naturale di cui si perdono l'irriducibile complessità e la varietà.»<sup>328</sup>

Neppure si tratta di utilizzare gli esperimenti come applicazione delle teorie esposte in modo preconfezionato, adottando, così, metodologie piattamente trasmissive e deduttive. Piuttosto occorre che gli esperimenti siano concepiti come possibilità di risposta alle domande che si pongono gli allievi, sollecitati dal docente, nel tentativo sia di risolvere le situazioni problematiche in cui si imbattono sia di comprendere determinati fenomeni. A questo proposito Bachelard mette in guardia i docenti

---

<sup>326</sup> Tale approccio, come vedremo, è indicato anche a livello europeo. Si consideri per esempio IBSE, uno tra i principali progetti esistenti (si veda paragrafo 4.6.2 del capitolo 4).

<sup>327</sup> Riguardo all'aspetto della storia delle scienze, rimandiamo all'approfondimento che svolgeremo in seguito in un punto specifico.

<sup>328</sup> Bergamaschini M.E. U[2007], p. 52

dall'operare eccessive semplificazioni che hanno solo l'effetto di portare «alimento al materialismo infantile, di cui ci sono molte tracce nella mentalità adulta.»<sup>329</sup>

Del Re, invece, ribadisce che:

«I giovani dovrebbero familiarizzare con operazioni come la purificazione del sale per la cristallizzazione, la levigatura di precisione di una lente, nei limiti in cui queste acquisizioni predispongono ad affrontare le difficoltà proprie di ogni lavoro fatto bene e sono condizioni per ottenere una conoscenza valida dei dati di fatto da cui emerge ogni problema scientifico.»<sup>330</sup>

La ripetibilità dei fenomeni, se ci si pone nelle stesse condizioni sperimentali, è il presupposto che consente di trarre leggi o principi generali<sup>331</sup>. Osserviamo che, qualora alcune delle misure sperimentali eseguite si discostino dalle aspettative, è opportuno richiedere agli studenti di provare a fornire delle plausibili motivazioni di ciò, individuando i fattori o variabili che possono aver influito nella produzione dell'errore; questo approccio infatti fa parte di una corretta educazione scientifica consentendo di scartare quei dati non consistenti in base a spiegazioni ragionevoli; inoltre permette di fare esperienza del fatto, accaduto a molti scienziati, che l'errore può essere una risorsa utile per trovare spiegazioni corrette e formulare domande che favoriscono la risoluzione di un rompicapo. Facciamo notare che in certi ambiti di studio di tipo scientifico, come in astronomia e cosmologia o in paleontologia, non sempre la ripetizione del fenomeno risulta possibile (per esempio: il Big Bang, l'esplosione di una determinata stella non sono processi ripetibili) oppure non è direttamente osservabile. Questo dipende dalla natura stessa dell'oggetto di studio preso in esame. Di conseguenza in questi casi si dovrà spiegare agli studenti la necessità di adottare diversi modi di procedere, come l'utilizzo di strumenti informatici in grado di fornire, attraverso delle simulazioni, delle previsioni sull'andamento dei processi presi in esame (in base ad una specifica teoria). Se tali previsioni saranno riscontrate vere attraverso delle osservazioni e verifiche sperimentali, esse costituiranno una prova indiretta della

---

<sup>329</sup> Bachelard G. A[1953], p.42.

<sup>330</sup> Del Re G. N[2005], p.12.

<sup>331</sup> Vale la pena precisare che la ripetizione sperimentale serve a controllare che non ci siano stati errori, ma la verità dell'ipotesi non dipende, in generale, dalla quantità di volte in cui sono ripetute le misure. Infatti basta un solo esperimento, se eseguito in modo accurato, per dimostrare la correttezza di un'ipotesi.

correttezza della teoria <sup>332</sup>. Questo è quanto avviene, per esempio, attraverso gli acceleratori di particelle, che sono in grado di riprodurre sperimentalmente alcuni aspetti di ciò che potrebbe essere avvenuto dopo il Big Bang in seguito all'urto ad alte energie delle particelle elementari. In questo senso quei fenomeni che non sono riproducibili o non osservabili, lo possono diventare attraverso l'esperimento, che è in grado di controllare fenomeni ripetibili e reali. Da questo punto di vista si comprende come la cosa più importante di tutte per la formazione scientifica come presupposto generale, sia incentivare i ragazzi nell'acquisizione di un approccio investigativo tipico della ricerca scientifica. Attraverso di esso è possibile oltretutto l'innescarsi del gusto della scoperta e della curiosità di conoscere sviluppandosi negli studenti la dimensione razionale più creativa. Sotto questo profilo Sennett, riprendendo quanto afferma Polanyi riguardo al sapere tacito <sup>333</sup> e applicandolo nell'ambito relativo all'acquisizione di abilità pratiche, sostiene che l'intuizione e l'immaginazione, opportunamente allenate, costituiscano un aspetto fondamentale:

«La capacità di aprire problemi attinge al salto intuitivo, in particolare alla sua caratteristica di accostare domini eterogenei, mantenendo intatto, nella traslazione, il sapere tacito. Il semplice fatto di passare da un dominio ad un altro ci fa pensare ai problemi in maniera più fresca. “Aprire” un problema significa anche “aprirsi”, nel senso di essere aperti a fare le cose in modo diverso dal solito, a passare da un ambito di abitudini ad un altro.» <sup>334</sup>

La considerazione del sapere come tacito consente di evidenziare che la ragione in base a questa accezione non si esprime attraverso sillogismi di tipo logico; proprio in virtù di questa peculiarità, diventa possibile accostare ambiti di esperienza per via analogica, reinventando nuove strategie di risoluzione di problemi:

«Per fare la comparazione (tra i due domini dissimili) cominciamo a portare a coscienza il sapere tacito. E rimaniamo sorpresi. La sorpresa è un modo per segnalare a noi stessi che ciò che sappiamo può essere diverso da quello che presumeamo [...] nel procedimento iniziale c'era qualcosa di più denso e di più

---

<sup>332</sup> In base a quanto appena esposto si può notare come in effetti non sia possibile scindere nettamente l'esperimento e il modello, di cui parleremo in seguito. Infatti in qualsiasi esperimento è sempre coinvolto un modello, che non solo fornisce le previsioni teoriche da controllare, ma ispira anche la costruzione dello stesso apparato sperimentale. Un'osservazione analoga potrebbe essere fatta anche riguardo ai processi di tipo induttivo e deduttivo o di analisi e di sintesi, che sono in effetti sempre compresenti e mai del tutto isolabili. Questi aspetti sono comunque approfonditi nel primo capitolo.

<sup>333</sup> Per approfondimenti su questo si veda il paragrafo del primo capitolo 1.5.1.

<sup>334</sup> Sennett R. E[2008], p. 202.



polivalente di quello che si supponeva [...]. Scrive Platone nel Simposio: “Per qualsiasi cosa che proceda da ciò che non è a ciò che è [...] la causa di questo processo è sempre una poiesis (creazione); ed è fonte di meraviglia. Walter Benjamin usa un’altra parola greca, “aura” (soffio ma anche luminosità che spira dalle cose) per indicare l’alone ideale che ci fa avvertire l’unicità irripetibile dell’atto creativo [...]. La fase finale comporta il riconoscimento che nessun salto può sfidare la legge di gravità; nel trasferimento di abilità e di tecniche i problemi irrisolti rimangono tali [...]. I salti intuitivi si ribellano ai sillogismi [...]; nelle prime tre fasi del salto intuitivo, l’accento è posto sulla congiunzione ipotetica “se” (cosa succederebbe se) anziché sulla conclusione “allora” (definitività chiarificatrice di una conclusione sillogistica) [...]. L’intuizione può essere costruita. Sono gli attrezzi usati in un certo modo a strutturare questa esperienza immaginativa e a portarla a risultati produttivi. Sia gli strumenti limitati sia quelli polivalenti possono metterci in grado di compiere il salto di immaginazione necessario a riparare la realtà materiale o a guidarci verso una realtà ignota ma che avvertiamo essere gravida di possibilità latenti.»<sup>335</sup>

Attraverso un approccio di questo tipo, volto a sviluppare l’immaginazione e la creatività, i ragazzi sono sollecitati ad assumere una posizione attiva che consente una rielaborazione personale di quanto osservato o svolto favorendo l’innesco di un’iniziativa personale. Tale approccio sarà considerato, come vedremo, anche nei due punti che seguono che mettono in luce gli aspetti cognitivi e linguistici dell’apprendimento.

In ultimo vogliamo riflettere su un aspetto che riteniamo di estrema importanza. Nelle prassi e ricerche in ambito didattico più in voga attualmente, si sente parlare spesso di didattica laboratoriale, definendo con questo termine indistintamente qualsiasi attività, sia musicale, linguistica, teatrale, manuale, scientifica. Nonostante riteniamo che sia plausibile e valido un approccio di tipo generale, che perciò inerisca qualunque disciplina – nella fattispecie l’approccio che stiamo considerando è quello in base a cui la teoria non è disgiungibile dall’esercizio e dalla pratica – tuttavia occorre, come abbiamo fatto in altre occasioni, mettere in guardia i docenti da derive tipicamente scientiste che sono sottintese in modo ambiguo all’adozione di questo termine. L’ambiguità di fondo consiste nel rischio di ritenere il metodo sperimentale come l’unico in grado di fornire vera conoscenza anche per quanto riguarda le altre discipline, non comprendendo l’importanza che ognuna di esse mantenga la sua specificità e peculiarità. Deve essere chiaro, invece, che tale metodo è fondamento del sapere

---

<sup>335</sup> Ibidem.

scientifico e non può essere adottato aprioristicamente e indipendentemente dall'oggetto di studio che si sta prendendo in esame.

### 3.2.2 Dai modelli iconici a quelli simbolici

I modelli o rappresentazioni, pur essendo idealizzazioni e semplificazioni dei fenomeni, come abbiamo avuto modo di approfondire nel primo capitolo, non possono ridursi a semplici costruzioni mentali. Essi consentono infatti di spiegare dei fenomeni opportunamente isolati e sono progettati per raggiungere questo scopo.

Esistono vari tipi di modelli. Tra le considerazioni di Peirce relative alla semiotica, si trova la loro classificazione in tre diverse categorie caratterizzate da un grado di astrazione sempre più elevato. Attraverso il processo di astrazione è possibile “cogliere ciò che c'è di comune”, “universale” e “unitario” tra “molteplici” oggetti di un certo tipo, estrapolandone i nessi, in base a certe ipotesi presupposte in partenza <sup>336</sup>. Tale processo a suo avviso comporta l'utilizzo della logica abduttiva, che prevede il passaggio dal conseguente all'antecedente. La legge generale – estesa a tutta una serie di fenomeni diversi, ma tra loro intimamente collegati – potrà essere formulata secondo Peirce per spiegare il conseguente solo in seguito a ulteriori verifiche di carattere deduttivo e induttivo. Riguardo a questo aspetto relativo al processo di astrazione, val la pena rammentare anche quanto abbiamo esposto nel primo capitolo (soprattutto il punto che tratta il modello), in cui abbiamo ampiamente mostrato che esso non è riducibile ad operazioni esclusivamente di natura logica ed empirica, come invece tende a ritenere Peirce <sup>337</sup>.

---

<sup>336</sup> Si consulti a questo proposito: M. Bramanti, *Che cos'è la matematica*, Emmeciquadro n 17.

<sup>337</sup> In questa sede, per evitare fraintendimenti, riportiamo solo una breve citazione di un articolo di L. Mazzoni e P. Musso che spiega la concezione tomistica che sostanzialmente riteniamo corretta in quanto mostra che il processo di astrazione non si riduce esclusivamente a processi logici ed empirica: «L'idea tommasiana è che il mondo sia effettivamente fatto da tanti singoli enti particolari che, attraverso gli organi di senso [...] lasciano qualche tipo di impressione nel nostro cervello. L'inizio del processo è quindi integralmente empirista [...]. Su questa immagine che è ancora individuale, opera poi a sua volta la funzione razionale, che ne ricava il corrispondente concetto universale. Questo processo, detto astrazione, si basa su una facoltà originaria e irriducibile della mente una particolare capacità di “vedere con l'occhio dell'anima” [l'intenzionalità di cui abbiamo parlato nel primo capitolo], come direbbe Platone, che è alla base di ogni nostro processo mentale.» Mazzoni L., Musso P. O[2003], p. 102.

Peirce ritiene che i ragionamenti abduttivi <sup>338</sup> si sviluppino prevalentemente sotto forma di icone. Un'icona (un esempio di icona è una statua) svolge la sua funzione di rappresentante «in virtù di un carattere che possiede in se stessa (nell'esempio considerato la forma, che è simile a quella dell'oggetto reale) e che possiederebbe allo stesso modo anche se il suo oggetto non esistesse.» <sup>339</sup> Vale la pena precisare che l'ultima affermazione non va intesa nel senso che è possibile prescindere dall'oggetto reale <sup>340</sup>. Gli oggetti iconici secondo Peirce rappresentano il proprio oggetto per similarità o analogia e si caratterizzano per avere in sé un valore estetico, serbando un forte nesso con le arti figurative. Afferma Peirce a questo proposito:

«Si lasci che uno proceda con idee figurative piuttosto che senza e, forse, imparando da esse, uno potrebbe arrivare a una più stretta analisi logica dopo uno studio prolungato delle idee che devono essere analizzate; e a questa classe appartiene il concetto più ampio, cioè più inclusivo, di ciò che potrebbe essere chiamato propriamente un Segno.» <sup>341</sup>

Un concetto analogo viene espresso anche da C.F. Manara <sup>342</sup> quando definisce i modelli iconici come delle rappresentazioni di varia natura – potrebbero essere dei disegni, dei plastici, dei grafici – che mantengono una corrispondenza analogica con l'oggetto reale rispettando i rapporti geometrici delle sue dimensioni <sup>343</sup>. Sono modelli iconici, per esempio, le cartine geografiche, disegni schematici che mostrano le fasi di un procedimento o i modellini di aerei, le simulazioni al computer. Questo procedimento che si avvale di modelli, nonostante, in base all'oggetto di studio e al livello di complessità degli aspetti che si prendono in considerazione, sia soggetto a variazioni relative alla specifica tipologia, è tipico del metodo scientifico in quanto utile

---

<sup>338</sup> Per chiarimenti sui tipi di ragionamento abduttivi, induttivi e deduttivi utili anche da un punto di vista didattico, si può far riferimento alla spiegazione data in Manara R. E[2002], pp. 87-98.

<sup>339</sup> Peirce C. A[2008], p. 471.

<sup>340</sup> Peirce distingue infatti tra oggetto dinamico, cioè la nostra rappresentazione mentale, e oggetto immediato, che esiste indipendentemente dal pensiero. Per approfondimenti si può leggere Maddalena G. A[2003].

<sup>341</sup> Citazione di Peirce estratta da Maddalena G.[2003], p. 118.

<sup>342</sup> Manara C. F. P[2006]. Anche Raffaella Manara (Manara R. U[1999c]) evidenzia come la prefigurazione (ovvero la capacità non solo di “vedere”, ma addirittura di “manipolare, modellare” con gli occhi della mente oggetti e strutture ancora inesistenti generando in questo modo nuove idee) e la fantasia si avvalgano quasi esclusivamente di linguaggi figurativi.

<sup>343</sup> Tali rappresentazioni per la precisione secondo Peirce sarebbero degli indici che portano dentro di sé un'icona. Tuttavia a noi non interessa entrare nei dettagli della complessa analisi semiotica di Peirce, piuttosto evidenziarne le linee generali.

a mettere in luce creativamente gli aspetti essenziali per la comprensione del fenomeno che stiamo considerando.

Se utilizziamo ragionamenti induttivi, proseguendo la classificazione di Peirce, i modelli sono di solito sotto forma di indici. Un indice viene definito da Peirce come un rappresentante (nella citazione seguente Peirce fa l'esempio di un vecchio igrometro) «che soddisfa la sua funzione grazie ad un carattere che non potrebbe avere se il suo oggetto non esistesse, ma che potrebbe continuare ad avere anche nel caso non fosse riconosciuto convenzionalmente come rappresentante»<sup>344</sup>. Questo significa che un indice mantiene una relazione con l'oggetto reale (nell'esempio di Peirce ciò che l'igrometro misura: l'umidità) se è rappresentante di una sua qualità (nell'esempio l'igrometro, sebbene non sia più riconosciuto convenzionalmente come strumento in grado di misurare l'umidità perché è arcaico, continua a indicarla ugualmente). Gli apparati sperimentali in genere, purché non riconosciuti convenzionalmente dalla comunità scientifica (escludendo perciò gli strumenti di misura comuni come il metro o la massa che ricadono nella prima categoria), potrebbero essere considerati degli indici. Tuttavia anche i segni naturali, che non sono frutto di convenzioni e non assomigliano al concetto espresso che si intende rappresentare, sono indici; l'esempio più classico è rappresentato dal fumo che indica che c'è o ci potrebbe essere un falò. Quando ci avvaliamo di ragionamenti di tipo deduttivo, prosegue Peirce, i modelli sono generalmente sotto forma di simboli. I simboli sono descritti da Peirce come delle rappresentazioni dell'oggetto «indipendentemente da ogni similarità o analogia con il suo oggetto e da ogni connessione fattuale con esso, perché disposizioni o abiti dei loro interpreti assicurano loro di essere compresi in questo modo.»<sup>345</sup> Essi sono creati dalla nostra mente, sono cioè delle "pure idee", anche se non vanno concepiti in modo puramente convenzionale. Nella categoria dei simboli ci sono, per esempio, le lettere dell'alfabeto, le parole, i numeri, i simboli algebrici e matematici in genere. Ecco come Peirce sinteticamente descrive le tre tipologie di rappresentazioni che abbiamo appena esplicitato:

«L'Argomentazione Deduttiva richiede sempre qualcosa che abbia la natura di un diagramma: cioè una "Icona", un Segno che rappresenta il suo Oggetto per somiglianza. Normalmente essa ha anche bisogno di

---

<sup>344</sup> Peirce C. A.[2008], p. 640.

<sup>345</sup> Ibidem.

“Indici”, Segni che rappresentano i loro Oggetti perché sono attualmente connessi con essi. Ma è principalmente composta da “Simboli” segni che rappresentano certi oggetti essenzialmente perché sono interpretati in un certo modo.»<sup>346</sup>

Possiamo notare che le tipologie di rappresentazione che abbiamo elencato non sono le uniche ad esistere dal punto di vista scientifico, in quanto esse stesse garantiscono la possibilità di creare qualcosa di ulteriore. Vanno perciò intese come elementi costitutivi essenziali che, opportunamente messi in relazione tra loro, consentono di costruire qualunque cosa vogliamo a partire da assiomi di base e una sintassi che li lega tra loro logicamente. In questo senso possiamo dire che in questo caso il tipo di ragionamento che domina è di tipo deduttivo, come abbiamo già precisato all’inizio, in quanto le proprietà emergenti derivano dagli assiomi di partenza, sebbene una continua verifica sperimentale della coerenza del modello sia sempre necessaria, come abbiamo esplicitato nel primo capitolo. In base a come vengono disposti e ordinati, potranno emergere nuove proprietà che non discendono direttamente da quelle degli elementi di base. Di conseguenza i componenti da soli non esauriscono o definiscono tutto ciò che si può dire di essi. I modelli, o rappresentazioni, che si vengono a costituire in tal modo, possiamo definirli complessi in quanto sono caratterizzati dall’utilizzo integrato e coordinato delle rappresentazioni simboliche e iconiche<sup>347</sup>.

Approfondiamo ora un aspetto della modellizzazione estremamente delicato che riguarda l’apprendimento del formalismo matematico. La matematica è il veicolo privilegiato adottato per esprimere ragionamenti di tipo scientifico essendo riconosciuto adeguato per interpretare molti dei fenomeni naturali garantendo esso una simbiosi particolarmente efficace tra forma e contenuto. Come dice Bachelard:

---

<sup>346</sup> Peirce C. A[2008], p. 640.

<sup>347</sup> Scrive Maddalena qualcosa di analogo: «La legge di trasmissione dei segni lega ogni segno a tutti gli altri in una scala crescente fino alla totalità che ha le sue leggi particolari nel modo di rappresentazione di Icone, Indici e Simboli. Si noti la peculiarità dello schema peirceiano: la totalità iniziale si svelerà alla fine. Questo “svelarsi” non è un “riflettersi” né un “inserirsi” del particolare nel tutto, ma piuttosto è la costruzione di una nuova parte di realtà secondo legami semiotici che connettono il particolare al tutto. In questo modo ogni particolare esprime il tutto e il tutto è fatto di particolari [...]. La novità della concezione peirceiana [rispetto alla concezione aristotelica e scolastica] consiste nell’applicazione di questo tipo di rapporto a tutta la realtà, in conformità al suo considerare tutta la realtà un possibile segno.» (Maddalena G. A[2003], pp. 113-115). Egli nota oltretutto che secondo Peirce gli indici e le icone sono segni incompleti che vanno presi in considerazione in quanto sono proprio essi che consentono di connettere il generale e il particolare.

«Le ipotesi matematiche non sono mai separabili dalla loro forma matematica: sono veramente dei pensieri matematici.»<sup>348</sup>

Il linguaggio matematico si caratterizza per essere rigoroso e preciso ma anche versatile e creativo. Ecco perché diventa fondamentale assimilarne i metodi e gli strumenti in modo non meccanico e procedurale. Lo studente ha così l'occasione di assaporare la corrispondenza tra i fenomeni e il suo pensiero e, attraverso il linguaggio matematico, è in grado di individuare leggi sintetiche che li descrivono.

Freudenthal affronta questo aspetto in accordo a quanto stiamo esponendo riguardo ai modelli in senso più generale. Egli chiarisce che esistono due tipi di matematizzazione. Quella orizzontale consente di andare dal mondo della vita al mondo dei simboli consentendo la formulazione di problemi che nascono dalla realtà e procedendo attraverso ragionamenti sia induttivi che deduttivi. Anche le normative della scuola italiana attualmente in vigore evidenziano fra gli obiettivi di apprendimento da raggiungere in matematica quello di «riconoscere e risolvere problemi di vario genere analizzando la situazione e traducendola in termini matematici» (risalente alla riforma Moratti) e anche: «Caratteristica della pratica matematica è la risoluzione di problemi, che devono essere intesi come questioni autentiche e significative, legate spesso alla vita quotidiana, e non solo esercizi a carattere ripetitivo» affermazione contenuta nelle Indicazioni per il curriculum di Fioroni<sup>349</sup>. E' stato accertato attraverso numerose ricerche sulla didattica della matematica, che introdurre il formalismo matematico mostrando i nessi che esso ha con l'esperienza, favorisce l'apprendimento e migliora il rapporto dei ragazzi con questa disciplina così spesso mal vista e mal vissuta.

Con matematizzazione di tipo verticale Freudenthal intende invece il processo di riorganizzazione dei concetti entro il sistema matematico stesso, come ad esempio trovare discontinuità o connessioni fra i concetti e le strategie e poi applicare queste scoperte. Si caratterizza per il fatto di voler spiegare i fenomeni, non rinunciando a porsi la domanda "Perché?" La matematizzazione verticale significa muoversi entro il mondo dei simboli, ma dove questi sono posti in due livelli di organizzazione diversi. Perciò anche la padronanza dei simboli matematici sempre più sofisticati avviene nel quadro di

---

<sup>348</sup> Bachelard G. A[1951b], p. 55.

<sup>349</sup> Per approfondimenti su questo, si può far riferimento a quanto esponiamo nel quarto capitolo sulle valutazioni esterne del sistema scolastico, dove prendiamo in esame nello specifico le Indicazioni nazionali.

un aumento di complessità crescente che inerisce livelli metacognitivi sempre più elevati, come abbiamo visto per i modelli o rappresentazioni di altra natura (icone e indici):

«Quegli strumenti concettuali ed algoritmici che ad un determinato livello sono utilizzati in pratica e, per così dire, in modo puramente fattuale, diventano oggetto di riflessione metodica ad un livello superiore [...] che risulta metateorico rispetto al precedente.»<sup>350</sup>

Da quanto abbiamo appena esposto si può dedurre che anche la maturazione nel processo di apprendimento del formalismo matematico, analogamente a quanto avviene per i modelli in generale, è caratterizzato dalla conquista di una emancipazione progressiva dal mondo empirico, in cui gli elementi nuovi appresi arricchiscono i precedenti contenuti. Tale arricchimento richiede ad un certo punto una “invenzione” di un nuovo assetto da parte del soggetto entro cui riordinare gli elementi in gioco, che avviene nel momento in cui essi assumono nuovi significati. La rottura che avviene rispetto all’assetto precedente, che giustifica l’uso del termine “verticale”, è da intendersi come un punto di non ritorno che implica un impegno da parte dello studente di un’energia creativa totalmente personale che nessuno può compiere al suo posto. Non possiamo non notare delle assonanze rispetto a quanto abbiamo esposto nel precedente punto che riguarda l’ambito sperimentale quando abbiamo esposto le riflessioni di Sennett. Questo non succede casualmente in quanto nella disciplina scientifica teoria e pratica tipicamente si intrecciano inscindibilmente, come abbiamo approfondito ampiamente nel primo capitolo e rammentato anche prima. A questo proposito ci sembra importante riportare una riflessione di Manara che ci ricorda come l’aspetto operativo – di certo non trascurabile in quanto esercita all’attenzione, al rigore e alla cura della precisione controllata dalla logica – va allenato di pari passo all’aspetto creativo, che riguarda la costruzione di nessi fra le strutture simboliche e concettuali acquisite entro un quadro organico che muta e progredisce nel tempo:

«Senza rinunciare all’esercizio necessario per impadronirsi delle procedure algebriche, abituiamoci a non considerare l’abilità manipolatoria obiettivo di apprendimento adeguato per una formazione matematica

---

<sup>350</sup> Freudenthal H. E[1994], p.11.

di base. È da privilegiare, in ogni aspetto della matematica, l'attività di risoluzione di problemi. Attraverso di essa si stimola l'inventiva e si favorisce la comprensione, e si incomincia ad illuminare quella funzione di costruzione di modelli che esprime il legame profondo tra la matematica e la realtà, la matematica e le scienze.»<sup>351</sup>

Tale giudizio viene confermato dalla Donaldson:

«Se alla fine diventeremo davvero abili nell'aiutare un gran numero di persone a conoscere la soddisfazione intellettuale, avremo una maggior libertà di volgerci verso potenziali umani d'altro genere. Allora non dovrebbe essere troppo difficile – né troppo pericoloso – ripristinare il lavoro manuale. E il probabile risultato sarebbe una vasta manifestazione di energia creativa. Legare la matematica a degli scopi non significa garantire esclusivamente l'immediata utilità e spendibilità delle conoscenze apprese quanto metterla in atto per risolvere dei problemi.»<sup>352</sup>

Freudenthal parla di reinvenzione, evidenziando al contempo sia questo aspetto di creatività personale, sia il fatto che essa deve essere ripercorsa da ognuno in modo diverso, in base alle proprie caratteristiche uniche e originali. Freudenthal non parla perciò di ricostruzione in quanto gli elementi sono certamente gli stessi, ma ognuno se ne impossessa gustandone la conquista in modo personale. Tuttavia è proprio in virtù di questo modo unico di farli propri che diventa possibile raggiungere una conoscenza universale e oggettiva, grazie alla guida del maestro (aspetto che approfondiremo più avanti); infatti Freudenthal definisce il metodo da lui proposto “reinvenzione guidata”<sup>353</sup>.

Dopo aver specificato in cosa consistono i due tipi di matematizzazione, Freudenthal riprende i quattro tipi dell'educazione matematica di Treffers «caratterizzati da una doppia dicotomia, in relazione alla matematizzazione orizzontale e verticale.»<sup>354</sup>

---

<sup>351</sup> Manara R. F[2011]. Raffaella Manara ha scritto una serie di articoli sull'insegnamento della matematica su *Emmeciquadro* caratterizzando le azioni fondamentali della matematica che non sono, come uno potrebbe pensare di primo acchito calcolare, contare bensì immaginare, rappresentare, progettare, sbagliare ecc. Tali articoli sono stati raccolti in: Manara R. E[2002]. Alcuni dei concetti da lei espressi, anche attraverso descrizione di esperienze scolastiche, sono brevemente riportati in questo breve articolo.

<sup>352</sup> Donaldson M. E[2010], p. 94.

<sup>353</sup> Riguardo alla seconda parola che compare, guidata, ci soffermeremo più avanti quando parleremo dell'importanza del rapporto studente-docente.

<sup>354</sup> Freudenthal H. E[1994], p.170.



La mancanza di matematizzazione sia orizzontale che verticale caratterizza l'istruzione meccanicistica. La concezione meccanicista corrisponde alla tendenza pedagogica di tipo comportamentista esposta nel capitolo 2. In essa manca totalmente la domanda "Perché?" nell'ipotesi di poter controllare con maggiore oggettività il processo di apprendimento. La concezione empirista manca della matematizzazione verticale, quella strutturalista di quella orizzontale. La concezione strutturalista corrisponde alla tendenza pedagogica di tipo costruttivista esposta nel capitolo 2. La concezione realista è l'unica che contempla entrambi i tipi di matematizzazione. Freudenthal evidenzia che questa è una caratterizzazione di tipo ideale, spesso neanche dichiarata o fraintesa, ma di sfondo a un modo di concepire le cose. Per esempio un costruttivista può certamente parlare di nesso con problemi reali posti in contesti di senso come farebbe un realista, ma per problemi reali non intende la stessa cosa in quanto l'interpretazione della realtà è intesa in senso soggettivo e razionalista che penalizza la possibilità di raggiungere una conoscenza certa dei fenomeni e che rende la realtà evanescente e distante, come abbiamo approfondito nel primo capitolo a proposito della tendenza relativista (si vedano in particolare i paragrafi 1.1.7-1.1.10). In base a questa tendenza strutturalista, negli anni '60 e '70 si impose un modo di insegnare la matematica che assumeva come punto di partenza i Diagrammi di Venn, cioè una rappresentazione grafica che consente di ordinare elementi di qualunque tipo in base a delle caratteristiche precisate. Si riteneva infatti che l'apprendimento dei concetti di base dell'insiemistica agevolassero la formazione delle strutture di base della logica del pensiero, trascurando l'importanza di partire da situazioni concrete e dalle esperienze degli allievi che, come abbiamo già detto, costituiscono un fattore fondamentale per favorire l'assimilazione dei concetti matematici. In questo senso occorre adottare modalità più legate alle percezioni potenziando i processi cognitivi di tipo analogico, per esempio evidenziando simmetrie e differenze tra le varie forme o immagini attinte dalla realtà.

Nel processo di acquisizione del formalismo matematico la geometria euclidea e quella analitica possono fornire un valido supporto. Secondo Bachelard la geometria costituisce una sorta di fase di passaggio tra il concreto e l'astratto da cui occorre liberarsi progressivamente per giungere ad astrazioni allo stato puro:

«Prima o poi [...] si è costretti a constatare che quella prima rappresentazione geometrica fondata sul realismo ingenuo delle proprietà spaziali implica rapporti più nascosti [...], si sente il bisogno di lavorare [...] sotto lo spazio al livello delle relazioni essenziali che sostengono sia lo spazio che i fenomeni.»<sup>355</sup>

Sebbene le rappresentazioni geometriche risultino ancora inquinate da un certo realismo ingenuo, nota Bachelard, a partire da esse è possibile raggiungere lo scopo di acquisire processi di astrazione e generalizzazione:

«E' comunque possibile cercare di lottare direttamente contro la valorizzazione delle immagini geometriche abituali provando a collegarle con famiglie di immagini più generali. Uno spirito matematico in grado di comprendere l'ellisse come un caso particolare delle curve di secondo grado, è certamente meno schiavo della realizzazione di un'immagine particolare.»<sup>356</sup>

Infatti la geometria rappresenta uno strumento fondamentale per mantenere ancorati i concetti alle esperienze sensitive e spaziali degli studenti, come ricorda C. F. Manara:

«Il disegno ci aiuta a richiamare gli enunciati degli assiomi, e ci guida nella deduzione; questa avviene spesso senza fare esplicito riferimento agli assiomi, che vengono rispettati in modo, per così dire, quasi automatico, con l'aiuto del disegno [...]. Le immagini formate dalla nostra fantasia nel caso della geometria non sono ingiustificate, o cervellotiche, incoerenti o addirittura contraddittorie; e ciò perché queste immagini, e i concetti cui si riferiscono, sono tratte da esperienze elementari del mondo materiale.»<sup>357</sup>

Se prendiamo in considerazione gli studenti della scuola primaria e secondaria di primo grado, gli strumenti matematici a loro disposizione sono ancora poco affinati; perciò dovranno essere privilegiate le procedure di tipo geometrico che contengono una componente intuitiva più accentuata grazie alla possibilità insita in esse di visualizzare i fenomeni. Del resto anche la storia testimonia che è stata la geometria il punto generativo dello sviluppo successivo dell'algebra e del pensiero scientifico in generale. Un analogo principio si può adottare in riferimento all'utilizzo dei grafici, più che delle forme algebriche. Tuttavia val la pena ricordare che anche la geometria descrive enti di natura astratta (non esistono realmente le figure geometriche); di conseguenza le

---

<sup>355</sup> Bachelard G. A[1949], p. 1.

<sup>356</sup> Bachelard G. A[1949], p. 280.

<sup>357</sup> Manara C. F. N[2007], p. 12.

proprietà di posizione e di grandezza dei corpi rappresentate geometricamente costituiscono soltanto un'approssimazione delle loro proprietà reali. Qualora si presenti la possibilità di utilizzare un semplice linguaggio matematico non di tipo geometrico va colta l'occasione, al fine di non trascurare di mettere in luce i legami della matematica con l'applicazione scientifica; inoltre lo studio delle scienze può essere vissuto da parte degli studenti come un'occasione importante per imparare a interiorizzare e padroneggiare meglio il formalismo algebrico che può essere così assimilato di pari passo sia alla geometria che alla disciplina scientifica.

Affrontiamo ora un ultimo aspetto importante dal punto di vista scientifico che riguarda i modelli in relazione alla scala d'osservazione da adottare. E' opportuno che gli studenti diventino consapevoli del fatto che certi modelli sono adeguati in un determinato contesto mentre in un altro non lo sono: ad esempio rappresentare i pianeti come semplici punti è opportuno per spiegare il loro moto reciproco o il moto apparente degli stessi rispetto alla Terra, ma non per spiegare l'alternarsi del giorno e della notte o le fasi lunari o, ancora, i fenomeni tettonici <sup>358</sup>. In tali casi occorreranno modelli più sofisticati. Riguardo alla scala di osservazione, si tenga presente il problema dell'approssimazione delle unità di misura: questo è un punto di lavoro e riflessione che va affinato in un senso sempre più rigoroso nel corso degli anni, in particolare a partire dalla secondaria di primo e secondo grado. L'aspetto fondamentale da comprendere è che l'approssimazione adottata si trova in relazione agli strumenti utilizzati e al modello teorico a cui si fa riferimento, che a propria volta dipende dal tipo di fenomeno che stiamo considerando. Da questo punto di vista può essere utile la lettura del seguente brano, che è la descrizione di un'esperienza personale di insegnamento dell'autore:

«La precisione di un *risultato*, quando supera la precisione dei *dati sperimentali* non è altro che la determinazione del nulla [...]. Per educare a delle sane approssimazioni ho dato spesso il semplice problema che segue: calcolare nell'ordine del centimetro il raggio medio di una quercia con una

---

<sup>358</sup> Questo esempio è riportato in Prosperi G. M., [2010b], pp. 37-38 e in Prosperi G. M. P[2000], p. 12. Altri due esempi che riguardano la conformità dei modelli alla scala di osservazione si trovano sempre in Prosperi G. M. P[2000], p. 14. Il primo esempio mostra che «per descrivere i risultati finali e comprendere il significato dell'insieme di tracce [di una particella] che, per esempio, si formano in una camera a bolle» è sufficiente ricorrere al modello classico di particella come punto materiale senza avvalersi della Teoria Quantistica dei Campi. La stessa cosa può accadere quando si studiano le proprietà dell'atomo di Idrogeno: si possono utilizzare le equazioni di Schondinger senza considerare effetti relativistici e perciò supponendo l'elettrone e il protone dell'atomo «come entità a se stanti».

circonferenza di 150 centimetri. La maggior parte della classe utilizzava per il calcolo il valore stereotipo del numero  $\pi = 3,1416$ , il che li allontanava visibilmente dalla precisione possibile.»<sup>359</sup>

Passiamo ora ad affrontare l'ultimo aspetto che riguarda sempre il superamento del senso comune in ambito didattico.

### 3.2.3 Dal linguaggio quotidiano al linguaggio specifico per l'appropriazione non formale dei contenuti

Il linguaggio è lo strumento privilegiato che consente di apprendere in profondità la disciplina scientifica. Infatti mediante esso si apre la possibilità di descrivere gli oggetti che si osservano identificando le loro caratteristiche in base alla loro struttura e funzione e di classificarli confrontandoli fra loro<sup>360</sup>. Ad un livello metacognitivo più elevato si può diventare più consapevoli di sé e della realtà riflettendo e argomentando riguardo al lavoro svolto, attraverso il dialogo con i compagni e i docenti sulle esperienze significative in cui lo studente è stato coinvolto in prima persona:

«Dal valore primario del termine “argomento” emerge che l'argomentare è un tipo di mossa discorsiva in cui non ci limitiamo a esprimere o a comunicare opinioni, idee, proposte, desideri, progetti, ecc., ma li vogliamo giustificare, dimostrare con il ragionamento. In altri termini, assumiamo l'impegno ad un atteggiamento critico verso di noi e gli altri [...]. L'argomentazione [diversamente dalla pura e semplice dimostrazione] non si limita ad un accrescimento del mondo conoscitivo, ma si sviluppa come intervento che coinvolge l'interazione umana in senso più comprensivo [...] che punta a incidere su dimensioni anche pragmatiche e sociali [...], per persuadere qualcuno sulla validità di un'opinione evidenziandone la ragionevolezza.»<sup>361</sup>

Senza l'attenzione alla testualità e alla comunicazione orale si darebbe importanza esclusivamente ai contenuti della disciplina in senso nozionistico e alla ripetizione di essi in modo acritico e impersonale, non arrivando all'obiettivo di acquisire un efficace

---

<sup>359</sup> Bachelard G. A[1949], p. 253.

<sup>360</sup> Per approfondire questi aspetti si legga Speciani M.C. Y[2010c]. In questo contesto ci basta ricordare che «la dignità del descrivere sta nell'essere riscontro di esperienza.» E Rigotti E., [2009], p. 119.

<sup>361</sup> Rigotti E. E[2009], pp. 131-132. Anche tutta la parte successiva che riguarda l'argomentazione trae spunto da questo testo.

apprendimento, ovvero una reale competenza di essi. Infatti all'impoverimento linguistico si accompagna sempre da una parte una deconcettualizzazione:

«Per la comprensione concettuale è necessario che le parole siano impiegate nel loro significato proprio.»<sup>362</sup>

e dall'altra una perdita delle facoltà intuitive e immaginative:

«Se manca la capacità di esprimersi e di fare libere associazioni, che si coltiva con gli studi umanistici, è inevitabile che vengono soffocate l'originalità e la creatività in qualunque campo.»<sup>363</sup>

Inoltre, come accennavamo prima, l'impoverimento linguistico provoca un crollo della capacità critica, ossia della capacità di restare fedeli a ciò che risulta evidente nell'esperienza e di sviluppare corretti ragionamenti nell'argomentare, perdendo la possibilità di esibire in maniera unitaria i ragionamenti logici esplicitati:

«Negli svolgimenti, le singole affermazioni sono troppo spesso slegate; non viene quasi mai esplicitato il nesso tra un calcolo e l'altro, tra una costruzione e la successiva. Manca, o non viene messa in campo, la capacità di costruire argomentazioni articolate. Chi corregge fa fatica a trovare *il disegno complessivo*, la strategia di risoluzione.»<sup>364</sup>

Al fine di sviluppare il modo di esprimersi con termini corretti possono contribuire le seguenti attività: la lettura di testi a contenuto scientifico (per esempio articoli di giornali o il testo scolastico); la costruzione di mappe concettuali che riassumano i contenuti principali; l'educazione all'osservazione cercando di cogliere i particolari e di operare le corrette distinzioni tra i diversi elementi in gioco; il dialogo con il docente al fine di favorire l'arricchimento del vocabolario scientifico degli studenti gradualmente a partire dalle loro effettive facoltà espressive. Tutti questi aspetti sono decisivi. Non sono tuttavia gli unici che occorre prendere in considerazione. Prima di tutto le facoltà linguistiche possono essere potenziate in parallelo alla rappresentazione di modelli iconici, come il disegno, con le quali è stato accertato sussistere una relazione

---

<sup>362</sup> Bruner J. S. C[1971], pp. 112-116 e 122.

<sup>363</sup> Del Re G. N[2005], p.13.

<sup>364</sup> Manara R. F[2011].

strettissima. Da questo punto di vista non è un caso che quanto abbiamo detto riguardo ai modelli (anche costruiti manualmente) sull'aumento di astrazione e complessità che progressivamente viene acquisito dagli studenti nel tempo, vale anche per le strutture linguistiche:

«Il linguaggio si riformula continuamente alla luce di ciò che si è trovato, per poter veicolare meglio i nuovi significati emersi.»<sup>365</sup>

Di conseguenza, analogamente a quanto avevamo osservato riguardo all'apprendimento della matematica e delle rappresentazioni iconiche, anche l'espressività linguistica e rappresentativa possono essere educate ed esercitate di pari passo a partire dalla scuola primaria consolidando il legame tra i concetti scientifici e il linguaggio. In questa prospettiva diventa importante la verbalizzazione come momento in cui si prende consapevolezza dei fenomeni superando un modo ingenuo di comprenderli. La stesura accurata di relazioni degli esperimenti eseguiti costituisce un valido strumento che favorisce il raggiungimento di questo obiettivo.

L'altro aspetto importante che consente la conquista dei significati in correlazione ad una terminologia appropriata, è la "dimensione narrativa del sapere e della conoscenza". Tra gli studiosi che in campo educativo si dimostrano attenti a tale dimensione, Bruner è senz'altro uno dei capostipiti:

«La comprensione concettuale si basa sulla capacità di riflessione [...]. La costruzione di un concetto che rappresenta la realtà, in altre parole, è l'esito di una riflessione intorno a quella realtà. Il modo più semplice per introdurre gli alunni all'esercizio della riflessione è quello di farli parlare. Attraverso lo sforzo della verbalizzazione, i concetti tendono a definirsi e a chiarirsi. Quando gli allievi si trovano di fronte a un problema dobbiamo incoraggiarli a esprimersi, a prevedere le soluzioni, a confrontare tesi diverse [...]. Con il tempo ogni situazione di vita che si presenterà in forma problematica diventerà una forma di riflessione con sé stessi. E' questa la condizione per poter apprendere per tutta la vita.»<sup>366</sup>

In un contesto culturale in cui, come abbiamo evidenziato nei precedenti capitoli, la possibilità investigativa della ragione viene ridotta a ciò che è ritenuto scientificamente oggettivabile escludendo l'ambito esistenziale e del significato, si constata che anche la

---

<sup>365</sup> Gargantini M. (a cura di) E[2006], contributo di Gargantini, p. 38.

<sup>366</sup> Bruner J. S. C[1971], p. 112-116 e 122.

possibilità di dialogo e comunicazione si impoverisce con effetti destabilizzanti sull'identità personale.

Per evitare questi rischi occorre che i docenti mettano alla prova gli studenti nell'esposizione coerente di esperienze vissute in prima persona mossi in particolare dalle sue proposte e domande o esperienze, ma anche da quelle degli studenti stessi. La narrazione è il linguaggio tipico dell'esperienza attraverso cui tutte le dimensioni della persona vengono sollecitate: non solo quelle cognitive ma anche quelle manuali, affettive fino al coinvolgimento delle domande ultime di significato (come per esempio: perché sono al mondo? l'Universo è stato creato o è sempre esistito? ecc.). Per questo motivo il racconto e la scrittura dei contenuti delle lezioni costituiscono strumenti essenziali per apprendere e acquisire competenze.

Parlando di acquisizione di terminologia appropriata, ci sembra doveroso precisare la differenza tra linguaggio ordinario e specifico e la relazione intercorrente tra di loro, attraverso le parole di Rigotti. Contrariamente al linguaggio ordinario, scrive Rigotti:

«Il linguaggio disciplinare invece esige univocità e sistematicità [...]. Esso si costruisce una nomenclatura stabile, un “sistema terminologico” che può avere con il lessico ordinario interazioni di tipo diverso. Anzitutto la terminologizzazione specifica, cioè la restrizione del contenuto [...]. Non di rado un termine è esclusivo del linguaggio disciplinare perché esclude dalla comprensione i non addetti [...]. Così i linguaggi disciplinari assumono, o possono assumere, anche una funzione gergale. Un altro tipo di interazione è il recupero, nel linguaggio ordinario, di materiale dei linguaggi disciplinari che viene reimmesso nei processi di testualizzazione.»<sup>367</sup>

Il linguaggio specifico entra, oltretutto, in rapporto con quello di altre discipline consentendo di trasmettere la consapevolezza che la realtà è per sua natura complessa:

«Educare alla dimensione multidisciplinare del linguaggio è possibile solo nel rispetto della specificità di ciascun linguaggio disciplinare [...]. Il rispetto della specificità non ostacola, ma favorisce la dimensione interdisciplinare. In effetti, sottolineare la specificità è inevitabilmente sottolineare la non totalità, la non esaustività, la particolarità dell'angolatura disciplinare. Paradossalmente, la specificità è il rimedio più sicuro contro la tentazione riduttivistica.»<sup>368</sup>

---

<sup>367</sup> Rigotti E. U[1998], p. 11.

<sup>368</sup> Ibidem p. 12.

Quando il docente comunica con gli allievi, egli alterna l'utilizzo del linguaggio più familiare per gli studenti con quello specifico, in modo tale da consentire agli studenti un apprendimento di quest'ultimo graduale e progressivo rispettando l'adeguatezza categoriale degli studenti. Il linguaggio ordinario – sebbene abbia lo svantaggio di essere impreciso e talvolta ambiguo – si presta all'argomentazione e perciò alla trasmissione delle finalità di una proposta che permettono di motivare lo studente. Questo avviene anche in virtù del fatto che possiede, contrariamente alle immagini e al linguaggio scientifico, una ricchezza polisemantica che si esprime efficacemente quando si adottano figure retoriche come le metafore o le similitudini. A questo proposito Sennett sostiene che il linguaggio espressivo e immaginativo, che si avvale di metafore, può servire per guidare un'esecuzione di un'opera:

«Per fare le cose che fanno gli abitanti di un certo luogo, occorre prima di tutto immaginarci che effetto fa viverci [...]. Il “dove” prepara le condizioni per il “come” [...]. Le narrazioni sceniche efficaci non devono incapsulare perfettamente ciò che si vuole comunicare; piuttosto [...] devono trasportare il lettore in un luogo e lì mostrargli una scena nitida nei dettagli [...] ma [...] senza dare direttive specifiche [...]. E' immaginando il processo nel suo insieme che possiamo uscire da noi stessi.»<sup>369</sup>

Questo può avvenire, dice Sennett, perché «le metafore creano un intero più grande della somma delle parti oppure creano processi foggiate dalle parole le quali toccano significati ulteriori.»<sup>370</sup> Ecco di nuovo l'aspetto della complessità che emerge (come abbiamo visto per i modelli) e, per quanto riguarda il linguaggio ordinario, in modo preponderante in quanto la creatività può esprimersi con una libertà anche nettamente superiore rispetto al linguaggio matematico e scientifico. Sennett evidenzia anche l'efficacia del linguaggio metaforico allo scopo di spiegare dei concetti o delle operazioni da svolgere. Tale modalità risulta infatti particolarmente adeguata per entrare in sintonia col nostro interlocutore e predisporlo all'impegno e alla fatica evitando che si preoccupi eccessivamente di non essere in grado di superare gli ostacoli che gli si presentano:

---

<sup>369</sup> Sennett R. E[2008], pp. 182-183.

<sup>370</sup> Ibidem p.186



«L'illustrazione empatica (risulta essere) moralmente istruttiva perché il fatto di riuscire in tal modo di comprendere gli altri ci aiuta a rispondere meglio ai loro bisogni [...]. Per fornire istruzioni efficaci dobbiamo tornare al momento appena precedente a quello in cui le nostre abitudini si sono formate.»<sup>371</sup>

### 3.3 Aspetti trasversali dell'approccio scientifico adottato

Ora che abbiamo approfondito gli aspetti che consideriamo strutturali della disciplina scientifica e di conseguenza per l'adeguata acquisizione di essa, possiamo concentrarci sugli aspetti trasversali che fanno da sfondo ai percorsi didattici proposti.

#### 3.3.1 La Ricorsività

Se la persona è al centro dell'indagine scientifica, come abbiamo evidenziato nel paragrafo 1.4.1 del primo capitolo, «a maggior ragione ci deve essere l'uomo al centro dell'educazione scientifica: l'uomo col suo desiderio di rapporto pieno con il reale, con la sua instancabile ricerca di significato [...]. Si tratta perciò di costruire percorsi dove la scienza (e la tecnologia) non sia ridotta a generica informazione per alcuni e a fredda specializzazione per altri, ma sia vista come componente fondamentale della formazione di tutto l'uomo di fronte a tutta la realtà.»<sup>372</sup>

In questo passaggio che abbiamo riportato si riscontra, oltre al pericolo della parcellizzazione e frammentazione del sapere, già esposto nel primo capitolo, anche il rischio di ridurre la comunicazione scientifica a divulgazione, imitando contenuti e metodi dei programmi televisivi e di alcuni articoli scientifici sensazionalistici. Sempre a questo proposito commenta Russo:

«L'eccessiva specializzazione, accompagnata dall'indebolimento degli strumenti culturali generali, è allo stesso tempo sia causa ed effetto del degrado della scuola sia una delle principali radici della diffusione dell'irrazionalismo, [che] si propaga anche grazie alla diffusione crescente, anche tra studenti e ricercatori di materie scientifiche, dell'idea che la razionalità scientifica "occidentale" sia solo uno dei tanti possibili modi di guardare alla natura, che bisogna assolutamente evitare di privilegiare.»<sup>373</sup>

---

<sup>371</sup> Ibidem p.180.

<sup>372</sup> Gargantini M. (a cura di) E[2006], intervento di Gargantini, p. 30.

<sup>373</sup> Russo L. E[1998], p. 40.

Per questi motivi diventa importante proporre agli studenti percorsi didattici la cui caratteristica principale è la ricorsività:

«Ogni forma di sapere ha una profondità che non può mai ritenersi del tutto esaurita; la possibilità di ritornare ricorsivamente sulle cose, riappropriandosi di esse con una consapevolezza tanto maggiore quanto più ricco è l'orizzonte di senso entro cui si collocano, è un modo per costruire nel tempo una reale criticità, non un atteggiamento dialettico, non una posizione stancamente ripetitiva, ma una riflessione sulle esperienze di studio e di lavoro che sono entrate nella propria storia.»<sup>374</sup>

Il metodo ricorsivo possiede analoghe caratteristiche a quelle incontrate per quanto riguarda l'apprendimento del formalismo matematico e delle rappresentazioni in genere. Infatti si sviluppa sia in senso orizzontale, cioè attraverso un arricchimento progressivo dei contenuti del percorso, che verticale, ovvero collegando fra loro percorsi eseguiti in tempi successivi. Usando un'immagine suggestiva che rende l'idea, il metodo e i contenuti affrontati seguono un andamento a spirale, composizione contemporanea della ciclicità in senso orizzontale e della verticalità. Nell'ambito della ricorsività orizzontale i contenuti vengono gradualmente introdotti all'interno di una struttura organica in cui ogni unità di apprendimento non è disgiungibile dalle altre. La ricorsività verticale prevede la ripresa di alcuni concetti e contenuti di base del percorso precedente nell'ambito di successivi percorsi che aprono a nuovi modi di interpretare le conoscenze già acquisite nel momento in cui sono introdotti nuovi elementi di arricchimento che allargano la prospettiva<sup>375</sup>. Si potrà in tal modo verificare se le conoscenze precedenti sono state trattenute divenendo competenze, riscontrabili accertando un cambiamento avvenuto nella persona per quanto riguarda il suo modo di concepire un determinato fenomeno. In questo senso la ricorsività verticale non è altro che la generalizzazione della "verticalità", termine con cui si intende la concatenazione organica dei contenuti proposti riferita ad anni e cicli di scuola successivi. Tale metodologia risulta consona alla modalità di procedere del tutto personale, di tipo analogico, che consente la creazione di nuovi nessi tra i concetti e i contenuti volta per volta assimilati dagli studenti. Inoltre può offrire l'opportunità di mettere in atto

---

<sup>374</sup> Bergamaschini M.E. U[2007], p. 53.

<sup>375</sup> Nel capitolo 6 e 7 si potrà riscontrare che in alcuni dei percorsi proposti (*Incontrare l'acqua* e *Galileo: il peso dell'esperimento*) ho sperimentato la ricorsività verticale, continuandoli nella classe successiva (*il galleggiamento* per quanto riguarda il primo e *Il moto dei pianeti del Sistema solare* per quanto riguarda il secondo.)

percorsi a carattere interdisciplinare per mezzo dei quali è possibile confrontare le diverse metodologie adottate a seconda dell'approccio specifico disciplinare. In ultimo favorisce una visione unitaria della conoscenza approfondendo i contenuti in modo progressivo nel rispetto della categorialità degli studenti rispecchiando lo sviluppo storico. Afferma infatti Del Re:

«Rimane primario in tutta la scienza il pensiero qualitativo e analogico e da questi occorrerebbe partire per la formazione dei giovani. Come fare a presentarlo? La risposta è: rifarsi alla storia, far vedere come sono venuti fuori concetti, spiegazioni, principi.»<sup>376</sup>

Per questo motivo nel prossimo punto approfondiamo questo aspetto di basilare importanza.

### 3.3.2 Gli insegnamenti derivanti dalla storia

Tra l'evoluzione personale delle conoscenze matematiche e delle metodologie sperimentali, su cui ci siamo soffermati precedentemente, e l'evoluzione dei modelli che si evolvono nel corso della storia, sussiste una evidente analogia, riscontrandosi in entrambe l'esistenza di punti di discontinuità (come avevamo già fatto notare nel primo capitolo incentrando però l'attenzione sul percorso conoscitivo dello scienziato). Tuttavia tale affinità, evidenzia Bachelard, non va intesa in modo «troppo semplicista per fornire osservazioni feconde – è certamente vero che la storia delle scienze è ricca di insegnamenti pedagogici.»<sup>377</sup>

Quanto più una legge nel corso del tempo diventa semplice e applicabile a più fenomeni, tanto più si può dire che si è realizzato il suo scopo di sintesi<sup>378</sup>. Si pensi ad esempio alla teoria della gravitazione universale di Newton, che spiega la caduta dei gravi, ma anche i fenomeni d'urto e i moti dei pianeti; oppure alle equazioni di Maxwell, che consentono di inglobare tutti i fenomeni elettrici e magnetici, oltre che a

---

<sup>376</sup> Del Re G. N[2005], p.13.

<sup>377</sup> Bachelard G. A[1949], p. 158.

<sup>378</sup> Per approfondimenti riguardo a questo aspetto si può consultare il paragrafo 1.4.1 *La storia delle scienze*.

prevedere l'esistenza delle onde elettromagnetiche <sup>379</sup>. Nei due esempi citati si può riscontrare che il percorso storico attraverso cui si è resa possibile la loro formulazione nella forma che attualmente disponiamo, ha permesso di comprendere in un senso decisamente più ampio tutto un gruppo di fenomeni solo poco tempo prima considerati disgiunti e che, nella loro parzialità, mostravano i loro limiti. Trattare percorsi storici come quelli citati facendo propri gli interrogativi che emergevano man mano che nuovi indizi o elementi permettevano di interpretare i fenomeni in un quadro concettuale più sofisticato, rende possibile trasmettere agli studenti l'idea di una scienza che è in continua evoluzione; li pone oltretutto nel giusto atteggiamento di far tesoro dei propri errori per trovare nuove strategie di risoluzione e di sapere che ogni loro acquisizione di conoscenze potrà e dovrà essere solo parziale, pur nel riconoscimento della sua importanza. Come dice ancora Del Re:

«La presa in considerazione della storia, creando una coscienza chiara e critica del modo in cui si è andato formando il patrimonio della scienza nel corso del tempo, è la via maestra per conservare freschezza allo spirito critico, recuperare linee di sviluppo perdute, correggere tendenze a perdere di vista i problemi di fondo; insomma, per garantire creatività e validità al lavoro degli uomini di scienza, interesse per la ricerca seria e costruttiva alla riflessione degli uomini di cultura.» <sup>380</sup>

Mettere in luce i cambiamenti dei paradigmi teorici in base ai nuovi punti di vista che vengono assunti nel tempo, favorisce dunque la loro acquisizione in maniera consapevole da un lato, non dogmatica e definitiva dall'altro, predisponendo gli studenti a mettere in moto il proprio spirito critico. Inoltre li predispone ad acquisire una vera mentalità scientifica sviluppando anche il «pensiero qualitativo e analogico» <sup>381</sup> in quanto diventa possibile «reperire in atto, nella storia delle scienze, le dinamiche ed i moventi della ragione scientifica nel suo costituirsi come tale. Scegliere tra una comprensione logica o storica della scienza, non ha allora la sua giustificazione in una metodologia didattica, ma in una concezione della razionalità scientifica.» <sup>382</sup>

---

<sup>379</sup> Approfondimenti riguardo ai due esempi citati sono reperibili nel capitolo 7 nell'ambito dei percorsi didattici proposti. Su questi temi di estrema rilevanza vengono in particolare sviluppati i percorsi: *La matematica nei fenomeni naturali* e *Il moto dei pianeti nel sistema solare*. Si consiglia inoltre la lettura dei percorsi contenuti nell'appendice del capitolo 7 *Percorsi scientifici non monitorati*.

<sup>380</sup> Del Re G. R[1998], p. 24.

<sup>381</sup> Del Re G. N[2005], p.13

<sup>382</sup> Bonicalzi F. R[1998], p. 14.

Infine consente di rendersi conto che anche gli aspetti culturali, personali, sociali, etici che entrano in gioco hanno un ruolo determinante per quanto riguarda il progresso scientifico. Questa constatazione favorisce la considerazione di ulteriori aspetti legati agli argomenti trattati che non sono di ordine scientifico ma che tuttavia sono ad essi correlati, come per esempio quelli relativi all'affettività nel caso si affronti lo studio dell'apparato riproduttivo nell'uomo, oppure alla cittadinanza e all'ecosostenibilità nel caso si studino gli eco-sistemi o le trasformazioni di energia. L'American Association for the Advancement of Science, che si è fatta carico delle problematiche relative all'insegnamento delle scienze con il Project 2061, evidenzia proprio questo aspetto che abbiamo appena esposto:

«I corsi di scienze dovrebbero collocare la scienza in una prospettiva storica. Gli studenti [...] dovrebbero alla fine del corso apprezzare la scienza come parte di una tradizione culturale e intellettuale [...]. I corsi di scienze devono comunicare questi aspetti della scienza insistendo sulle dimensioni etiche, sociali, economiche e politiche.»

Conoscere le scoperte scientifiche raccontando degli scienziati e degli accadimenti che le hanno permesse, risveglia negli allievi con incredibile efficacia l'interesse per i contenuti proposti in quanto essi hanno l'occasione di rendersi conto che la ricerca può essere vissuta come affascinante avventura umana<sup>383</sup>; tale scoperta può suscitare in loro il desiderio di imitare gli insegnamenti ricevuti attraverso un'esperienza personale di indagine scientifica:

«Le loro esperienze, difficoltà, successi sono per noi non solo una guida di vita, ma un aiuto per capire meglio la strategia da seguire (e i sacrifici che val la pena di affrontare) per la conquista della conoscenza. Certe virtù umane, oggi considerate superate, sono fra l'altro una condizione perché si possa dare un contributo valido alla scienza. In secondo luogo, è un invito agli uomini di scienza in atto e in formazione perché, quando incontrano fatti nuovi, ricerchino nel passato l'origine di certi concetti e principi, per seguire il filo della loro applicazione e affrontare con umiltà, ma senza vigliaccheria, l'eventuale disapprovazione di chi guarda solo alle ultime acquisizioni.»<sup>384</sup>

Concludiamo questo paragrafo esponendo un giudizio di Bachelard, che ci sembra del tutto attuale, riguardo a come viene presentata talvolta la storia delle scienze in modo

---

<sup>383</sup> Un giudizio simile è affermato da Rigotti in: Gargantini M., Manara R. U[2002].

<sup>384</sup> Del Re G. R[1998], p. 25.

troppo riduttivo, a discapito dell'incremento di consapevolezza di cui parlavamo poco sopra:

«Si vede allora la necessità educativa di formulare una storia ricorrente, una storia illuminata dalla finalità del presente, una storia che parte dalle certezze del presente e scopre nel passato le forme progressive della verità. Questa storia ricorrente nei libri attuali di scienze appare sotto forma di preambolo storico. Troppo spesso però è decurtata. Dimentica troppi passaggi. Non prepara a sufficienza. Beninteso questa storia ricorrente, questa storia giudicata, questa storia valorizzata non può e non vuole stabilire mentalità prescientifiche. E' fatta invece per aiutare a prender coscienza della forza di certe barriere che il passato del pensiero scientifico ha posto contro l'irrazionalismo.»<sup>385</sup>

### 3.3.3 La guida del docente e la collaborazione tra compagni

Se finora abbiamo preso in considerazione metodi e contenuti che consentono una valida preparazione scientifica in base a quanto emerge dalla rivista *Emmeciquadro*, intendiamo in questo paragrafo soffermarci, seppur brevemente, sull'aspetto che riguarda la rete di relazioni che si instaurano all'interno della scuola <sup>386</sup>. L'apprendimento avviene infatti nell'ambito di un contesto complesso dove entrano in gioco anche i docenti, il dirigente scolastico, i genitori. Poiché considerare tutte le figure che concorrono alla formazione dello studente ci porterebbe ad argomentazioni molto vaste che esulerebbero dai nostri scopi, considereremo in particolare il ruolo rivestito dal docente e dai compagni per il raggiungimento delle competenze dello studente, aspetto a cui avevamo accennato anche nel precedente capitolo nel paragrafo 2.1.3 parlando del costruttivismo. In effetti alcune considerazioni riguardo a questa tematica sono emerse anche nel capitolo corrente. Per esempio abbiamo già detto che il docente è portatore di significati che offre all'allievo e ha il compito di sviluppare la sua razionalità. Tuttavia per evitare di ridurre la formazione scientifica ad una serie di strategie pur azzeccate, riteniamo importante precisare ulteriori aspetti.

Il docente ha il ruolo di educare e trasmettere i valori (non intesi esclusivamente in senso etico) e le conoscenze che appartengono ad una comunità culturale comune

---

<sup>385</sup> Bachelard G. A[1949], pp. 52-53.

<sup>386</sup> Abbiamo già accennato a questo aspetto nel paragrafo 2.1.4 quando abbiamo parlato dell'applicazione della teoria dei sistemi complessi in ambito educativo.

assumendosi tale responsabilità nei confronti della scuola intesa come collettività. Nota a questo proposito Botturi:

«Quando la trasmissione viva tra generazioni si interrompe, i valori, anche se riproposti, non bastano da soli a suggerire la loro continuazione nell'esperienza [...]. Ciò che dà vita e vigore a quanto vale (valore) è ciò cui esso mira, cioè l'esperienza che se ne può fare, non viceversa. La pertinenza alla vita è ciò che dà rilievo ai valori, per cui essi hanno un senso "reale" [...] in virtù dell'esperienza interessante che rendono possibile.»<sup>387</sup>

Tale trasmissione dell'esperienza, ribadiamo di nuovo, avviene agendo nella direzione di promuovere nel discente un consenso ragionevole, ovvero una rielaborazione critica dei contenuti. Inoltre perché possa essere accolta innescando l'impegno dello studente in un lavoro attivo, la chiave di volta è costituita dal riconoscimento:

«Nella sua fragilità ontologica, il vivente umano ha bisogno di essere confermato nell'essere e certificato nel suo valore, e ciò è possibile solo attraverso quell'ospitalità in altri che viene offerta nel riconoscimento, cioè in quell'evento del venire a esistere intenzionalmente in altri: nell'essere conosciuto, voluto, apprezzato da altri, il soggetto umano è rivelato a se stesso, affidato a sé e avviato al processo della sua stessa soggettivazione.»<sup>388</sup>

In questo «gratuito relazionarsi di una libertà [quella del docente] all'altra [quella dello studente]»<sup>389</sup> è importante che il docente sia in grado di equilibrare l'atteggiamento eccessivamente direttivo con quello che lascia libero corso alla spontaneità degli studenti non fornendo linee guida precise né all'inizio né durante le attività:

«Non "fai come ti dico" ma "fai con me", è la condivisione della fatica di crescere che significa né indulgenza né permissivismo, ma significa sapere trovare il modo di parlare "al cuore".»<sup>390</sup>

Anche Rigotti evidenzia l'importanza di prendere in considerazione entrambe le componenti: quella seminariale e quella di guida, in cui l'insegnante assume la

---

<sup>387</sup> *Antropologia e relazione educativa nel'attuale contesto techno-nichilista*, p. 21 in QS n. 11 E[2010].

<sup>388</sup> *Ibidem* p.22.

<sup>389</sup> *Ibidem* p. 23.

<sup>390</sup> G. Chiosso: *E' possibile una scuola senza senso?*, p. 35 in QS n. 11 E[2010].

funzione, per usare un'allegoria che lui stesso utilizza, di colui che indica la mappa per la ricerca del tesoro:

«Nella scienza è importante anche la dimensione che io chiamerei del dialogo scientifico, nelle due componenti parimenti essenziali: la componente seminariale e la componente di guida da parte di chi ha esperienza, da parte dell'insegnante. L'insegnamento purtroppo è stato spesso praticato, e lo è ancora, come una trasmissione di testi scontati e quindi imposti. Invece, la metafora dell'esplorazione può esemplificare un insegnamento che permette un percorso di apprendimento verificabile.»<sup>391</sup>

Nel brano che segue, Bachelard propone che le relazioni che si instaurano nell'ambito della comunità scientifica diventino paradigmatiche nell'ambito scolastico, onde evitare un eccessivo autoritarismo che non favorisce lo sviluppo della creatività:

«Perché la scienza oggettiva sia pienamente educativa occorrerebbe che il suo insegnamento fosse socialmente attivo. Instaurare senza reciprocità una relazione inflessibile da maestro ad allievo è un grave errore dell'istruzione comune. Secondo noi il principio fondamentale della pedagogia dell'atteggiamento oggettivo è il seguente: *colui a cui si insegna deve insegnare*. Un'istruzione che si riceve senza poi trasmetterla a propria volta forma degli spiriti privi di dinamismo e di autocritica. Soprattutto nelle discipline scientifiche, un'istruzione del genere irrigidisce in un dogmatismo la conoscenza che dovrebbe invece essere una spinta a comportamenti inventivi. Essa non offre, in particolare, l'esperienza psicologica dell'errore umano.»<sup>392</sup>

Sebbene riteniamo che sia assolutamente vero il fatto che anche il maestro apprende dagli allievi attraverso le provocazioni che essi gli lanciano, che non gli permettono di adagiarsi:

«Occorre anche inquietare la ragione e disturbare le abitudini della conoscenza oggettiva. Si tratta d'altronde di una pratica pedagogica costante [...]. Spesso un enigma posto all'improvviso costituisce la rivincita del debole sul forte o dell'allievo sul maestro.»<sup>393</sup>

Sebbene oltretutto occorra senz'altro stimolare gli studenti al dialogo e alla partecipazione attiva senza troppe rigidità, tuttavia non si può trascurare il fatto che, come abbiamo detto nello scorso capitolo, attualmente sono molto più preoccupanti le

---

<sup>391</sup> Gargantini M., Manara R. U[2002], pp. 9-10.

<sup>392</sup> Bachelard G. A[1949], pp. 289-90.

<sup>393</sup> Bachelard G. A[1949], pp. 293-94.



tendenze che portano a ridurre l'importanza di una sequela al docente. Se infatti non emerge con chiarezza chi obbedire, il lavoro perde di serietà, di ordine e di efficacia in quanto non porta ai risultati sperati, in un momento storico in cui gli studenti sono sempre più restii a implicarsi con spirito di sacrificio e dedizione e amano i piaceri facili e le comodità. In questo senso possiamo affermare che non crediamo che valga la pena insistere sulla reciprocità relazionale tra docente e discente; piuttosto occorre rimarcare l'importanza che assume l'insegnante nel suo ruolo di guida, in una sostanziale asimmetria di rapporto, come Freudenthal richiama in questo brano:

«La re-invenzione deve essere guidata; e io vorrei aggiungere che la re-invenzione non può essere imposta, per un'ovvia contraddizione di termini. In questa guida alla re-invenzione, che è fondamento di appropriazione, sta la caratteristica principale del lavoro dell'insegnante, il quale deve costantemente trarre dalle sue conoscenze, e dall'osservazione di se stesso e dei discenti le regole per il proprio lavoro.»  
394

In particolare si ritiene di fondamentale importanza il contributo del docente teso a richiamare costantemente in corso d'opera agli studenti i nessi conferenti senso unitario al percorso: il rischio più incombente che si presenta, come abbiamo già richiamato più volte, è infatti la dispersione in mille rivoli che non sono funzionali ad un apprendimento che possa permanere nel tempo. Un'altra osservazione doverosa relativa al rischio di incorrere nei due eccessi opposti "autoritarismo vs. anarchia", è che da questo punto di vista sono fondamentali le valutazioni personali del docente che cambieranno a seconda del contesto in cui agisce, delle circostanze che si presentano e delle caratteristiche degli allievi che gli sono affidati, quali l'età, il temperamento, le consuetudini a cui gli studenti sono abituati come stile di lavoro ecc. Certamente, per esempio, soprattutto nelle fasce d'età più basse occorre una sostenuta dose di fermezza da parte del docente.

Molti altri sarebbero gli aspetti che potremmo esaminare in riferimento a questo tema, essendo sostanziale per l'apprendimento di qualunque conoscenza il rapporto che si instaura tra docente e discente. Non potendo tuttavia dilungarci in ulteriori considerazioni che esulerebbero dai nostri scopi, proponiamo la lettura di un brano di Raffaella Manara che riassume la valenza educativa delle discipline scientifiche,

---

<sup>394</sup> Manara C. F. in Freudenthal H. E[1994], pp. 11, 13-14.

chiarendo i nessi tra tutti gli aspetti da noi esposti che la caratterizzano – modellizzazione, linguaggio, esperimento – al fine di sviluppare le facoltà personali, non solo di tipo cognitivo, ma anche creativo, manuale e, potremmo dire, umano in generale. Mette inoltre in evidenza l'importanza del ruolo del docente nell'educare un atteggiamento di domanda che avevamo già evidenziato come cruciale per l'educazione di una mentalità scientifica nel rispetto dei tempi di apprendimento degli studenti:

«L'esperienza scolastica coincide troppo spesso nel marcare i confini del saputo, piuttosto che nel desiderio ardente di usare quello che si sa per esplorare l'ignoto, per conoscere “oltre”. Ci si rassegna a ripetere quello che si è già fatto o visto fare, non si accetta la sfida di un problema nuovo, in cui la strada è da cercare o inventare, e il successo non è garantito dall'applicazione delle regole.

Così il cerchio si chiude: senza significati, non si è costruito un senso, la rinuncia al senso elimina progressivamente il problema del significato. Pressati dalla quantità, da quello che si deve insegnare entro i tempi stabiliti, molti insegnanti ritengono più semplice fornire le risposte che coltivare le domande. Così nello sfondo della nostra cultura la matematica è un repertorio di cui disporre: formule, problemi, schemi, procedure. Ma non è qualcosa di importante, magari decisivo per la persona [...]. Occorre dare rilievo al lavoro di riflessione sul linguaggio, verbale e simbolico, condizione per la riflessione più profonda sulla struttura argomentativa che caratterizza, attraverso la matematica, il pensiero scientifico. Solo toccando questo livello di questioni si esplora l'orizzonte di significato dei contenuti.»<sup>395</sup>

L'altro aspetto che vogliamo prendere in considerazione riguarda la relazione fra i compagni. In una società per molti versi altamente competitiva, dove viene esaltato a dismisura l'individuo senza adeguatamente rimarcare l'importanza delle relazioni sociali costruttive e affettivamente significative per la propria crescita, diventa fondamentale promuovere e favorire un clima di lavoro di tipo collaborativo. A questo proposito ci è parsa interessante una citazione di Bachelard, che suggerisce una modalità operativa per favorire il lavoro in un senso socialmente attivo attraverso l'insegnamento degli studenti più bravi scolasticamente a quelli meno bravi:

«Come unica utilità difendibile delle esperienze scolastiche, immagino la designazione di istruttori che trasmettano tutta una scala di lezioni di rigore decrescente. Il primo della classe riceve come ricompensa la gioia di dare delle ripetizioni al secondo, il secondo al terzo e via di seguito [...]. Senza l'esercizio sociale della sua convinzione razionale, la ragione profonda diventa quasi un rancore [...]. Crediamo in

---

<sup>395</sup> Manara R. F[2011].

un insegnamento vivo ci sia sempre un gioco di due sfumature filosofiche: un insegnamento ricevuto è psicologicamente un empirismo; un insegnamento dato è psicologicamente un razionalismo[...]. L'atteggiamento psicologico sia di resistenza e d'incomprensione che d'impulso e d'autorità diventa, quando si abbandona il libro per parlare agli uomini, l'elemento decisivo di un insegnamento reale.»<sup>396</sup>

Negli ultimi tempi molti pedagogisti o esperti di formazione hanno evidenziato l'importanza formativa dei lavori a gruppi<sup>397</sup>. Essi consentono di innescare processi di cooperazione che è positivo sviluppare fin dai primi anni di scuola, dando la possibilità agli allievi di maturare la loro capacità di autonomia che permette di coordinarsi e organizzarsi costruttivamente. Inoltre alcune ricerche hanno dimostrato che le diversità cognitive, sociali e culturali degli studenti arricchiscono le lezioni se il docente favorisce un clima di cooperazione. Va perciò evitata il più possibile la suddivisione tra studenti in base al supposto grado intellettuale, come avviene di sovente in certi paesi di cultura anglosassone<sup>398</sup>. Nonostante le difficoltà che possono incontrare gli studenti, se sono accompagnati dal docente in modo adeguato, cioè non sostituendosi nella fatica loro richiesta, molti esiti positivi possono essere raggiunti. Per esempio può essere migliorata la compattezza e perciò la comprensività del percorso; può essere favorito il coinvolgimento e l'iniziativa personale nel tentativo di risolvere situazioni problematiche e il momento di esposizione alla classe del lavoro svolto o il dialogo tra compagni agevoleranno la motivazione e l'impegno<sup>399</sup>. Agli studenti può essere richiesto di formulare delle previsioni su degli eventi e spiegare le ragioni della previsione ipotizzata; in tal modo hanno modo di imparare a ordinare logicamente i

---

<sup>396</sup> Bachelard G. A[1949], pp. 290-291.

<sup>397</sup> Si caratterizza per la promozione della capacità creativa e progettuale della persona nel suo contesto relazionale e sociale che si realizza attraverso fasi operative tra loro concatenate grazie a cui avviene la trasformazione delle informazioni in sapere. La conoscenza condivisa nelle relazioni interpersonali, comprende anche quella tacita introdotta da Polanyi di cui abbiamo parlato nel paragrafo 1.5.4 del primo capitolo. Per approfondimenti si può consultare il testo di Chiosso G. E[2009], p. 52. Si legga anche Scheerens J., *L'istruzione intesa come sistema adattivo complesso: implicazioni per gli studi sull'efficacia educativa*, in Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008], pp. 169-171.

<sup>398</sup> Queste osservazioni sono avallate da ricerche rese note dalla Prof.ssa Rosa Archer, Team Leader PGCE Secondary Mathematics School of Education presso l'Università di Manchester, durante il convegno sulla matematica tenutosi a Bergamo il 25-27 ottobre 2012 promosso da UMI-CIIM. Per ulteriori informazioni a riguardo, la relazione della Dott.ssa Archer e degli altri relatori sono contenute in UMI H[1].

<sup>399</sup> Per la stesura di questa tematica mi sono basata anche sull'esperienza avuta in questo senso seguendo il percorso di formazione *Incontrare l'acqua* descritto nel capitolo 6. Alcune considerazioni esposte sono tratte dalla relazione scritta dal maestro Paolo Moraschini che ho affiancato durante questa esperienza di formazione. Le più significative sono riportate alla fine del paragrafo 6.4.2 dove si descrive il percorso.

propri ragionamenti risolvendo problemi in cooperazione e discutendo criticamente i fenomeni osservati. La discussione in classe fra pari può anche favorire l'innescare di idee e soluzioni alternative dei problemi. Il confronto fra idee diverse fa emergere la necessità di risolvere i conflitti concettuali, gli ostacoli pedagogici (direbbe Bachelard), cogliendo l'occasione di correggere con maggiore consapevolezza le proprie ipotesi iniziali. La riflessione sulle anomalie dei risultati permette di individuare quali domande hanno avuto risposta e quali restano aperte. Ribadiamo, a conclusione di questo elenco di aspetti positivi, che il ruolo di guida del docente è fondamentale durante la discussione fra pari per evitare di incorrere in derive relativiste e dunque concepire la conoscenza come una interpretazione del tutto soggettiva dei fenomeni e basata, di conseguenza, su semplici congetture, come abbiamo ampiamente mostrato soprattutto nel primo capitolo. Oltretutto mettiamo in evidenza che il fine educativo di una discussione non è semplicemente quello di imparare a rispettarsi reciprocamente o a convivere civilmente, piuttosto consiste nel fatto che essa «assume a proprio oggetto un problema o un aspetto della realtà e fa guadagnare su di esso un punto di vista più maturo, attraverso un'argomentazione più coerente e rigorosa.»<sup>400</sup>

### 3.4 Le competenze<sup>401</sup>

Prima di addentrarci nella spiegazione della struttura delle competenze scientifiche che auspichiamo che gli studenti della primaria e secondaria di primo grado raggiungano alla fine dei percorsi a carattere sperimentale, è di fondamentale importanza chiarire il significato che esse hanno nell'ambito della prospettiva culturale a cui ci riferiamo, da cui deriva anche quella valoriale ed etica. Infatti, come abbiamo esplicitato in questo e nei precedenti capitoli, tale contesto influisce considerevolmente sulla concezione di formazione, e perciò sull'idea di persona, di realtà e della relazione tra i due termini in gioco. Se infatti è importante che il docente progetti la struttura e i contenuti dei

---

<sup>400</sup> Rigotti E. E[2009], p. 146.

<sup>401</sup> Ulteriori considerazioni riguardo a questo aspetto saranno effettuate nel quarto capitolo quando si parlerà dei provvedimenti presi a livello europeo (ultimo paragrafo) e delle varie iniziative di formazione docenti in Italia. In generale possiamo dire che attualmente la valutazione delle competenze nel panorama internazionale si considera nevralgico nell'affronto del problema della formazione. Per approfondimenti su questo tema può essere utile anche la lettura di Tempesta M. D[2010] e Bertagna G. C[2004], pp. 22-82. Consigliamo inoltre la lettura della sezione LINEA DIRETTA del n 25 di *Emmeciquadro* dedicato alla valutazione nell'ambito delle diverse discipline scientifiche e Brizzi M. U[2011].

percorsi in base a tale prospettiva, anche la valutazione degli apprendimenti raggiunti dagli studenti – considerando in particolare la differenza, nel livello delle conoscenze e competenze degli alunni, tra l’inizio di una fase formativa e la sua conclusione – non può prescindere da essa; tutt’altro: questo punto è decisivo anche per la valutazione da parte del docente del proprio operato. In questo senso occorre ricordare che le competenze non vanno confuse con le conoscenze e le abilità, sebbene esistano forti connessioni. Le competenze sono qualcosa di più delle conoscenze e abilità, in quanto esse ineriscono in modo profondo all’essere di una persona. Per questo motivo la valutazione delle competenze, per loro natura, non è impresa facile, né esauribile con gli strumenti che noi predisponiamo per verificarle. Solo per citare due esempi: non abbiamo modo di osservare i bambini al di fuori della scuola o seguirli in tutto il loro percorso didattico fino alla secondaria e oltre. Da questo punto di vista è più difficile la loro valutazione in quanto non sono sufficienti dei semplici test o verifiche riferiti ad argomenti puntuali, come accade per le conoscenze e le abilità. Tali prove, come abbiamo specificato, sono considerate erroneamente oggettive – come abbiamo visto nel precedente capitolo a proposito della tendenza comportamentista – ma hanno il grosso limite di ridurre la persona esclusivamente al dato empirico misurabile. Ecco perché anche le valutazioni qualitative – diari di bordo, sollecitazioni a riflettere metacognitivamente sul lavoro svolto oralmente o mediante testi scritti – agevolano, invece, la collocazione della valutazione in una più ampia prospettiva entro cui anche altri aspetti – quali il desiderio di conoscere, la motivazione degli studenti, la disponibilità a mettersi in gioco, la responsabilità personale, la creatività – possono essere presi in considerazione dal docente, aspetti, questi, che ineriscono all’ambito esperienziale nella sua globalità<sup>402</sup>. Se infatti, il nostro obiettivo consiste nel formare le persone e non semplicemente istruirle o riempire loro la testa di nozioni, le competenze ineriscono a ciò che la persona diventa in base alle azioni formative offerte dai docenti e in questo senso non si riducono ad apprendimenti acquisiti estrinsecamente alla persona stessa, al di fuori perciò del suo coinvolgimento anche affettivo, non solo cognitivo. E’ in quest’ottica che vanno intesi gli indicatori di competenze che andiamo a descrivere in

---

<sup>402</sup> Pellerey fornisce a nostro parere una definizione sintetica convincente di competenza che è la seguente: «Capacità di far fronte ad un compito, o ad un insieme di compiti, riuscendo a metter in moto e a orchestrare le proprie risorse interne, cognitive, affettive e volitive, e a utilizzare quelle esterne disponibili in modo concreto e fecondo.» (Pellerey M. E[2004], p. 12).

modo analitico; tali componenti opportunamente integrate, messe in relazione organicamente in base alla struttura da noi esposta, favoriscono il raggiungimento dell'obiettivo complessivo delle competenze.

Un'ultima considerazione che ci sembra importante esplicitare è che i recenti provvedimenti intrapresi a livello europeo insistono riguardo all'acquisizione e certificazione delle competenze. Tuttavia partono da presupposti culturali differenti rispetto a quelli da noi presi in considerazione che comportano il rischio di incorrere in derive riduzioniste (soprattutto quella funzionalista), come avremo modo di renderci conto nei prossimi capitoli <sup>403</sup>.

Dopo queste doverose precisazioni possiamo procedere nel descrivere la struttura della tabella delle competenze. Le competenze sono suddivise in tre gruppi. Ogni gruppo costituisce un livello meta cognitivo <sup>404</sup> in base a una sequenza ordinata in senso progressivo. Questo per rispecchiare quanto abbiamo esposto nel primo paragrafo parlando del processo di matematizzazione che, secondo l'approccio realista da noi adottato, avviene sia orizzontalmente che verticalmente. Di conseguenza abbiamo voluto evidenziare, all'interno della griglia proposta, come l'aspetto empirico e il senso comune vengano progressivamente superati sviluppando la capacità di astrazione in relazione alla crescente padronanza del formalismo matematico, del linguaggio specifico della disciplina scientifica e della comprensione dei fenomeni studiati. Il primo livello di competenze, l'osservazione sperimentale, riguarda gli aspetti analitici della misura, della raccolta dati e della descrizione mediante semplici modelli iconici o grafici. Esso si riferisce agli aspetti sperimentali e operativi e si caratterizza per l'utilizzo prevalente di ragionamenti del tipo bottom-up (induttivo). Il secondo livello, metacognitivo rispetto al primo, riguarda la capacità di riflettere su indizi cogliendo nessi tra eventi o fenomeni osservati, descrivere mediante utilizzo di modelli più sofisticati – che diventano anche di tipo simbolico a partire dalla seconda media – e linguaggio appropriato, imparando anche a classificare gli oggetti in base alla loro struttura e funzione; si caratterizza per l'utilizzo prevalente di ragionamenti del tipo

---

<sup>403</sup> Questo aspetto viene preso in considerazione nel paragrafo seguente e nel capitolo 4 all'inizio del paragrafo 6 *Uno sguardo sull'Europa*.

<sup>404</sup> La metacognizione indica un tipo di autoriflessività sul fenomeno cognitivo, attuabile grazie alla possibilità della persona (anche in età infantile) di distanziarsi, auto-osservare e riflettere sui propri stati mentali. L'attività metacognitiva ci permette, tra l'altro, di controllare i nostri pensieri, e quindi anche di conoscere e dirigere i nostri processi di apprendimento.

deduttivo. Il terzo livello, metacognitivo rispetto ai primi due i quali insieme costituiscono la dimensione razionale, riguarda la consapevolezza, la responsabilità e la capacità di comprendere i fenomeni nella loro globalità e collegare diversi argomenti di diverse discipline cogliendo nessi tra diversi contenuti coerentemente e ordinatamente riassunti dal punto di vista logico attraverso mappe concettuali o registri linguistici diversificati opportunamente integrati (iper-testi, immagini, filmati, racconti e descrizioni personali o di autori scientifici di scoperte e esperimenti; l'utilizzo della LIM potrebbe agevolare questo approccio). Chiaramente tale modalità di svolgere le lezioni deve essere guidata e supportata dal docente soprattutto nelle fasce di età inferiori <sup>405</sup>. Facciamo notare che abbiamo denominato questo terzo livello col termine conoscenza, seppure la conoscenza sia inevitabilmente presente anche nei primi due livelli nell'atto immediato in cui il soggetto entra in rapporto col reale. Però in quest'ultima fase essa si compie pienamente in virtù di un'autocoscienza che si approfondisce tenendo conto di sempre più fattori in gioco nello studio dei fenomeni inseriti in contesti sempre meno ristretti. In questa prospettiva nell'ambito di questo livello può essere verificata la consapevolezza del contesto storico e sociale entro cui si collocano le scoperte scientifiche avvenute, che nel terzo anno può comprendere anche le capacità espositive; nella primaria l'aspetto storico può, invece, essere considerato limitatamente alla conoscenza di alcuni personaggi storici di rilievo scientifico attraverso cui gli allievi hanno l'occasione di interpretare la scienza come avventura umana. A partire dal secondo anno di secondaria può essere rilevata la capacità di argomentare e discutere criticamente aspetti del lavoro svolto in maniera complessiva. La considerazione appena fatta riguardo alla conoscenza vale anche per la complessità: il terzo livello è stato definito in questo modo; tuttavia ogni livello preso singolarmente si può intendere come complesso (in quanto costituito da parti che in questo caso sono le azioni educative) e favorisce l'acquisizione della complessità delle competenze. Ma non solo: tutti i livelli considerati nella loro unità permettono il raggiungimento di questo obiettivo.

---

<sup>405</sup> Nello schema delle competenze questo aspetto è stato citato a partire dalla seconda secondaria di primo grado, momento in cui si presume che una certa autonomia da parte degli studenti sia stata raggiunta. Questo non esclude che una modalità analoga possa essere svolta, in forma più semplificata, in tempi più ampi e con un supporto più consistente da parte del docente, nelle fasce di età inferiori.

La collaborazione coi compagni e il docente sono aspetti che abbiamo considerato nell'ambito delle competenze in quanto favoriscono la partecipazione attiva degli studenti in un coinvolgimento della loro persona in senso globale. La suddivisione delle competenze in base al livello di studio sono da concepirsi in senso inclusivo, ovvero i livelli successivi comprendono le competenze di quelli precedenti, motivo per cui esse non vengono elencate nuovamente ogni volta che cambia il livello e ordine di scuola. Sottolineiamo che i livelli metacognitivi individuati non vanno intesi rigidamente e separatamente: nell'ambito di ogni attività o percorso proposto sono compresenti e organicamente miscelati tutti i livelli di competenze. Ovviamente, a seconda dell'attività che si svolge, sarà possibile valutare competenze che riguardano in misura maggiore alcuni aspetti rispetto ad altri, per esempio più gli aspetti operativi (misurazione, produzione di grafici) che non quelli che riguardano la responsabilità. Anche l'elenco di competenze suddivise in base all'anno di studio va inteso come indicazione generale che va poi calata nel contesto specifico del tipo di classe e di studenti con cui si lavora. Tale precisazione è importante al fine di non ricadere nelle riduzioni meccaniciste e comportamentiste di cui abbiamo parlato precedentemente.

### **3.4.1 Tabella sintetica delle competenze**

#### *Ragionare:*

##### *1a Osservare, analizzare*

###### *Primaria*

Osservare, analizzare e raccogliere oggetti o “reperti” di un ambiente

Misurare con semplici strumenti e raccogliere dati

Costruire tabelle e grafici a colonne: ordinare in sequenze temporali e/o logiche e confrontare in termini qualitativi e quantitativi.

###### *Secondaria primo grado*

Osservare, selezionare, analizzare oggetti o “reperti” di un ambiente

Raccogliere, ordinare in sequenze temporali e/o logiche dati

Costruire grafici di diversa tipologia e tabelle



saper descrivere con il disegno o con dei semplici modelli iconici (esempio: di falda, di acquedotto)

- *A partire dalla seconda:*

Analizzare processi

Cogliere gli aspetti caratterizzanti: in particolare trasformazioni.

Analizzare grandezze variabili e costanti (*come* le cose cambiano nel tempo e *cosa* varia).

### *1 b Misurare*

Uso degli strumenti di misura selezionando informazioni e dati utili

Stimare il valore di grandezze e individuare l'unità di misura opportuna

- *A partire dalla seconda:*

Individuare variabili da monitorare.

Riconoscere e valutare gli errori sperimentali, operare approssimazioni, esprimere la misura con un numero di cifre decimali significative

- *A partire dalla terza:*

Uso di media aritmetica e di parametri statistici

### *2 comunicare, riflettere su indizi, sintetizzare*

Progressivo abbandono del senso comune e del livello empirico attraverso lo sviluppo della capacità di astrazione in relazione alla crescente padronanza del formalismo matematico e del linguaggio specifico della disciplina scientifica.

#### *Primaria*

Saper leggere grafici, Sapere classificare oggetti confrontandoli fra loro in base alla loro struttura e funzione, Saper descrivere mediante l'utilizzo di modelli più sofisticati (schemi o mappe) e con parole appropriate e specifiche.

#### *Secondaria primo grado*

Organizzare materiale e appunti

Distinguere i fatti dalle ipotesi, le descrizioni dalle spiegazioni

Formulare domande esplicite pertinenti e confrontare semplici ipotesi

Interpretare grafici (uso di linguaggio iconico in senso più generale)

Saper descrivere attraverso un uso di linguaggio verbale con terminologia appropriata

- *A partire dalla seconda:*

Costruire modelli progettando e realizzando semplici esperimenti per verificare le ipotesi formulate.

Potenziare la capacità espositiva, usando anche linguaggi simbolici.

Individuare relazioni e utilizzare l'apprendimento per analogia adottando eventualmente diversi registri linguistici.

Descrivere processi sostenendo e motivando le proprie scelte.

- *A partire dalla terza:*

Utilizzare parametri statistici nelle indagini (frequenze e probabilità di eventi).

Sviluppare atteggiamenti di studio e di ricerca per generalizzare i fenomeni.

Dedurre semplici leggi matematiche da un grafico o da comportamento di variabili (rappresentazioni mediante utilizzo di simboli).

### ***3 a Conoscere: responsabilità e consapevolezza***

#### *Secondaria primo grado*

Utilizzare le proprie conoscenze per assumere comportamenti responsabili e consapevoli verso di sé e l'ambiente.

Riconoscere comportamenti positivi o dannosi in relazione a se stessi, agli altri, all'ambiente di vita (*a partire dalla seconda*) in continua trasformazione.

- *A partire dalla seconda:*

Diventare consapevoli di sé e del proprio corpo.

Individuare i principi per una corretta alimentazione.

- *A partire dalla terza:*

Sviluppare la capacità critica.

Argomentare e sostenere con motivazioni plausibili fatti scientifici.

Sviluppare comportamenti corretti in relazione al proprio stile di vita e all'uso delle risorse.

### ***3 b Conoscere: complessità***

### *Primaria*

Spiegare e comprendere fenomeni adottando ragionamenti di tipo analitico e sintetico.

Conoscere alcuni personaggi che nel corso della storia hanno contribuito al progresso scientifico.

Collaborare coi compagni e il docente in modo costruttivo per portare a termine lavori di una certa complessità (esperimenti, progetti, ricerche).

In base ad un approccio unitario della conoscenza:

*Collegamenti transdisciplinari:* Riconoscere nessi e relazioni tra contenuti appartenenti a diverse discipline<sup>406</sup>.

*Percorsi ricorsivi:* Riconoscere nessi e relazioni tra contenuti svolti in tempi/anni successivi nell'ottica della verticalità

### *Secondaria primo grado*

Conoscere ed apprezzare il percorso storico di alcune delle conoscenze scientifiche apprese, riconoscendo l'importanza dei contesti culturali e sociali.

In base ad un approccio unitario della conoscenza:

*Collegamenti transdisciplinari:* Riconoscere nessi e relazioni tra contenuti appartenenti a diverse discipline.

*Percorsi ricorsivi/verticalità:* Riconoscere nessi e relazioni tra contenuti svolti in tempi/anni successivi nell'ottica della verticalità.

- *A partire dalla seconda:*

Individuare livelli diversi di organizzazione nei viventi.

Isolare i particolari in una situazione complessa.

- *A partire dalla terza:*

Riconoscere nella realtà relazioni e nessi tra i vari fenomeni in un contesto complesso.

Concetti di sistema, complessità ed equilibrio (come le cose interagiscono).

Esporre i percorsi storici che hanno portato alla formulazione di teorie scientifiche (approccio al metodo scientifico).

Argomentare le proprie opinioni, facendo uso di modelli e analogie.

---

<sup>406</sup> Per esempio, nell'ambito del percorso da me svolto nella primaria e descritto nel capitolo 6 (*Incontrare l'acqua*), i collegamenti transdisciplinari presenti sono: con la matematica (la trasformazione inversa nelle operazioni), con la geometria (simmetria), con la geografia (le caratteristiche della pianura) e con la storia (le invenzioni di Leonardo, come erano i Navigli nel periodo rinascimentale).

Esporre in modo organico e chiaro, elaborare e discutere idee e modelli interpretativi.  
Argomentare e sostenere con motivazioni plausibili fatti scientifici.

### **3.5 Elenco degli articoli di *Emmeciquadro* selezionati**

Alla fine della nostra esposizione elenchiamo gli articoli che ci sono parsi più significativi rispetto all'argomento trattato in questo capitolo. Quelli che sono dotati di contrassegno \*\*\* sono quelli più densi di contenuto che hanno contribuito alla stesura di questo capitolo. Essi sono riportati nell'*Archivio degli articoli Emmeciquadro ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate* con il titolo: *Aspetti didattici generali*.

## ***SECONDA PARTE***

### **La formazione docenti in Italia e in Europa e i Sistemi di Valutazione Scolastici**

L'attenzione nei confronti della qualità nella formazione degli insegnanti in Europa è strettamente legata senza soluzione di continuità allo sviluppo dei sistemi scolastici. Analizzando i documenti prodotti su questo tema a livello europeo si riscontra infatti che la promozione di una formazione di qualità del processo di insegnamento e apprendimento risulta essere garantita grazie ad un'attenta e rigorosa valutazione di tutti i soggetti coinvolti, in particolare i docenti e gli studenti. Se per quanto riguarda i primi si può dire che l'obiettivo sia stato raggiunto – sebbene ulteriori e progressive migliorie possano e debbano essere apportate ai sistemi di valutazione esterni vigenti – per quanto riguarda i secondi molta strada deve essere ancora fatta <sup>407</sup>. In particolare succede che talvolta, oppure frequentemente in paesi come l'Italia, la cultura della valutazione faccia fatica a radicarsi soprattutto perché essa viene vissuta o proposta in termini punitivi e non come opportunità di crescita e di promozione personale. Riteniamo che una valutazione dei docenti che prosegue nel tempo durante tutto il loro periodo lavorativo, possa aver senso e risultare efficace solo nell'ottica di una formazione continua, che perciò non avvenga solo all'inizio del percorso, come solitamente si intende per esempio in Italia. In questo modo i docenti potrebbero essere sostenuti nelle loro difficoltà e con maggior facilità, gusto e rendimento imparare dai propri errori o da chi è più competente, arricchendo il proprio bagaglio culturale. Inoltre essi potrebbero evitare il rischio di diventare auto-referenziali allargando gli orizzonti di un'esperienza unica e preziosa come è senza dubbio quella di un compito educativo così importante quando viene adeguatamente supportato e valorizzato per l'impegno e la responsabilità che richiede.

---

<sup>407</sup> Dal documento Eurydice EU G[2006], p. 13 si evince che l'Italia è l'unico Paese in Europa che non ha adottato alcuna disposizione riguardo alla valutazione esterna degli insegnanti. I grafici che riportano la situazione complessiva dei paesi europei su questo aspetto sono presenti anche nel file *grafici formazione* degli allegati del capitolo 4.

## 4. Le principali iniziative di formazione dei docenti di Scienze

In questo capitolo intendiamo offrire una panoramica delle iniziative più significative esistenti sul territorio nazionale riguardo alla formazione docenti di scienze della scuola primaria e secondaria di primo grado dal 2007 in poi <sup>408</sup>. La scelta che abbiamo fatto è stata di mettere in risalto quei progetti che interpretano meglio le richieste e le normative vigenti a livello europeo, che sono più diffusi sul territorio nazionale e che allo stesso tempo risultano più innovativi dal punto di vista dei criteri culturali, pedagogici e didattici emersi nella rivista *Emmeciquadro*, criteri che abbiamo fornito nei primi tre capitoli. In questo senso per quanto riguarda i due Progetti che abbiamo principalmente approfondito, il Piano ISS (Insegnare Scienze Sperimentali) e PON (Programma Operativo Nazionale) Educazione Scientifica, abbiamo anche esplicitato un giudizio riferendoci a tali criteri. Ci concentreremo inoltre sui Progetti promossi dall'Ufficio Scolastico regionale della Lombardia per poi spiegare l'iter di formazione iniziale dei docenti messo in atto in Italia a partire dal 2012. Alla fine della nostra trattazione confronteremo molto succintamente la situazione italiana con quella europea partendo col presentare i principali provvedimenti presi dall'Unione Europea in ambito educativo. Forniremo infine una piccola documentazione riguardo a due Progetti verso cui abbiamo diretto la nostra attenzione per due validi motivi: innanzi tutto sono promossi a livello europeo (in particolare l'IBSE – Inquiry Based Scientific Education); in secondo luogo hanno una ricaduta anche sul nostro Paese, come avremo occasione di mostrare tra poco.

### 4.1 Il Piano I.S.S. (Insegnare Scienze Sperimentali) <sup>409</sup>

Tra tutte le iniziative di formazione docenti presenti sul territorio nazionale il piano ISS è quella che in Italia in modo più organico e sistematico ha saputo raccogliere le sfide lanciate dall'Unione europea sui due versanti, dell'adeguamento del sistema scolastico,

---

<sup>408</sup> E' stato consultato preliminarmente il sito del Ministero UMS H[2011] che riporta gli eventi che riguardano la scienza e la tecnologia.

<sup>409</sup> Per la stesura di questo paragrafo ci siamo basati sugli annali ISS H[2009/10]e su ISS H[2006].

di cui parleremo nel prossimo capitolo, e del corrispondente miglioramento della qualità della formazione degli insegnanti <sup>410</sup>. In questa prospettiva il ruolo della Scuola risulta essere cruciale per l'apprendimento delle discipline scientifiche che possono consentire di incrementare il progresso scientifico e tecnologico indispensabile per attivare processi di sviluppo nei paesi della comunità europea. Per raggiungere questo obiettivo nell'ambito del piano ISS si privilegia un approccio metodologico attento ai processi conoscitivi, per i quali è ritenuto fondamentale il ruolo dell'esperienza nelle situazioni strutturate e non (in laboratorio, sul campo, in classe, ecc.) valorizzando le conoscenze pregresse degli studenti utilizzando appropriatamente diversi linguaggi (orale, scritto, gestuale, iconico, formale).

Tutto ciò in linea con un panorama di opportunità di apprendimento che rende particolarmente urgente un intervento da parte della Scuola volto a stabilire nuovi equilibri tra apprendimento formale, informale e non formale <sup>411</sup>.

Il Piano ha attivato una complessa rete di collaborazione, che si è sviluppata a livello nazionale, regionale e locale, tra le diverse articolazioni afferenti al MPI – Dipartimento Istruzione, Direzioni generali per il personale della Scuola, degli ordinamenti scolastici, per gli affari internazionali, Uffici scolastici regionali, istituti scolastici di ogni ordine e grado – e tra alcuni soggetti detentori di una particolare cultura nell'ambito della didattica delle scienze: le associazioni disciplinari e i musei scientifici. Attualmente il Piano ISS è sostenuto anche a livello internazionale. Perciò le istituzioni che a diverso titolo collaborano in una prospettiva sistemica *multilivel*, sono:

- a livello internazionale l'Unione Europea, tenendo in particolare presente gli impegni presi a Lisbona <sup>412</sup> e gli standard di valutazione esterni del sistema scolastico stabiliti da OCSE-PISA <sup>413</sup>;

---

<sup>410</sup> Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto facciamo soprattutto riferimento alle raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea, riuniti in sede di Consiglio a Bruxelles il 26 ottobre 2007. Per approfondimenti su questo rimandiamo al paragrafo 4.6 di questo capitolo.

<sup>411</sup> Per educazione formale si intende quella tradizionale che avviene all'interno del sistema scolastico e che prevede l'acquisizione di titoli di studi o qualifiche riconosciute; per educazione non formale si intende quella che avviene al di fuori del sistema formale (nel luogo di lavoro, nell'ambito di organizzazioni o gruppi della società civile, nelle associazioni ecc.); per educazione informale si intende quella non legata a tempi o luoghi specifici, grazie a cui ogni individuo acquisisce – anche in modo inconsapevole o non intenzionale – attitudini, valori, abilità e conoscenze dall'esperienza quotidiana e dalle influenze e risorse educative nel suo ambiente; per approfondimenti su questa tematica si può consultare il testo: Hodkinson P., Colley H., Malcom J. G[2003], pp. 313-318.

<sup>412</sup> L'ultimo paragrafo di questo capitolo esamina i provvedimenti presi in ambito educativo a partire dal 1999, compreso il Consiglio di Lisbona del 2000.

<sup>413</sup> Di OCSE-PISA parleremo nel prossimo capitolo.

- a livello nazionale il Gruppo di Pilotaggio Nazionale (GPN) e il Comitato Tecnico Scientifico (CTS);
- a livello regionale l'Ufficio Scolastico Regionale (USR) e la costituzione dei Presidi (Gruppo di Pilotaggio Regionale o GPR) ;
- a livello locale il Presidio e la costituzione di una rete territoriale.

Precisiamo che la diffusione del piano ISS non è avvenuta in modo uniforme nelle diverse città e regioni. Infatti si riscontra che a Milano, Napoli, Trento, Montebelluna, Perugia (unico caso in cui il presidio è un museo: il POST) si è sviluppata un'integrazione e condivisione delle tematiche e della metodologia ISS più che in altre città. Tuttavia anche nelle città di Crema, Mantova, Palermo e Acireale si è maggiormente rafforzato un rapporto di lavoro già esistente tra scuole, musei, parchi e università. Per quanto riguarda le regioni, i risultati più consistenti si sono avuti in Lombardia, Campania, Trentino dove il MNST, la Città della Scienza e il Museo Tridentino di Storia Naturale già da anni collaboravano con il proprio Ufficio Scolastico Regionale.

Anche nella regione Piemonte la collaborazione tra USR e i presidi è particolarmente proficua. Infatti, solo per citare un esempio, l'USR Piemonte promuove e coordina il progetto M.A.P. (Miglioramento degli Apprendimenti di base e valutazione internazionale OCSE-PISA) con lo scopo di migliorare le pratiche didattiche attraverso la formazione di un gruppo di docenti e dirigenti scolastici del Piemonte <sup>414</sup>.

#### 4.1.1 Storia del Piano ISS

---

<sup>414</sup> Il progetto M.A.P. fa esplicito riferimento alle metodologie e alle pratiche valutative delle indagini dell'OCSE-PISA e dei più noti progetti dell'associazione IEA, quali PIRLS e TIMSS, alla quale lo stesso PISA in parte si ispira. Il percorso di formazione secondo modalità afferenti alla ricerca/azione comprende sia fasi informativo-conoscitive sia fasi di studio e approfondimento sia fasi di sperimentazione, confronto, scambio e di produzione di materiali. Inoltre il progetto intende promuovere una struttura di rete di scuole, collegata con i centri di supporto e supervisione (USR Piemonte, Università di Torino, IRRE Piemonte, Regione Piemonte, IRES Piemonte) impegnati nel progetto dall'anno 2005/06. A questi si uniscono associazioni professionali qualificate, reti di scuole e centri di documentazione o altri soggetti funzionali allo scopo. Il progetto MAP relativo alle Scienze ha coinvolto una trentina di scuole secondarie di 1° e di 2° grado. E' stato un intervento di formazione docenti con sperimentazioni nelle scuole per l'applicazione di percorsi valutativi ispirati a P.I.S.A.



Ci occupiamo ora di sintetizzare le tappe principali che hanno portato alla costituzione e diffusione del piano ISS:

- Il 27 novembre del 2005 viene stipulato il protocollo d'intesa tra il Dipartimento Istruzione del Ministero della Pubblica Istruzione in collaborazione con l'AIF (*Associazione per l'Insegnamento della Fisica*), l'ANISN (*Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali*), la SCI-DDC (*Società Chimica Italiana – Divisione di Didattica Chimica*), il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano e Città della Scienza. Costituzione di strutture per lo sviluppo e il governo del Piano: il Gruppo di pilotaggio nazionale (in seguito GPN), del quale fanno parte le rappresentanze istituzionali delle parti contraenti e il Comitato Tecnico Scientifico (in seguito CTS), in cui sono presenti esperti dei diversi ambiti disciplinari, molti dei quali provenienti dall'ambito universitario.
- Tra il 23 e il 25 gennaio 2006 viene elaborato dai membri del CTS il quadro di riferimento del Piano ISS <sup>415</sup> descrivendo gli obiettivi, i soggetti coinvolti, le strutture operative. Viene avviata la fase operativa: tutti gliUSR aderiscono al Piano compresa la Regione autonoma della Val D'Aosta, e le Province autonome di Trento e Bolzano. Essi costituiscono un Gruppo di pilotaggio Regionale (in seguito GPR) e vengono stipulati protocolli d'intesa regionali con i rappresentanti delle Associazioni disciplinari e con altri soggetti operanti nell'ambito della cultura scientifica (musei, parchi ecc.). Tra gli istituti scolastici meglio attrezzati e più collaborativi vengono selezionati i presidi territoriali e i docenti che possano, in qualità di tutor, accompagnare altri docenti facenti parte della rete di scuole sul territorio.
- Tra novembre e dicembre 2006 vengono organizzati dal Museo della Scienza di Napoli e della Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano alcuni Seminari Nazionali per la formazione di circa 283 docenti con funzione tutoriale distribuiti in 88 presidi <sup>416</sup>. Vengono utilizzati l'ambiente on-line predisposto da INDIRE (la piattaforma PuntoEdu) e ambienti laboratoriali attrezzati. A Milano tre seminari di formazione sono seguiti, a distanza di un anno, da altri due

---

<sup>415</sup> Si veda ISS H[2006].

<sup>416</sup> Per informazioni dettagliate sulla distribuzione dei presidi e tutor si veda ISS H[1].

seminari di confronto sulle attività svolte nel primo anno di attività del Piano ISS. Vengono coinvolte le seguenti regioni: Friuli Venezia-Giulia, Marche, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto-Adige, Val d'Aosta, Veneto, Abruzzo, Emilia-Romagna, Lazio, Liguria, Molise, Toscana, Umbria. La stessa cosa avviene presso la Città della Scienza di Napoli, che costituisce il polo per le isole e le regioni del Sud Italia (Basilicata, Puglia, Sicilia, Calabria, Campania, Sardegna). I temi affrontati sono: la verticalità – che viene identificata come condizione essenziale per garantire il successo nell'apprendimento a lungo termine – le indagini OCSE-PISA, il rapporto tra educazione formale e informale, l'attenzione alle relazioni “trasversali” con altri ambiti disciplinari. In base alle attività di laboratorio condotte e ai punti di lavoro stabiliti, vengono inoltre delineate quattro aree tematiche entro cui sviluppare dei percorsi: Luce colore visione; Le trasformazioni; Leggere l'ambiente; Terra e Universo. Ogni gruppo di lavoro (25 in tutto) è coordinato da due formatori: Il conduttore – con il compito di guidare garantendo l'approccio ai temi del Piano – e il *discussant* con il ruolo definito dal termine “osservatore”, che restituisce al gruppo di lavoro una visione critica di quanto maturato nel seminario. Alla fine viene richiesta ai docenti la compilazione di un questionario, da cui possa emergere una riflessione sul lavoro svolto, sia per quanto riguarda la collaborazione con i docenti nel ruolo di formatori sia in relazione alla modalità in cui sono organizzati i seminari.

- Tra Aprile e Maggio 2007 vengono organizzati tre Seminari intermedi sulle aree tematiche in presenza degli USR, GPR, GPN e CTS con i relatori e i docenti formatori e di alcuni tutor. In tutto 400 persone. Si stipulano accordi con altri 20 musei. Scambio di esperienze tra tutor del nord e del sud, necessità di appoggio ai tutor da parte delle regioni.
- Infine mettiamo in evidenza che tra il 2007 e il 2008 altri 109 insegnanti vengono formati (formazione iniziale) nei 35 presìdi distribuiti nelle regioni mancanti Liguria, Lazio, Emilia Romagna, Toscana, Abruzzo e Molise.

Il progetto ISS diventa per i musei coinvolti una preziosa occasione di rinsaldare (o in alcuni casi di creare ex-novo) i rapporti con le scuole, spesso considerate come un

“cliente” da ospitare a cui offrire proposte educative sicuramente interessanti ma forse non prioritarie, non sempre inserite in un percorso formativo che l’insegnante nella sua autonomia costruisce per cercare di raggiungere gli obiettivi di programma che il Ministero o le Direzioni Regionali Scolastiche o le singole scuole stabiliscono.

#### 4.1.2 Punti di forza e di debolezza del Piano ISS

Concludiamo questo paragrafo con un commento generale che riassume gli aspetti positivi e negativi che abbiamo riscontrato nel piano ISS, facendo riferimento ai criteri culturali che caratterizzano la rivista *Emmeciquadro*, (costituendo essa il nostro punto di riferimento) e da quanto emerge dai documenti stessi per quanto riguarda alcuni giudizi auto-critici di tipo organizzativo e didattico.

Per quanto riguarda gli aspetti positivi da un punto di vista organizzativo l’impianto *multilevel* di ISS consente da un lato di colmare lacune di qualunque tipologia quando qualche nodo della rete non soddisfa le aspettative, dall’altro di far confluire gli sforzi in modo sinergico rendendo più efficaci gli interventi. La normale rete di relazioni tra docenti a partire dal coordinamento del presidio permette la diffusione di buone pratiche didattiche, migliorando la qualità di insegnamento grazie alla condivisione e riflessione del lavoro svolto in classe<sup>417</sup>. La raccolta, la valorizzazione e la produzione di materiali didattici anche multimediali, attraverso il supporto della piattaforma informatica INDIRE, permette infatti di assicurare l’implementazione flessibile della proposta didattica complessiva che può essere adattata a diverse esigenze e a successive trasformazioni. Tuttavia si rende necessario un miglioramento comunicativo tra i diversiUSR, GPR e le scuole presidio coinvolgendo i dirigenti scolastici in modo più deciso. In particolare sarebbe auspicabile un maggiore supporto del GPR e del “livello esperto” di docenti – rappresentato dalle figure dei moderatori dei forum della piattaforma indire – che favorisca nell’ambito dei presidi l’ampliamento del repertorio di proposte didattiche e di riflessioni metodologiche che stimolino positivamente i tutor e i docenti coinvolti. Inoltre le associazioni non sempre collaborano tra loro in modo costruttivo.

---

<sup>417</sup> In ISS H[2006], p. 5 si legge che si intende favorire «attraverso una specifica azione di formazione rivolta agli insegnanti del I ciclo e del primo biennio del II ciclo [...], un cambiamento duraturo ed efficace della didattica delle Scienze Sperimentali» avvalendosi della collaborazione di alcuni docenti con il ruolo di tutor (come si descrive ampiamente nelle pagine seguenti).

Da un punto di vista didattico individuiamo i seguenti aspetti positivi <sup>418</sup>:

- le tematiche sono sviluppate secondo percorsi verticali adeguati all'età;
- i percorsi sono centrati sull'esperienza, sia che essi vengano sviluppati in ambiente non formali (musei, attività all'aperto, uscite didattiche) che formali (si parla in questo caso nei documenti di “didattica laboratoriale”);
- si considera importante l'apprendimento progressivo di un uso appropriato dei diversi linguaggi (gestuale, orale, scritto, iconico, matematico e scientifico);
- si favorisce la progettazione di percorsi aventi le seguenti caratteristiche:
  - sono proposti in contesti di “senso” o “significatività” per l'allievo nell'ambito delle esperienze di apprendimento proposte;
  - prendono in considerazione la storia delle Scienze e l'importanza delle Scienze anche dal punto di vista sociale;
  - curano l'aspetto della modellizzazione, considerato fondamentale per l'acquisizione di una mentalità scientifica.

Nonostante gli sforzi di miglioramento della proposta didattica, si riscontra però una difficoltà da parte dei docenti nel migliorare i contenuti e trasformare la pratica didattica in maniera efficace e continuativa nel tempo; inoltre la preoccupazione dei docenti resta rivolta principalmente alla programmazione curricolare a dimostrazione del fatto che non è stata ancora superata una visione un po' limitata e riduttiva dell'insegnamento <sup>419</sup>.

Da un punto di vista dell'impostazione culturale generale, riscontriamo la presenza dei seguenti aspetti critici che avevamo notato nel capitolo 2 essere caratteristici della tendenza costruttivista:

- Il docente ha semplicemente una funzione di supporto all'apprendimento dei bambini o ragazzi in quanto ha la funzione di creare gli ambienti che li stimolano nel porsi domande e nell'attivare processi interpretativi.
- Le conoscenze sono concepite come delle rappresentazioni o costrutti mentali, che possono essere scomposte e ricomposte in modo personale venendo a

---

<sup>418</sup> Tali aspetti sono sviluppati sia ISS H[2006] che in ISS H[2009/10].

<sup>419</sup> Questo commento è stato recepito in seguito ad un'intervista a Riccardo Govoni, uno degli organizzatori del Piano ISS che faceva parte del CTS. Attualmente egli si occupa del Progetto PON di cui parleremo in seguito.

manca ogni riferimento oggettivo. Per questo ritroviamo nei documenti <sup>420</sup> espressioni come: «mediazione didattica», «i linguaggi delle singole discipline debbono essere collegati interdisciplinariamente tra di loro e *riaccostati al mondo*», o «adozione progressiva dei punti di vista delle diverse discipline attraverso la scomposizione – *disintreccio* dei fenomeni osservati e la loro ricomposizione – *reintreccio* secondo scopi espliciti» secondo una visione costruttivista che vede la conoscenza come un montaggio e smontaggio di parti. Oppure ancora: «bisogna aiutare gli studenti a distinguere tra fatti e interpretazioni» secondo una visione di conoscenza che ripropone il dualismo cartesiano tra io e mondo. In base ai riferimenti culturali appena esplicitati, diventa inoltre di primaria importanza l'interpretazione dei fatti e l'apprendimento delle parole nell'ambito di esperienze a cui il soggetto può conferire un senso. Tuttavia l'enfasi posta sull'interpretazione soggettiva va a discapito di una conoscenza intesa in senso universale e oggettivo della realtà <sup>421</sup>.

- Non si esplicita con la dovuta chiarezza che la dimensione sperimentale caratterizza da un punto di vista metodologico e strutturale le Scienze. Di conseguenza le sue azioni caratteristiche – quali per esempio l'osservazione, la progettazione di esperimenti, la comprensione e discussione degli esiti sperimentali ottenuti per verificare le ipotesi – non costituiscono un'opzione didattica, piuttosto rappresentano degli strumenti conoscitivi propri della disciplina scientifica.

## 4.2 Iniziative di formazione dei soggetti coinvolti col piano ISS

Diamo ora una breve descrizione dei principali soggetti coinvolti nel piano ISS esponendo il servizio da loro offerto solo dal punto di vista attinente alla nostra ricerca, ossia la formazione docenti. Teniamo presente che l'attività delle associazioni e i Musei

---

<sup>420</sup> Si fa riferimento a diverse documentazioni del lavoro avvenuto anche presso gli Enti che partecipano e sostengono il Piano ISS.

<sup>421</sup> Per approfondire questi temi rimandiamo al primo e secondo capitolo. In particolare nel paragrafo 1.5.1 abbiamo specificato che la conoscenza della realtà il soggetto ne è parte integrante; nel paragrafo 1.5.5 abbiamo descritto cosa si intende per conoscenza certa e definitiva; nel paragrafo 2.1.3, parlando del costruttivismo, abbiamo esposto i limiti insiti in tale tendenza.

di cui parleremo si svolge da questo punto di vista soprattutto autonomamente, senza perciò far riferimento in prima battuta al Piano ISS, che rappresenta solo uno dei tanti canali scelti per raggiungere l'obiettivo che stiamo considerando. Di conseguenza molteplici sono le relazioni, in particolare per quanto riguarda La Città della Scienza e il Museo della Scienza e della Tecnica, con altri Progetti di formazione sia nazionali che internazionali (alcuni di essi saranno menzionati).

#### **4.2.1 La Città della Scienza di Napoli** <sup>422</sup>

La Città della Scienza di Napoli si avvale di molti laboratori didattici il cui uso è destinato alle classi o a interi Istituti scolastici. I docenti vengono accompagnati nella costruzione di percorsi formativi anche attraverso corsi di aggiornamento che prevedono la progettazione e la gestione di attività sperimentali, l'uso di nuove tecnologie per la didattica delle Scienze, la riflessione su sperimentazioni didattiche in corso, la progettazione e la valutazione di attività didattiche tese al miglioramento dell'insegnamento e dell'apprendimento delle Scienze. L'offerta formativa è rivolta a docenti di scuole di ogni ordine e grado. E' possibile svolgere un gran numero di attività di laboratorio, stipulando delle convenzioni.

Il rapporto scuola-museo si è rafforzato ulteriormente perché ha potuto beneficiare del Programma Operativo "La Scuola per lo Sviluppo" (PON- Scuola) di cui parleremo più avanti. Emilio Balsano è il coordinatore del Comitato Scientifico della Città della Scienza di Napoli e fa parte della fondazione IDIS (che la sostiene assieme a una società per azioni) e coordina il lancio del piano ISS nell'ambito dell'esperienza del museo interattivo e quindi del contesto di apprendimento informale che supporta l'innovazione a scuola.

#### **4.2.2 Il Museo della Scienza e della Tecnologia di Milano** <sup>423</sup>

La modalità adottata dal Museo della Scienza e della Tecnologia di Milano per quanto riguarda la formazione dei docenti è analoga a quella della città della Scienza: viene favorito l'apprendimento di tipo informale attraverso attività di laboratorio in cui gli

---

<sup>422</sup> Le informazioni raccolte sono tratte da ACS H[1].

<sup>423</sup> Le informazioni raccolte sono tratte da AMS [1].

insegnanti si cimentano in prima persona alla scoperta della comprensione dei fenomeni. Presentiamo una breve descrizione dei progetti proposti dal museo, che prevedono anche la formazione dei docenti soffermandoci in particolare sul primo, che riteniamo molto innovativo in quanto si connette strettamente con un Progetto internazionale di cui approfondiremo in seguito le caratteristiche.

*The Pathway to Inquiry Based Science Teaching* <sup>424</sup>

Il Progetto è stato finanziato nell'ambito del Settimo Programma Quadro *Azioni di sostegno e coordinamento di metodi innovativi per l'educazione scientifica* che riguarda la formazione su larga scala degli insegnanti in Europa sui metodi di *Inquiry based Science Education* (IBSE). Il progetto mira a sostenere efficacemente un ampio uso delle tecniche di insegnamento basate sull'*Inquiry* e sul *Problem Solving* nelle scuole primarie e secondarie in Europa e altrove. Seguendo le raccomandazioni contenute nella relazione *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe* <sup>425</sup>, il Progetto *Pathway* riunisce esperti in materia di educazione e ricerca scientifica (insegnanti, scienziati coinvolti nella ricerca scientifica attuale, responsabili delle politiche di sviluppo dei *curricula* scolastici) che agiscono principalmente in queste tre direzioni:

- propongono modelli didattici che possano aiutare gli insegnanti a valutare e riorganizzare efficacemente le proprie tecniche di insegnamento formalizzando e descrivendo un approccio standard per l'insegnamento della scienza attraverso l'*inquiry*;
- incoraggiano l'adozione da parte degli insegnanti di tecniche di *Inquiry Based Teaching* a scuola;
- promuovono l'*Inquiry Based Learning* attraverso una ricca collezione online di risorse educative e pratiche didattiche (collegata con i *curricula* scolastici).

Tale Progetto permette a tutti i soggetti interessati (insegnanti, formatori di insegnanti, sviluppatori di *curricula*, politici) di riesaminare le proprie pratiche alla luce di alcuni approcci efficaci che definiscono degli standard di eccellenza.

---

<sup>424</sup> Alcune informazioni relative al progetto ci sono state fornite dalla Responsabile Camilla Rossi-Linnemann mediante un'intervista telefonica.

<sup>425</sup> Il documento citato è IBSE J[1]. Del Progetto IBSE parleremo diffusamente più avanti.

*Scuole Aperte* offre alle scuole primarie e alle scuole secondarie di primo e secondo grado un programma di attività che contribuisce all'avvio di un laboratorio scientifico sperimentale permanente a scuola.

*Progetto EST* rivolto alle scuole primarie e secondarie di primo grado. Le classi sono coinvolte in un percorso educativo realizzato grazie alla collaborazione tra insegnanti ed esperti del Museo. Il percorso propone quattro attività: la formazione degli insegnanti, l'utilizzo dei kit educativi per il lavoro in classe, l'intervento a scuola di un esperto, l'attività nei laboratori interattivi del Museo (robotica, genetica, telecomunicazioni).

Sono inoltre organizzati dei corsi europei finanziati dal programma Formazione in servizio del piano Comenius-Grundtvig dell'Unione europea nati dall'esperienza del progetto europeo SMEC (School-Museum European Cooperation for the improvement of teaching and learning of sciences).

Il museo si avvale della collaborazione del CREI (Centro di Ricerca per l'Educazione Informale). L'attività dei corsi che vengono organizzati dal centro inizia con la sperimentazione diretta e personale dei fenomeni: si analizzano gli apparati sperimentali e il percorso concettuale insieme ai docenti per poi poter riprodurre l'attività in classe.

#### **4.2.3 Le Associazioni nazionali insegnanti di Scienze**

##### *AIF – Associazione per l’Insegnamento della Fisica* <sup>426</sup>

L'A.I.F. si è costituita come associazione «senza fini di lucro, che ha lo scopo di migliorare e rivalutare l'insegnamento della fisica e di contribuire ad elevare il livello della cultura scientifica in Italia.» <sup>427</sup> Opera in ambito nazionale (ma con contatti anche internazionali).

Per queste ragioni «stampa e diffonde pubblicazioni a carattere didattico e culturale e organizza attività di aggiornamento e di formazione insegnanti» <sup>428</sup> per tutti gli ordini di scuola compresa l'Università, ma soprattutto per la scuola secondaria di secondo grado in quanto nei livelli inferiori le discipline scientifiche sono unificate (dal maggio 2002, l'Associazione è inserita nell'elenco dei soggetti qualificati presso il MIUR per la

---

<sup>426</sup> Le informazioni relative ad A.I.F. sono tratte dal sito dell'associazione [www.aif.it](http://www.aif.it) ma soprattutto da un'intervista telefonica all'attuale Presidente Silvano Sgrignoli avvenuta in data 30 maggio 2011.

<sup>427</sup> Dallo statuto dell'A.I.F. che può essere visionato in AIF H[1].

<sup>428</sup> Vedi nota precedente.



formazione del personale della scuola). Annualmente, l'A.I.F. organizza anche convegni e congressi ed effettua tutte le iniziative atte a conseguire lo scopo sociale.

Tutti coloro che siano interessati alla didattica delle discipline scientifiche ed in particolare a quella della fisica ne possono far parte, compresi gli studenti .

Attualmente i soci ordinari sono poco più di un migliaio, distribuiti sul territorio nazionale: mediamente si tratta di docenti di scuola secondaria superiore o docenti universitari, con una minoranza di docenti di scuola dell'obbligo. Seguono poi, numericamente, i soci collettivi, cioè le scuole, le biblioteche e gli istituti (circa seicento), i soci aggregati e quelli esteri ed onorari.

La struttura portante è l'Assemblea dei Soci, che viene gestita da un Consiglio Direttivo, eletto dalla stessa assemblea ogni tre anni. Esistono poi dei Gruppi di Lavoro nazionali che gestiscono le attività ordinarie (come le pubblicazioni, i corsi di aggiornamento, le Olimpiadi di Fisica). Altri gruppi di lavoro nazionali nascono occasionalmente per rispondere a particolari esigenze interessanti per l'Associazione. Questi gruppi sono coordinati da un responsabile e lavorano su temi di rilevante interesse come ad esempio il rinnovamento dei programmi di fisica, l'inserimento della storia della fisica nella didattica disciplinare, l'insegnamento coordinato di chimica e fisica nel laboratorio, l'insegnamento della fisica negli Istituti Professionali per l'Industria e l'Artigianato (IPSIA). I soci sono di solito organizzati in Sezioni, che si possono costituire con un minimo di 8 soci; allo stato attuale, sono 52 su tutto il territorio nazionale.

### *DDSCI - Divisione Didattica della Società Chimica Italiana* <sup>429</sup>

La DDSCI è una delle 11 Divisioni della Società Chimica Italiana. La Società Chimica Italiana (SCI) è una società scientifica che riunisce la maggioranza dei chimici italiani, sia provenienti dai settori dell'insegnamento universitario e della scuola, sia dai comparti dell'industria e degli enti di ricerca e controllo. Obiettivo fondamentale della SCI è la divulgazione della scienza chimica e delle sue applicazioni, così da evidenziare l'importanza che essa riveste nella società moderna contribuendo a fornire nell'opinione pubblica una corretta immagine della chimica e del chimico nella società moderna. La DDSCI organizza: Giochi della Chimica con il

---

<sup>429</sup> Le informazioni relative a DDSCI sono tratte da ACI H[1].

patrocinio del MIUR (cadenza annuale), Congressi Divisionali, Conferenze Nazionali sull'Insegnamento della Chimica. L'attività di formazione e aggiornamento si esplica attraverso:

- protocolli di intesa con le Direzioni Scolastiche Regionali;
- collaborazione con le altre Associazioni scientifiche disciplinari (AIF, ANISN);
- collaborazione con le Facoltà Universitarie;
- convegni, conferenze, giornate di studio, corsi, scuole estive;
- interventi diretti nelle scuole;
- formazione in rete per l'ANSAS ex INDIRE: gestione di forum su tematiche relative all'insegnamento delle Scienze e della Chimica e sulle risorse informatiche per tale insegnamento.

#### *ANISN - Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali* <sup>430</sup>

L'ANISN si occupa, come vuole lo Statuto nazionale dell'insegnamento delle Scienze, della formazione e dell'aggiornamento dei docenti, della diffusione e promozione della cultura naturalistica. Per raggiungere tali obiettivi, vengono promosse svariate attività – corsi, seminari, conferenze, esperienze di laboratorio, uscite sul territorio – rivolte direttamente ai docenti e agli studenti. Vengono organizzati corsi di aggiornamento su tematiche scientifiche emergenti o consolidate, valutandone soprattutto la trasferibilità nella scuola, attraverso lavori di gruppo, con stesura di percorsi didattici. La formazione didattica dei docenti avviene attraverso un Gruppo di Ricerca Didattica ormai consolidato, con lo scopo di evidenziare i nuclei fondanti delle discipline scientifiche, gli ostacoli concettuali più frequenti nell'insegnamento, i principi epistemologici necessari per comprendere l'evoluzione della scienza; per questo motivo l'associazione ha avuto un ruolo attivo per quanto riguarda il dibattito sul progetto di riforma dei programmi scolastici. Collabora con i Musei e con i Centri universitari in ricerca didattica che coinvolgono ricercatori e insegnanti attivi presenti sul territorio locale. Partecipa di frequente alla definizione dei requisiti minimi per l'accesso alle facoltà scientifiche e per i relativi test di ingresso.

---

<sup>430</sup> Le notizie relative ad ANISN sono tratte da ANISN H[1].

### 4.3 Le iniziative più significative su scala nazionale <sup>431</sup>

In questo paragrafo desideriamo descrivere i principali progetti presenti in Italia destinati alla formazione dei docenti accreditati dal Ministero, oltre a quelli già esposti (Piano ISS compresi i soggetti coinvolti). In particolare ci soffermeremo sul Progetto PON Educazione Scientifica in quanto ci è parso che abbia sviluppato con maggiore attenzione rispetto agli altri, gli aspetti legati alla formazione che la rivista *Emmeciquadro* individua come nevralgici e che rispecchiano anche le aspettative europee (i fondi del progetto PON oltretutto provengono dall'Unione europea). Teniamo presente inoltre che il Progetto PON Educazione scientifica è sorto nell'alveo del PIANO ISS, come avremo modo di dettagliare in seguito.

#### 4.3.1 Progetto “Lauree Scientifiche“

E' promosso dal MIUR dal 2008-09 su iniziativa della Conferenza Nazionale dei Presidi delle Facoltà di Scienze e Tecnologie ed in accordo con Confindustria. Il progetto è nato nel 2004 con lo scopo di aumentare il numero di partecipanti ai programmi di chimica, fisica e matematica sul territorio nazionale predisposti per diffondere la cultura scientifica con l'obiettivo di favorire i giovani nella scelta dello studio di discipline scientifiche. Il tentativo è anche quello di coinvolgere le università e il mondo del lavoro per mettere in relazione lo studio a situazioni reali di ricerca. Fra il 2005 e il 2009 hanno partecipato a queste attività circa 3000 scuole, 4000 insegnanti della secondaria e 1800 docenti universitari. E' stata istituita una rete di partner a livello locale, regionale e nazionale grazie al supporto del Comitato Tecnico Scientifico.

#### 4.3.2 Progetto SET (Scienziati e Tecnici)

Il MIUR attraverso le diverse Direzioni Generali sia a livello centrale sia a livello regionale porta avanti, da alcuni anni, progetti e azioni tendenti a favorire l'innovazione della educazione scientifica e tecnologica.

---

<sup>431</sup> Le nostre ricerche sono partite consultando i siti della Pubblica Istruzione UFD H[1] e UFP H[1], soffermandoci sulle iniziative con maggior diffusione nazionale.

### 4.3.3 Master <sup>432</sup>

Fenomeni sporadici o non continuativi di iniziative rivolte alla formazione dei docenti sono promosse da parte delle Università <sup>433</sup>; alcune sono più attive di altre da questo punto di vista, sebbene siano in attesa dell'attivazione dei TFA (Tirocinio Formativo Attivo) a partire dall'anno 2012 assolveranno il compito della formazione iniziale dei docenti.

Citiamo a titolo di esempio una delle iniziative più importanti degli ultimi anni proposte in ambito universitario. Il Centro di ateneo per la ricerca educativa e didattica (C.A.R.E.D.) dell'Università di Genova ha organizzato un Master di due anni in Didattica delle Scienze per insegnanti delle scuole media ed elementare con lo scopo di offrire una formazione qualificata per l'orientamento alla cultura scientifica. Il Master è stato concordato come progetto comune tra le Università di Genova, Milano, Modena-Reggio Emilia, Napoli, Palermo, Torino, Udine e finanziato dal MIUR, Direzione Generale per lo Studente. «La proposta nasce dalla constatazione dell'urgente bisogno culturale e sociale di assicurare competenze diffuse e articolate nel campo della Matematica e delle Scienze [...]. Tutti coloro che lavorano in campo didattico hanno segnalato infatti da tempo che molte successive carenze sono riconducibili proprio ad

---

<sup>432</sup> Le informazioni sono state reperite da UM H[1]. Rammentiamo inoltre che Master analoghi sono nati anche per la formazione di docenti di matematica, fra cui citiamo solo Mat@bel, il cui gruppo collabora anche col Progetto PON di cui parleremo in seguito.

<sup>433</sup> Citiamo alcuni dei docenti che hanno organizzato iniziative di formazione scientifica in ambito universitario, sebbene tale elenco non sia esaustivo in quanto, come abbiamo esposto, la panoramica si presenta alquanto disomogenea e disorganica:

Prof. Claudio Bernardi <claudio.bernardi@uniroma1.it> punto di riferimento nella didattica della matematica e delle scienze ad ogni livello scolastico, coordinatore della (ex) SSIS Lazio.

Prof.ssa Marisa Michellini, università di Udine (marisa.michellini@uniud.it) autrice di sperimentazioni sulla fisica nelle scuole di ogni grado.

Prof.ssa Matilde Vicentini, università *La Sapienza* di Roma (matilde.vicentini@roma1.infn.it), si occupa di didattica della fisica e delle scienze fin da prima della ridefinizione dei programmi ad inizio anni 80, coordinatrice della (ex) SSIS Lazio come il Prof. Bernardi.

Prof. Franco Ghione, ghione@mat.uniroma2.it, didattica della matematica per ogni livello di scuola.

Prof. Aldo Altamore, altamore@fis.uniroma3.it, PLS didattica della fisica e in contatto anche con professori più orientati verso la didattica della biologia.

I Professori, tutti ex docenti SSIS, e docenti che si occupano di formazione in fisica solo per la secondaria di secondo grado:

Annamaria Miele (annamaria.miele@gmail.com), Orietta Proietti (oriettaproietti@virgilio.it), Sandra Amatiste (sandra.amatiste@fastwebnet.it); Walter Maraschini (w.maraschini@tiscali.it) che si occupa di formazione matematica (presidente di ANIMAT).

insegnamenti non adeguati che i ragazzi spesso incontrano nelle scuole elementari e medie. Occorre stimolare la naturale curiosità dei giovanissimi, promuovere approcci concettualmente corretti anche quando elementari, abituare ad un metodo di studio. L'orientamento successivo dipende fortemente da tutto questo.»<sup>434</sup>

Il Master prevede la formazione di un sapere disciplinare specifico, un sapere riguardante i processi di apprendimento, un sapere didattico «che veda nel ruolo di mediazione attiva fra pensiero-azione degli allievi e discipline la professionalità specifica di chi insegna»<sup>435</sup>. Viene sottolineata l'importanza dell'uso integrato delle competenze disciplinari.

#### 4.3.4 Progetto PON (Programma Operativo Nazionale)<sup>436</sup>

L'Agenzia Nazionale per lo sviluppo dell'Autonomia Scolastica, nell'ambito dei progetti PON per le regioni dell'Obiettivo convergenza, ossia nelle regioni con un PIL molto basso (Calabria, Campania, Puglia, Sicilia) è stata incaricata di realizzare tra il 2007 e il 2013 (rinnovabile) un vasto piano di sostegno finanziario allo sviluppo del sistema di istruzione e formazione delle regioni del mezzogiorno destinato ai docenti di Scienze delle scuole secondarie di primo grado. L'idea di fondo del progetto è quella di innovare le competenze dei docenti non semplicemente attraverso un'implementazione di conoscenze – modalità che oltretutto, come le ricerche dimostrano, non sortisce effetto – ma innescando un processo di trasformazione dei docenti da “comunità di pratica”<sup>437</sup> a “comunità di indagine”; essa avviene quando i docenti sono posti nelle condizioni di sviluppare una riflessione critica e sistematica (meta-cognitiva) delle proprie pratiche messe a confronto con quelle proposte da insegnanti esperti in attività di formazione e sperimentazione che svolgono una funzione tutoriale.

---

<sup>434</sup> Vedi nota 432.

<sup>435</sup> Ibidem.

<sup>436</sup> Queste informazioni sono ricavate dall'intervista ad un membro del Comitato Scientifico PON, ex Presidente dell'A.I.F. oltre che uno dei promotori del Piano ISS: Riccardo Govoni. Alcune informazioni sono state reperite intervistando il Prof. Ferdinando Arzarello Presidente del Progetto Mat@bel che collabora con il PON, ed è strutturato in un modo analogo.

<sup>437</sup> Per comunità di pratica si intende un gruppo di persone che condividono un'arte o una professione. Il gruppo può evolvere per il comune interesse dei suoi membri ad un dominio o a un'area particolare. Esso può anche formarsi specificamente allo scopo di acquisire conoscenze relative al loro campo di interesse (Lave & Wenger, 1991, 1998).

Entriamo ora più nello specifico nel modo in cui sono strutturati i corsi. I corsi sono in parte da effettuarsi in presenza, presso una scuola "presidio" del territorio, in parte online in un ambiente di formazione online gestito dall'ANSAS (in inglese "blended"). Complessivamente il corso per i docenti consta di 100 ore di cui 70 on-line e 30 in presenza. Le trenta ore in presenza vengono generalmente organizzate presso il presidio – cioè la scuola che è stata selezionata tramite bando in modo non diverso rispetto al Piano ISS – in 10 incontri di 3 ore ciascuno, con la possibilità per ciascun corso di personalizzarle. Le 70 ore on-line vengono tracciate per avere conferma che sia stato totalizzato il numero di ore stabilito. Il materiale di supporto presente nella piattaforma è costituito da unità teoriche e da percorsi didattici <sup>438</sup>. Le unità teoriche sono prodotte dai membri del CTS (Comitato Tecnico Scientifico) – di cui fanno parte membri esperti disciplinari ovvero d'area e membri tecnici (ANSAS e MIUR) – e in seguito approvate dal MIUR DG Affari Internazionali. In esse sono precisati gli argomenti da trattare e come affrontarli e sono messi a disposizione sia dei corsisti che dei tutor. I percorsi didattici sono invece sviluppati da alcuni docenti reclutati attraverso la piattaforma INDIRE, opportunamente selezionati dai membri del CTS in base alle competenze dimostrate. I percorsi fanno riferimento sempre ad una delle quattro aree tematiche e alle tre aree trasversali che abbiamo già citato e sono di tipo multimediale, comprendendo anche registrazioni, filmati, immagini, foto, alcuni sono personalmente prodotti dagli esperti, altri opportunamente selezionati da Internet, previo consenso di utilizzo, se necessario. Il CTS si attiva anche per supportare i tutor che formano i corsisti. I tutor, che come abbiamo detto hanno il compito di guidare i corsisti nella loro formazione, sono selezionati tramite un bando annuale indetto da ANSAS in base a certi criteri che valutano il grado di competenza riguardo agli aspetti ritenuti fondamentali per il PON che abbiamo esposto precedentemente; in seguito vengono formati mediante dei seminari della durata di due o tre giorni, che si svolgono con periodicità semestrale <sup>439</sup>. Per l'anno 2010-2011, il corso era di 30 ore (14 online e 16 in presenza) e verteva sui contenuti disciplinari e sulla gestione del gruppo. La formazione offerta è di tipo sperimentale ed avviene presso Enti o laboratori a disposizione presenti sul territorio

---

<sup>438</sup> Negli allegati al capitolo viene mostrata nel file *PON\_2011\_materiali* come appare sullo schermo la struttura del percorso prescelto che comprende tutti i materiali e strumenti a disposizione del docente.

<sup>439</sup> Nel 2010 il primo incontro è avvenuto a Firenze a gennaio, il secondo a giugno a Napoli; nel 2011 il primo si è tenuto a gennaio a Napoli, il secondo a giugno a Bari.

utilizzando come materiale quello prodotto dai membri del CTS e dai docenti. Ogni tutor guida circa 15-20 docenti.

Il Progetto PON riceve un grosso impulso dalle esperienze maturate nell'alveo del piano ISS. Infatti i quattro nuclei tematici scelti, sono analoghi a quelli del piano nazionale ISS: *L'energia e le sue trasformazioni*<sup>440</sup>; *Trasformazione; Terra e universo; Leggere l'ambiente: reti di relazioni e processi di cambiamento*<sup>441</sup>. Oltre a questi temi sono stati inseriti i due contenuti trasversali: *Educazione allo Sviluppo Sostenibile*, *Storia della Scienza e la Valutazione*. Per quanto riguarda il primo contenuto si ritiene fondamentale favorire la padronanza del funzionamento dei fenomeni naturali verso un loro utilizzo virtuoso ed etico rispetto alla complessità e ai fragili equilibri degli ecosistemi naturali, sociali e culturali. Per quanto riguarda il secondo contenuto si specifica che l'affronto della Storia della Scienza non solo fornisce un fondamento culturale più consistente ai contenuti, ma anche insegnamenti preziosi riguardo ai processi mentali che hanno permesso l'introduzione di nuovi di natura sperimentale e teorica sviluppatasi progressivamente nel corso del tempo<sup>442</sup>. Nel PON si riscontrano principalmente due aspetti innovativi che nel piano ISS non erano predominanti: l'importanza assegnata alla Storia delle Scienze nella formazione scientifica e il ruolo centrale assunto dal docente che non si configura semplicemente come "mediatore" della conoscenza, bensì come guida capace di orientare fortemente il processo di apprendimento. Di conseguenza la cura della formazione del docente, rispettando gli standard di competenza stabiliti a livello europeo<sup>443</sup>, è messa in primo piano come si può constatare dal modo in cui sono organizzati i corsi di aggiornamento rivolti ai docenti. Anche il piano ISS si avvale della piattaforma ANSAS per la condivisione da parte dei docenti di materiali multimediali; anche il piano ISS si avvale di presidi per la costituzione di

---

<sup>440</sup> Nel piano ISS questo nucleo tematico era più limitato e prendeva il nome di: *Luce colore e visione*. La sostituzione è avvenuta per rispettare le Indicazioni Nazionali.

<sup>441</sup> Accedendo al sito della piattaforma PON H[1] sono mostrate le unità tematiche a cui fanno riferimento i diversi percorsi. Ulteriore materiale utile per approfondire tale progetto è disponibile in PON H[2] e PON H[3] (dove si trovano due articoli di presentazione); in PON H[4] (dove si trova la brochure del progetto); in PON H[5] (dove si trova Il vecchio piano editoriale, aggiornato fino al 2012, che descrive i percorsi contenuti sul sito). Questi documenti contengono informazioni generali riguardo alle motivazioni, i metodi e i contenuti del Progetto di formazione destinato ai docenti di Scienze della scuola secondaria di primo grado.

I materiali relativi ai percorsi destinati ai docenti sono disponibili in PON H[6]. Si tenga presente che al momento è possibile accedere ai percorsi e ai forum con l'esperto solo da parte dei docenti che aderiscono al Progetto e di coloro che collaborano ad esso.

<sup>442</sup> Nell'ultimo paragrafo del capitolo dove parliamo dei Progetti Internazionali.

<sup>443</sup> Si consulti quanto viene detto su questo tema nel paragrafo 4.6.1 trattando dei provvedimenti del 2007.

una rete di scuole attraverso cui diffondere buone pratiche di insegnamento. Tuttavia, a causa di inefficienze organizzative, non è stato possibile, se non sporadicamente e solo in certe aree (per esempio nella regione Piemonte) lo sviluppo di veri e propri percorsi didattici completi e organici con caratteristiche di fondo ben precisate <sup>444</sup>. Inoltre i corsi del PON sono dotati di lezioni in presenza, in cui vengono eseguiti esperimenti e trasmesse conoscenze che sarebbe difficile reperire dai testi. Anche la parte del corso che si svolge on-line offre più ampie opportunità rispetto al Piano ISS, che brevemente ci accingiamo a descrivere:

- i docenti sono supportati durante l’anno dai tutor con consulenze individuali e attraverso i forum a disposizione nella piattaforma *Puntoedu*;
- i docenti hanno anche la possibilità di dialogare e chiedere chiarimenti interattivamente ai docenti esperti autori dei percorsi e ai membri del CTS <sup>445</sup> grazie alla piattaforma *software breeze*, che consente l’utilizzo dello schermo del computer come lavagna interattiva o per condividere materiali multimediali (slide, filmati, immagini file). La classe “virtuale” così costituita (affiancata a quella “reale” quando il corso avviene in presenza) rappresenta un esempio virtuoso di formazione in servizio in cui sperimentazione didattica e riflessione teorica si intrecciano costruttivamente rinforzandosi a vicenda. Infatti l’insegnante confronta la realizzazione della sperimentazione in classe con quella dei colleghi e riflette – insieme anche ai tutor, gli autori e i membri del CTS – riguardo alle problematiche emerse e ai risultati conseguiti. Inoltre diventa possibile il confronto tra tutte le comunità di pratica (CTS e autori con i tutor e con i docenti) per la condivisione e discussione non solo di pratiche didattiche, ma anche di conoscenze di tipo culturale (storiche ed epistemologiche);
- i docenti hanno a disposizione in piattaforma sia moduli teorici che percorsi didattici (scritti dagli autori).

Questo tipo di organizzazione *multilevel* e lo scambio di materiali e conoscenze attraverso gli strumenti che abbiamo illustrato, garantiscono dei risultati più efficaci dal punto di vista della formazione docenti rispetto al Piano ISS, con ricadute positive

---

<sup>444</sup> Tali caratteristiche sono state esplicitate in precedenza.

<sup>445</sup> I docenti hanno a disposizione 4 pacchetti di due ore dal titolo: *Incontra l’esperto*.



sull'apprendimento degli studenti, sebbene, facciamo notare, che durante l'anno non di rado accade purtroppo che alcuni corsisti interrompano il corso, anche per problemi logistici dovuti alla difficoltà per i docenti di raggiungere i presìdi.

Il Progetto PON assume esplicitamente come riferimento le Indicazioni Nazionali sia per quanto riguarda i contenuti appena menzionati, che per quanto riguarda i metodi. Tuttavia, essendo il progetto PON un'iniziativa promossa a livello europeo, esistono forti legami anche con altri progetti della comunità, in particolare il già citato progetto IBSE che approfondiremo meglio più avanti. Per quanto riguarda i metodi adottati si evidenziano due caratteristiche fondamentali dei percorsi didattici:

- L'approfondimento concettuale progressivo dei contenuti fondamentali, come è ben espresso da questo breve stralcio che riportiamo: «Gli organizzatori cognitivi dovranno essere oggetto di particolare attenzione rispetto alla correttezza delle nozioni e alla rigosità del quadro concettuale, senza dimenticare l'adeguatezza delle proposte didattiche destinate agli studenti. Un concetto come quello di energia, per esempio, è ineludibile perché ricorrente nei contesti più diversi (il movimento, le trasformazioni della materia, il metabolismo degli esseri viventi, lo sviluppo sostenibile) e presente nei materiali didattici normalmente in adozione nelle scuole. È necessario allora fare chiarezza sulla corretta definizione di tale grandezza e conseguentemente compiere consapevolmente delle scelte rispetto alle modalità d'introduzione del concetto e delle piste di lavoro da seguire, avendo sempre presente che gli obiettivi cognitivi attuali, oltre a una valenza in sé stessi, costituiscono anche una sorta di pre-requisiti per le tappe successive del percorso di istruzione.»<sup>446</sup>
- una didattica laboratoriale che non prescinda mai dall'analisi di situazioni concrete, ma prenda sempre spunto da problemi reali.

Finora abbiamo esplicitato gli aspetti positivi che caratterizzano il PON e che sono in sintonia con i criteri della rivista *Emmeciquadro*. Tuttavia sussistono anche alcuni limiti, che ineriscono in particolare l'impostazione culturale e che sono gli stessi che abbiamo precedentemente esposto parlando del Piano ISS<sup>447</sup>.

---

<sup>446</sup> *PON Educazione scientifica I ciclo Linee guida per gli autori / Piano dell'offerta formativa*, p. 6. Il documento è contenuto nella cartella PON tra gli allegati del capitolo con il titolo *Piano offerta formativa*.

<sup>447</sup> Si consulti il paragrafo 4.1.2.

Per completezza e per offrire una possibilità di ulteriore approfondimento delle caratteristiche del Progetto PON, riportiamo in allegato al capitolo i seguenti file:

*Piano offerta Formativa* dove sono specificati i presupposti teorici di partenza del progetto;

*Corso PON* contiene descritte nei dettagli tutte le fasi del corso di formazione del progetto PON così come è strutturato;

*statistiche corsisti* sono contenuti dati statistici sulla diffusione dei corsi;

*PON Monitoraggio* è un documento relativo al Monitoraggio del Progetto.

*Ambiente di formazione* (videata che mostra il sito destinato alla formazione docenti)

Infine ritengo utile esplicitare che, sebbene i percorsi siano consultabili esclusivamente dai docenti che frequentano il corso, nei paragrafi 7.2 e 7.3 del capitolo 7 è possibile prendere visione di due percorsi multimediali da me prodotti in qualità di autore (o esperto docente come è denominato in questo paragrafo).

Ulteriori approfondimenti sono estrapolabili anche dalla lettura dell'intervista alle Dott.sse Anna Maria Fichera e Serena Goracci <sup>448</sup>.

## **4.4 I progetti sponsorizzati da USRL (Ufficio Scolastico Regionale) Lombardia**

In questo paragrafo elenchiamo solo i progetti di formazione destinati ai docenti di scuola primaria e secondaria promossi dalla regione Lombardia e supportati dall'USRL <sup>449</sup>.

### **4.4.1 Scienza under 18**

Nato nel 2006 con lo scopo di sviluppare la pratica di laboratorio nell'educazione scientifica e approfondire la didattica sulla comunicazione della scienza. Predomina l'interesse per forme di comunicazione che utilizzano le immagini, come la fotografia, e la rappresentazione teatrale. Ha come partner il Museo della Scienza e della Tecnica di

---

<sup>448</sup> Correale N. H[2012].

<sup>449</sup> Eviteremo di nominare nuovamente il Piano ISS e i soggetti coinvolti che collaborano anche con USRL. Per la stesura di questo paragrafo abbiamo utilizzato le informazioni contenute in UFD H[1] e UFP H[1].

Milano e si avvale di una piattaforma on-line INDIRE per comunicare con la rete di scuole che partecipano alle attività.

#### **4.4.2 Borse IFOM ( Fondazione Istituto FIRCA di Oncologia Molecolare ) per insegnanti**

Nato nel 2003 e promosso da IFOM allo scopo di stringere una collaborazione attiva tra l'eccellenza della ricerca e quella della scuola, per favorire la ricerca e l'innovazione didattica e il suo trasferimento nella scuola di tutti i giorni.

#### **4.4.3 Borse di studio Università di Pavia**

Nato nel 2002 con lo scopo di attribuire ai docenti un ruolo attivo nello sviluppo della loro professionalità, promuove la ricerca in classe da parte degli insegnanti attraverso la supervisione metodologica di un esperto universitario.

#### **4.4.4 PQM (Progetto nazionale Qualità e Merito)**

Tra i progetti di matematica citiamo solo il PQM, per lo stretto legame con le indagini di valutazione esterna dei sistemi scolastici da noi esaminate e perché l'autorità di Gestione è PON, a cui abbiamo dedicato ampio spazio.

Tale progetto, che copre l'arco temporale 2010-2013, ha l'obiettivo di supportare gli Istituti scolastici che vi aderiscono, nel miglioramento delle metodologie didattiche in matematica partendo dall'analisi dei punti critici individuati dopo la somministrazione agli studenti delle prove nazionali INValSI e internazionali OCSE-PISA e TIMSS, che affronteremo nel prossimo capitolo. Seguendo questa modalità si intende avviare la costruzione di un processo di autodiagnosi con l'ausilio tecnico del Tutor di Progetto, dei Gruppi Regionali di Supporto e di materiali prodotti da "esperti di analisi" e eventuali interventi esterni posti in essere dal MIUR nell'ambito di questo progetto.

Abbiamo anche documentato nell'Appendice a questo capitolo *Iniziative Scienza* l'attività di alcuni dei più importanti Festival della Scienza e iniziative di Enti privati volte a contribuire alla diffusione della cultura scientifica. Certamente iniziative di

questo tipo possono contribuire a stimolare la curiosità e il desiderio di conoscenza gli studenti favorendo l'apprendimento delle discipline scientifiche e aiutando i docenti nello sviluppo di nuovi percorsi scientifici da affrontare in classe.

Passiamo ora a descrivere i principali provvedimenti presi ultimamente per quanto riguarda la formazione iniziale dei docenti.

#### 4.5 La formazione iniziale dei docenti <sup>450</sup>

Dopo esserci occupati di presentare le iniziative di formazione dei docenti in servizio, descriviamo come avviene nel nostro paese la formazione iniziale dei docenti, essendo oltretutto in questi anni cambiata (e tuttora in fase di assestamento) una nuova forma di preparazione dei futuri insegnanti.

Prima di tutto riepiloghiamo brevemente cosa sta succedendo in questi anni. A partire dall'anno accademico 2008-2009 sono state sospese <sup>451</sup> le Scuole di specializzazione per l'insegnamento secondario (SSIS) attivate presso le università durante il periodo in cui era al governo il Ministro Moratti <sup>452</sup>. Con il decreto del 10 settembre 2010, n. 249 <sup>453</sup> sono stati definiti i nuovi requisiti e le modalità della formazione iniziale sostitutivi delle precedenti SSIS che riguardano tutti gli insegnanti della scuola dell'infanzia, della scuola primaria e della scuola secondaria di primo e secondo grado. Occorre però attendere l'anno 2012 prima che il decreto venga attuato definitivamente. Nel decreto si stabilisce che per insegnare nella scuola dell'infanzia e nella scuola primaria è necessaria una laurea quinquennale magistrale, a numero programmato con prova di accesso, che consente di conseguire l'abilitazione per la scuola primaria e dell'infanzia.

---

<sup>450</sup> Precisiamo che in questo paragrafo abbiamo dato maggior rilievo alle problematiche e agli aspetti che riguardano la preparazione dei docenti di Scienze nella scuola primaria e secondaria di primo grado in quanto questo testo è particolarmente rivolto ai docenti di questi livelli di scuola. Per qualunque altro approfondimento si può consultare il decreto n. 249 a cui si fa riferimento.

<sup>451</sup> In base al decreto-legge del 25 giugno 2008, n. 112.

<sup>452</sup> Per avere una panoramica più completa da un punto di vista legislativo delle riforme che riguardano la formazione docenti dal 2003 fino all'istituzione delle SSIS si può consultare il documento Eurydice Scalmato V., Angotti R. G[2009/2010], pp. 28-31. In particolare si possono consultare la legge di riforma del Ministro Moratti n.53/2003 e il successivo Decreto Legislativo n.227/2005; inoltre l'abrogazione di entrambi con la legge del Ministro Fioroni n.244/2007 (legge finanziaria 2008). Questo elenco di provvedimenti, spesso contraddittori tra loro, ci confermano che se le riforme che si succedono nel tempo non assumono una linea condivisa secondo una prospettiva di continuità, difficilmente sarà possibile formare i docenti in maniera efficace e lungimirante.

<sup>453</sup> Si veda MIUR I[2011a].

Dal documento si evince che rispetto alla preparazione precedente vengono rafforzate le competenze disciplinari e pedagogiche, aumenta la parte di tirocinio a scuola ed è previsto un apposito percorso laboratoriale per la lingua inglese e le nuove tecnologie. In particolare sono previsti «uno o più laboratori pedagogico-didattici volti a far sperimentare agli studenti in prima persona la trasposizione pratica di quanto appreso in aula e, a iniziare dal secondo anno, attività obbligatorie di tirocinio indiretto (preparazione, riflessione e discussione delle attività, documentazione per la relazione finale di tirocinio) e diretto nelle scuole [oltre che] attività di osservazione, di lavoro in situazione guidata e di attività in cui lo studente sia pienamente autonomo. Il percorso va articolato prevedendo, dal secondo anno, una parte di tirocinio nella scuola.»<sup>454</sup>

Tra le competenze che si intendono sviluppare nel punto “e” si parla di “capacità relazionali” :

« e) possedere capacità relazionali e gestionali in modo da rendere il lavoro di classe fruttuoso per ciascun bambino, facilitando la convivenza di culture e religioni diverse, sapendo costruire regole di vita comuni riguardanti la disciplina, il senso di responsabilità, la solidarietà e il senso di giustizia.»<sup>455</sup>

Nel punto “f “ di collaborazione coi colleghi all’interno della scuola intesa nella sua struttura organizzativa complessiva:

« f) essere in grado di partecipare attivamente alla gestione della scuola e della didattica collaborando coi colleghi sia nella progettazione didattica, sia nelle attività collegiali interne ed esterne, anche in relazione alle esigenze del territorio in cui opera la scuola.»<sup>456</sup>

Per la prima volta si dà specifica attenzione al problema degli alunni con disabilità, prevedendo che in tutti i percorsi ci siano insegnamenti in grado di fornire al futuro docente una preparazione di base sui bisogni speciali.

Per quanto riguarda invece l’insegnamento nella scuola secondaria occorre conseguire la laurea di durata quinquennale sempre a numero programmato<sup>457</sup>, per poi accedere al

---

<sup>454</sup> Si legga il decreto MIUR I[2011a], p. 10 dove si descrivono le caratteristiche del *Corso di laurea magistrale in Scienze della formazione primaria (LM -85 bis)*.

<sup>455</sup> Ibidem, p. 11.

<sup>456</sup> Ibidem.

corso di preparazione e abilitazione all'insegnamento, chiamato TFA (Tirocinio Formativo Attivo) di durata annuale con frequenza obbligatoria. La differenza tra la preparazione per la scuola secondaria di primo e secondo grado consiste nel fatto che nel primo caso dopo i due anni comuni nell'ambito del corso di laurea scelto si prevedono tre anni di laurea magistrale o specialistica <sup>458</sup> (a cui si accede se viene superata una prova che valuta se i contenuti disciplinari di base sono stati conseguiti). Perciò si pone il problema di garantire in questi tre anni una preparazione più uniforme e completa che copra le lacune sul versante dei contenuti disciplinari di tipo scientifico per coloro che provengono da lauree in cui la preparazione matematica è più accurata – perciò parliamo delle lauree in matematica e fisica – e le carenze di tipo matematico per coloro che provengono da lauree di tipo prettamente scientifico – perciò chimica, geologia, scienze naturali, ecc. Si cerca di superare questa difformità intrinseca nella preparazione di partenza specificando il numero di crediti minimo che gli studenti provenienti dai diversi corsi di laurea devono maturare, che sarà dunque diverso in base agli esami sostenuti negli anni precedenti durante la laurea triennale <sup>459</sup>. Rileviamo tuttavia che questo problema resta ancora aperto ed è fonte di discussioni tra i docenti universitari che hanno il compito di preparare i docenti delle scuole.

Un altro problema del corso di laurea magistrale che credo non possa essere trascurato è il seguente: sebbene i docenti universitari siano certamente in grado di fornire agli studenti conoscenze sia tipo disciplinare che pedagogico, tuttavia non hanno nessuna esperienza e competenza riguardo agli aspetti specifici di tipo didattico o di insegnamento delle discipline. Se anche conoscono approfonditamente i contenuti disciplinari, molto spesso non hanno una preparazione specifica rispetto ai contenuti fondamentali e sintetici che andrebbero approfonditi per garantire una formazione adeguata agli studenti, in vista della professione che andranno a svolgere. Per questo motivo sarebbe auspicabile che i docenti universitari delle lauree magistrali lavorassero in stretto contatto e collaborazione con alcuni docenti di scuole secondarie di primo grado. Inoltre sarebbe anche necessario che i docenti delle discipline dell'area

---

<sup>457</sup> I numeri programmati di accesso sia alle lauree magistrali che al TFA sono stati introdotti per evitare, come è successo con le SILSIS, di abilitare personale in esubero senza poter garantire una effettiva collocazione, alimentando la sacca di docenti precari.

<sup>458</sup> Per maggiori dettagli riguardo alla laurea magistrale si veda MIUR I[2011a], *Classe di abilitazione A059 – Matematica e scienze nella scuola secondaria di I grado* LM 95, pp. 23-24.

<sup>459</sup> Per maggiori dettagli riguardo al numero di crediti che deve essere maturato durante il corso di laurea magistrale da parte degli studenti si veda MIUR I[2011a], pp. 24-27.

pedagogica collaborassero con quelli dell'area disciplinare per evitare una preparazione settoriale e non unitaria.

Dopo i tre anni di laurea magistrale o i cinque anni di laurea scientifica (per coloro che intendono insegnare nella scuola secondaria di secondo grado) è previsto un anno di tirocinio formativo attivo (TFA) in cui si approfondiscono le conoscenze sperimentali e didattiche. Anche i laureati del vecchio ordinamento hanno la possibilità di frequentare il TFA purché in possesso dei requisiti stabiliti per ciascuna classe di concorso <sup>460</sup>. Per tutti l'accesso è garantito solo dopo aver verificato le conoscenze disciplinari relative alle materie oggetto di insegnamento della classe di abilitazione per cui si concorre, attraverso test preliminare, una prova scritta e una prova orale. La graduatoria degli ammessi al TFA viene stabilita in base anche ad altri parametri quali: eventuale servizio d'insegnamento prestato, titoli di studio (dottorato, attività di ricerca scientifica) e pubblicazioni. Il TFA prevede insegnamenti di Scienze dell'Educazione; un tirocinio indiretto e diretto di 475 ore svolto presso le istituzioni scolastiche sotto la guida di un tutor. Per lo svolgimento delle attività di tirocinio le facoltà di riferimento si avvalgono di personale docente e dirigente cui sono affidati compiti tutoriali in qualità di tutor coordinatori, tutor dei tirocinanti, tutor organizzatori. Con decreto del MIUR <sup>461</sup> sono stabiliti i contingenti di personale della scuola da utilizzare come tutor e i criteri di selezione. Gli incarichi sono conferiti dalle facoltà di riferimento. I tutor coordinatori hanno l'esonero parziale dall'insegnamento, mentre i tutor organizzatori l'esonero totale.

Prima di procedere con la descrizione sintetica della situazione in Europa, ci sembra opportuno rammentare che a partire dal 2011 sono stati avviati nell'ambito della Regione Lombardia contratti di Apprendistato di Alta Formazione che coinvolgono anche i laureandi magistrali <sup>462</sup>. In tal caso, dunque, gli studenti in Apprendistato che

---

<sup>460</sup> Per la verifica dei requisiti per l'accesso al TFA si veda l'ex art.15 DM 249/10 in MIUR I[2011b] e DM I[2005]. Per i possessori di laurea di vecchio ordinamento, sono validi i requisiti stabiliti dal DM n. 39/1998 (DM I[1998]). Per maggior dettagli riguardo al numero di crediti che si maturano durante il TFA in ogni insegnamento, si consulti il decreto a pp. 47-48. Per iscriversi al TFA, se in possesso dei titoli richiesti, occorre accedere al sito TFA I[1] dove compare anche il numero di posti disponibili per ogni classe di concorso a cui si intende partecipare e per ogni università.

<sup>461</sup> DM I[2011].

<sup>462</sup> L'11 agosto 2011 è stato stipulato un contratto di apprendistato per l'alta formazione. La Regione Lombardia e il sistema universitario lombardo, approvato dalla Giunta regionale, su proposta dell'assessore all'Istruzione, Formazione e Lavoro Gianni Rossoni, hanno attuato un provvedimento attuando il programma FIxO - Formazione e Innovazione per l'Occupazione, promosso dal Ministero del

intendono diventare insegnanti, sarebbero formati in parte presso le scuole anche durante il periodo di studio nell'ambito del proprio corso di laurea. In questo senso, se l'Apprendistato è ben strutturato, forse questa modalità di preparazione potrebbe rappresentare una buona opportunità per evitare il rischio di fornire conoscenze eccessivamente teoriche e poco efficaci.

## 4.6 Uno sguardo sull'Europa

Se in tutto il capitolo abbiamo parlato esclusivamente di formazione docenti, in questo paragrafo specifico prenderemo in considerazione i provvedimenti degni di nota a partire dal 1999 presi in Europa in ambito educativo, che perciò riguardano anche gli Istituti scolastici e gli studenti, aspetto che tratteremo più specificatamente nel prossimo

---

Lavoro e delle Politiche Sociali in collaborazione con Italia Lavoro, finalizzato alla riduzione dei tempi di ingresso dei giovani laureati nel mondo del lavoro. Gli atenei coinvolti sono l'Università degli Studi di Milano, il Politecnico, l'Università di Milano-Bicocca, l'Università Cattolica del Sacro Cuore, la Libera Università di Lingue e Comunicazione (IULM), le Università degli Studi di Bergamo, Brescia e Pavia, l'Università Carlo Cattaneo (LIUC) di Castellanza (Va). La Regione Lombardia intende così sperimentare una strategia a sostegno di un maggior allineamento tra le scelte universitarie dei giovani e il fabbisogno delle imprese in applicazione dell'art.50 del Decreto Legislativo 276/2003 e delle leggi regionali 22/2006, che disciplina il mercato del lavoro in Lombardia, e la 19/2007 che definisce le 'Norme sul sistema educativo di istruzione e formazione della Regione Lombardia'. L'iniziativa si rivolge ai giovani di età compresa tra i 18 e i 29 anni iscritti al secondo o terzo anno di un percorso di laurea triennale o al secondo anno di un percorso di laurea magistrale in una delle università che aderiscono all'accordo. L'accordo sarà valido per il triennio 2011-2014. La durata prevista per il contratto di apprendistato in alta formazione non potrà superare i 36 mesi per il conseguimento del titolo di laurea e di 24 per il titolo di laurea magistrale. La formazione dell'apprendista è legata al titolo di studio da conseguire attraverso il percorso di apprendistato. Il percorso formativo viene stabilito dal piano formativo individuale e contiene: formazione aziendale, formazione curriculare (docenze frontali, momenti in fad - formazione a distanza, project work) e studio individuale, competenze che l'apprendista deve acquisire attraverso il percorso, indicazione del tutor formativo e del tutor aziendale, che devono possedere le adeguate competenze ed esperienze professionali per poter essere protagonisti della progettazione del piano formativo e affiancare nel modo corretto l'apprendista nel suo percorso formativo in azienda. La collaborazione fra università e sistema delle imprese favorisce l'adeguamento dell'offerta formativa rispetto alle competenze richieste dal mercato del lavoro, l'innovazione delle imprese con capitale umano qualificato, l'incontro fra domanda e offerta di lavoro con i servizi di placement di ateneo. Le università garantiscono azioni di informazione, promozione e orientamento al contratto di apprendistato in Alta Formazione presso studenti e imprese, progettano percorsi formativi e di tutoraggio rispondenti alle esigenze delle imprese, riconoscono in termini di crediti formativi universitari il valore formativo del lavoro, valutando e attestando i crediti formativi universitari e le competenze acquisiti in ambito lavorativo, anche nel caso in cui l'apprendista non completi il percorso o non consegua il titolo finale. Italia Lavoro S.p.A. fornisce supporto tecnico a Regione Lombardia e alle Università aderenti nella realizzazione del programma sperimentale previsto dall'accordo contribuendo anche al sostegno economico dei servizi di placement degli studenti. In particolare, nell'ambito del progetto FixO Scuola & Università, interviene a sostegno economico dei servizi di placement degli Atenei. Per ciascun progetto il valore massimo finanziabile per anno è di 250.000 euro, mentre la dote per ogni singolo apprendista è di 6.000 euro. Le informazioni riportate sono state attinte da un'intervista telefonica al dirigente della Struttura Occupabilità e Occupazione della Regione Lombardia Massimo Vasarotti e dal sito AF I[1].



capitolo <sup>463</sup>. In questo senso si evidenzia l'importanza che assume lo stabilire criteri uniformi di valutazione delle competenze, sia dei docenti che degli studenti. Se per quanto riguarda la valutazione esterna degli studenti si constata che è realizzata in tutti i paesi dell'Unione Europea, per quanto riguarda quella dei docenti la situazione è più complicata e difforme: si va da Paesi, unico esempio l'Italia, in cui non viene del tutto praticata, a Paesi in cui la valutazione sia interna che esterna della formazione iniziale degli insegnanti viene utilizzata per valutare i singoli Istituti e per assegnare i finanziamenti <sup>464</sup>.

#### 4.6.1 I principali provvedimenti sulla formazione

Prima di procedere nell'esposizione dei provvedimenti più significativi è opportuno segnalare che, qualora si presenterà l'occasione, metteremo in risalto le disposizioni che riguardano esclusivamente i docenti riservandoci di approfondire quelle relative agli studenti nel prossimo capitolo. Teniamo inoltre presente, per non disperderci in troppi particolari, che i due momenti più importanti fra quelli elencati, da cui sono scaturiti i successivi provvedimenti, sono il Processo di Bologna del 1999 e il Consiglio europeo di Lisbona del 2000. Questo è il motivo per cui essi sono i primi due a comparire nel nostro elenco.

- Il 19 giugno 1999 a Bologna, oltre a rinnovare l'impegno preso a Maastricht nel 1992 (art. 149) per sviluppare "un'istruzione di qualità", l'Unione Europea istituisce il Sistema Europeo di Accumulazione e Trasferimento dei Crediti (ECTS) per il riconoscimento transnazionale dei risultati conseguiti nel corso degli studi, obiettivo da raggiungere entro il 2010. Questo provvedimento provoca delle ricadute sulla scuola secondaria di secondo grado dal punto di vista del sistema di valutazione di fine anno scolastico.
- Il 23 e 24 marzo 2000 il Consiglio europeo di Lisbona <sup>465</sup> stabilisce che «la necessità di una maggior trasparenza delle qualifiche sia una delle componenti

---

<sup>463</sup> La principale fonte utilizzata per la stesura di questa parte è l'introduzione del saggio: Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008].

<sup>464</sup> Si veda il documento Eurydice EU G[2006], p.44. In particolare si possono consultare i grafici a p. 11 e 12 che abbiamo anche riportato nell'allegato di questo capitolo *grafici formazione*.

<sup>465</sup> Per approfondimenti si possono leggere i documenti in LI J[1].

principali necessarie per adeguare i sistemi di istruzione e formazione europei alle esigenze della società della conoscenza.»

- Il 19 maggio 2001 nel Comunicato di Praga si stabilisce che l'Europa del futuro «sarà costruita su una società ed un'economia basate sulla conoscenza.»
- Il 15 e 16 marzo 2002 il Consiglio europeo di Barcellona chiede una più stretta cooperazione nel settore universitario ed un miglioramento della trasparenza e dei metodi di riconoscimento nel campo dell'istruzione e formazione professionale. Viene definito l'ECVET (Sistema Europeo di Trasferimento di Crediti nell'Istruzione e Formazione Professionale).
- Il 27 giugno 2002 la risoluzione del Consiglio sull'apprendimento permanente invita la Commissione, in stretta cooperazione con il Consiglio e gli Stati membri, a sviluppare un quadro per il riconoscimento delle qualifiche in materia di istruzione e formazione, partendo dai risultati del Processo di Bologna e promuovendo iniziative analoghe nel campo della formazione professionale.
- Nella Primavera 2004 un team di esperti, in collaborazione con il Gruppo Permanente sugli Indicatori e Benchmark (anch'esso costituito dalla Commissione Europea all'interno della stessa struttura), affronta la questione dello «sviluppo di indicatori adeguati per misurare il miglioramento nella formazione degli insegnanti e, in particolare, il loro sviluppo professionale continuo. Il gruppo ha identificato lo sviluppo di sistemi per la valutazione e l'accreditamento della formazione iniziale e in servizio degli insegnanti come una delle priorità in termini di miglioramento della formazione degli insegnanti.»<sup>466</sup>
- In Autunno del 2004 la Commissione Europea chiede a Eurydice di svolgere uno studio sulle disposizioni esistenti in materia di valutazione della formazione degli insegnanti nei paesi europei: «la Commissione Europea ha costituito un gruppo di esperti in materia di «miglioramento dell'istruzione di insegnanti e formatori».<sup>467</sup>

---

<sup>466</sup> EU G[2006], p. 3.

<sup>467</sup> Vedi nota precedente.

- Il 14 e 15 dicembre 2004 a Maastricht i 32 ministri dell'Istruzione richiedono l'attuazione di un Quadro Europeo delle Qualifiche <sup>468</sup> che analizzeremo all'inizio del prossimo capitolo.
- Nel Maggio 2005 a Bergen si riuniscono i Ministri responsabili dell'Istruzione Superiore che stabiliscono di adottare in Europa gli standard e le direttive promulgati dall'Associazione Europea per la Garanzia della Qualità nell'Istruzione Superiore. L'ENQA sottolinea che «gli istituti devono seguire una politica e delle procedure per la garanzia della qualità e degli standard con riferimento ai propri programmi ed ai rilasci di qualifiche. Devono anche impegnarsi in modo esplicito nello sviluppo di una cultura che riconosca l'importanza della qualità e dell'assicurazione di qualità nella loro attività.» <sup>469</sup>
- Il 26 ottobre 2007 a Bruxelles si riuniscono in sede di Consiglio i rappresentanti dei governi degli Stati membri. Nel documento prodotto *Conclusioni del Consiglio e dei rappresentanti dei governi degli Stati membri* <sup>470</sup> si evidenzia la necessità di «un migliore coordinamento tra i vari elementi della formazione degli insegnanti – dalla formazione iniziale a un sostegno supplementare a inizio carriera (avvio alla professione) sino allo sviluppo professionale continuo» cercando di «incoraggiare migliori collegamenti e partenariati tra le scuole – che dovrebbero diventare “comunità dell'apprendimento” – e gli istituti di formazione degli insegnanti» con l'intento di fornire ai docenti «un sostegno adeguato prestato da un tutore nel corso di tutto lo svolgimento della carriera» attraverso la collaborazione sinergica di diversi enti istituzionali. Viene dunque incentivata la costituzione di reti di scuole comunicanti fra loro in modo organizzato (attraverso la costituzione di presidi) e la formazione permanente di insegnanti tramite il supporto di tutor e di piattaforme informatiche. Dettagliando in modo più specifico le competenze dei docenti menzionate nelle relazioni prodotte dalla Commissione europea, esse sono riassumibili in:
  - capacità di tradurre le conoscenze scientifiche in percorsi di insegnamento/apprendimento;

---

<sup>468</sup> Parleremo del Quadro Europeo delle Qualifiche all'inizio del prossimo capitolo, facendo riferimento in particolare alla formazione degli studenti.

<sup>469</sup> EN J[1]. Informazione estrapolata dal documento Eurydice EU G[2006], p. 3.

<sup>470</sup> Si veda FI J[2007].

- capacità di integrare le competenze disciplinari e le competenze didattiche;
- capacità di armonizzare il curricolo esplicito con quello implicito;
- capacità di adattare i processi formativi alle specificità delle realtà locali, sempre meno standardizzate;
- capacità di riflettere sui modi e sugli esiti del proprio operato.
- Per quanto riguarda le competenze generali riferite alle nuove tecnologie:
  - conoscenza e uso di strumenti tecnologici in modo interattivo;
  - collaborazione alle attività finalizzate all'utilizzo nella scuola di computer e reti telematiche e a forme miste di apprendimento, in presenza e a distanza, tecnologizzate e tradizionali;

Per quanto riguarda le competenze generali con attitudini comunicative e relazionali:

- impostazione di relazioni all'interno della scuola in modo da dare contenuti ed operatività all'idea di comunità scolastica; sviluppo di dinamiche di gruppo, sia relativamente al team dei docenti che alla collettività degli allievi <sup>471</sup>.

Entro il 2020 la Commissione Europea <sup>472</sup> ha proposto, di concentrare gli sforzi della cooperazione europea in materia di istruzione e di formazione su quattro assi strategici tra cui figura: incoraggiare l'innovazione e la creatività (compresa l'imprenditorialità), a tutti i livelli dell'istruzione e della formazione, aumentare la collaborazione tra istituzioni educative e partner sociali. Tutto ciò per incrementare l'occupazione, il successo economico e la piena partecipazione nella società.

Sebbene i provvedimenti che abbiamo citato contribuiscano a porre i soggetti nelle condizioni favorevoli per partecipare attivamente alla società civile, è opportuno evidenziare il rischio di ridurre l'educazione a ciò che si ritiene funzionale al progresso sociale <sup>473</sup>. A riprova di questo si constata che gli studiosi anglosassoni parlano di «scuola dalla piena efficacia», mentre nel documento di Lisbona <sup>474</sup> è riportato che lo scopo della società post-industriale è quello di raggiungere gli obiettivi di «competitività, crescita, produttività e coesione sociale» attraverso «la conoscenza,

---

<sup>471</sup> La sintesi delle competenze riportate è desunta in particolare da PE J[1].

<sup>472</sup> ET J[1].

<sup>473</sup> Per approfondimenti riguardo a questo aspetto si consulti il capitolo 2 dove viene trattato specificatamente l'aspetto che riguarda le tendenze pedagogiche (in particolare in questo caso stiamo facendo riferimento alla prima tendenza).

<sup>474</sup> LI J[1], in particolare si fa riferimento al documento del 2006.

l'innovazione e l'ottimizzazione del capitale umano». Gli avvenimenti tragici avvenuti nello scorso secolo, la crisi economica attuale dimostrano che se si trascura di mettere in primo piano la persona nel suo valore di unicità e irripetibilità promuovendo tutte quelle iniziative che incentivino realmente e concretamente lo sviluppo della sua libera creatività e responsabilità, non solo si ottiene come esito di non progredire sul piano sociale e civile, ma addirittura di retrocedere, come anche nel primo e secondo capitolo abbiamo cercato di documentare. Infatti se in partenza le ragioni di una promozione umana si dimostrano parziali e non adeguate, col tempo perdono di slancio esponendo l'uomo stesso a riduzioni che potrebbero irretirlo in meccanismi da cui poi risulta sempre più difficile liberarsi. Sempre nell'ottica di evidenziare gli aspetti critici su cui è opportuno vigilare, invitiamo a confrontare quanto abbiamo esposto in questa sede riguardo alle competenze richieste ai docenti, con i criteri assunti dalla rivista *Emmeciquadro* contenuti nel capitolo 3, in particolare quando abbiamo evidenziato l'importanza per lo studente del rapporto col docente e con i compagni, ma anche nel capitolo 2, quando abbiamo accennato ai possibili rischi sottesi ad un utilizzo indiscriminato dei mezzi multimediali <sup>475</sup>.

Presentiamo ora due dei Progetti internazionale di maggiore impatto dal punto di vista della loro diffusione in Europa sostenuti dall'Unione europea.

#### **4.6.2 I progetti internazionali (IBSE e PENCIL)**

##### *IBSE - Inquiry Based Science Education* <sup>476</sup>

La commissione europea ha dato l'incarico ad un gruppo di esperti scientifici, con a capo Michel Rocard, di monitorare le buone pratiche di insegnamento diffuse in Europa che si basano sulla stessa metodologia, per cercare di diffonderle e di renderle più efficaci nelle realtà locali, sensibilizzando l'impegno volto in questa direzione anche a livello regionale e nazionale. Questo metodo si è riscontrato efficace sia per gli studenti, che acquistano interesse per le discipline scientifiche – interesse che negli ultimi anni è decisamente calato in quasi tutti i paesi europei – sia per i docenti, che vengono maggiormente motivati. Infatti si integrano l'approccio educativo formale ed informale

---

<sup>475</sup> Si veda il paragrafo 2.1.3 dove abbiamo parlato del costruttivismo.

<sup>476</sup> Per la stesura di questa parte si veda IBSE J[1].

attraverso le risorse presenti sul territorio. In questa prospettiva si ritiene centrale il ruolo del docente (in qualità di promotore jr dell'eccellenza) avendo, di conseguenza, cura del suo sviluppo professionale. L'IBSE è attento inoltre alla promozione dell'educazione scientifica nelle donne, le quali solo per il 30% di tutta la popolazione di studenti europei, decidono di intraprendere studi scientifici. Intende inoltre avviare collaborazioni con tutti i paesi europei, attraverso una rete di rappresentanti dei promotori del progetto. Nel documento vengono citate in particolare le due iniziative "Pollen" e "Sinus-Transfer" che promuovono questo approccio pedagogico considerato innovativo.

L'insegnamento delle Scienze non può assolutamente prescindere dall'osservazione sperimentale, l'investigazione successiva da parte degli allievi sostenuti dal docente, la pianificazione autonoma di attività sperimentali, l'analisi dei dati e la identificazione di nuove domande di investigazione. La qualità professionale dell'insegnante gioca un ruolo centrale nell'educazione scientifica.

Per citare solo alcuni dei risultati di ricerca educativa più recente, a cui fa riferimento anche il documento del progetto PON, il lavoro sperimentale può essere utile solo se «include situazioni che offrono ampie opportunità di percezione, osservazione, discussione, formulazione di ipotesi ed eventuale ritorno allo studio dei fenomeni per informazioni ulteriori».<sup>477</sup> Per Martin Wagenschein (1896-1988), fisico ed educatore tedesco, la lezione di Scienze, dovrebbe iniziare sempre con un'investigazione su fenomeni, in maniera che gli allievi possano rendersi conto che le Scienze si apprendono grazie a una concatenazione di processi investigativi, piuttosto che come un nudo corpo di fatti e concetti da memorizzare. Secondo Wagenschein l'osservazione e la spiegazione del fenomeno, che si costruisce mentalmente, si danno insieme fin dall'inizio, non sono separabili e interagiscono continuamente. Come abbiamo già detto esistono alcune ricadute del Progetto sul territorio nazionale italiano. Oltre al già citato *Pathway*<sup>478</sup> presso il Museo della Scienza e Tecnologia di Milano, ricordiamo anche il progetto nazionale *I Lincei e l'Istruzione* nato nel 2012 dal Protocollo d'Intesa tra l'Accademia Nazionale dei Lincei e il Ministero della Pubblica Istruzione. Esso «è volto ad aggiornare i docenti italiani ed ha come obiettivo la promozione e lo sviluppo di

---

<sup>477</sup> Queste osservazioni sono contenute in Watson F. G., White R. T. G[1978].

<sup>478</sup> Si veda il paragrafo 4.2.2.

iniziative mirate alla divulgazione della cultura scientifica in Italia, attraverso le materie portanti» ovvero la Matematica, l'Italiano e le Scienze <sup>479</sup>.

### *PENCIL - Permanent European resource Centre for Informal Learning*

Il Progetto ha l'ambizioso obiettivo di realizzare un centro risorse permanenti in Europa sul rapporto tra educazione formale e informale al servizio delle scuole mettendo a tema in particolare il valore e l'efficacia dell'educazione informale. Aderisce una rete europea di 14 musei scientifici denominata ECSITE (in Italia aderiscono la città delle Scienze di Napoli e il Museo di Firenze), l'Università di Napoli e il King's College di Londra, una rete di scuole europee.

#### **4.7 Confronto della situazione italiana con quella di altri paesi in Europa**

Vogliamo ora valutare lo “stato di salute” dell'educazione scientifica in Europa confrontandola con l'Italia. Per sviluppare questo argomento ci siamo riferiti in particolar modo alla ricerca Eurydice del 2011 *Science Education in Europe Education* <sup>480</sup>. Tale ricerca, che adotta il metodo statistico comparativo, utilizza come fonti di informazioni i documenti ufficiali provenienti dagli enti statali che si occupano dell'istruzione e, nel caso non fossero reperibili, accordi privati ma riconosciuti dalle autorità pubbliche; inoltre i risultati di valutazione nazionale. Altre informazioni relative alle pratiche di insegnamento sono state recuperate attraverso un progetto pilota che coinvolgeva 2500 programmi per la formazione insegnanti. La ricerca prende in considerazione solo le informazioni che provengono dalle scuole statali, eccetto nel caso del Belgio, dell'Irlanda e dei Paesi Bassi, paesi in cui gli studenti delle scuole non statali sono numerosi, essendo garantita un'effettiva equità anche riguardo ai finanziamenti concessi. Non potremo esaurire questo tema in poche battute avvalendoci

---

<sup>479</sup> Per ulteriori informazioni si veda UIL G[1]. *L'Accademia dei Lincei*, fondata nel 1603 da Federico Cesi, è la più antica accademia del mondo, che annoverò tra i suoi primi Soci Galileo Galilei. Massima istituzione culturale italiana, dal luglio 1992 è consulente scientifico e culturale del Presidente della Repubblica, che recentemente, *motu proprio*, le ha accordato l'Alto patronato permanente. Fine istituzionale dell'Accademia è «promuovere, coordinare, integrare e diffondere le conoscenze scientifiche nelle loro più elevate espressioni nel quadro dell'unità e universalità della cultura».

<sup>480</sup> EU G[2011].

esclusivamente delle fonti che abbiamo utilizzato. Tuttavia potremo per lo meno considerare alcuni aspetti che riteniamo importanti.

#### 4.7.1 La formazione docenti in Europa

Il nostro testo di riferimento riporta lo stato dell'arte relativo alle ricerche più recenti che riguardano la formazione docenti di Scienze.

Esse indicano che docenti con una scarsa preparazione culturale tendono ad evitare certi argomenti e a riferirsi strettamente ai libri di testo richiedendo agli studenti verifiche di basso livello. La considerazione dei preconcetti degli studenti è un aspetto importante che favorisce l'apprendimento, ma che viene invece spesso fortemente sottovalutato dai docenti.

Inoltre constatano che se i docenti sono aiutati nella comprensione dei contenuti scientifici e collaborano cordialmente <sup>481</sup> fra di loro riflettendo sul proprio operato o progettando percorsi insieme, la loro preparazione viene incrementata, in particolare nella direzione di un utilizzo di un approccio investigativo (come anche il Progetto IBSE sottolinea). La stessa cosa si osserva nel caso in cui si offra loro l'opportunità di tenere corsi sulla didattica delle Scienze in collaborazione con docenti universitari, oppure in cui essi abbiano l'occasione di interagire e confrontarsi con docenti che abbiano maturato un'esperienza consolidata. La ricerca azione, per esempio, è considerata una buona strategia per lo sviluppo professionale degli insegnanti in quanto favorisce la presa di coscienza dei punti di forza e di debolezza dei propri metodi di insegnamento e dei contenuti proposti in un confronto stimolante con altri colleghi. In questo senso il lavoro che avviene nei gruppi di ricerca i cui esiti sono pubblicati sulla rivista *Emmeciquadro* e che descriveremo approfonditamente nel capitolo 6, rappresentano un buon esempio di formazione in base a quanto indicato da queste ricerche.

Dalla ricerca riportata nel testo si desumono le informazioni che riportiamo di seguito commentandole, ovvero prendendo in esame aspetti che per certi versi rispecchiano e per altri si discostano dai criteri della rivista *Emmeciquadro*.

---

<sup>481</sup> Anche un clima di serenità e un contesto relazionale favorevole nel luogo di lavoro dei docenti sono fattori ritenuti importanti per conseguire risultati efficaci di insegnamento.



- 1) I paesi europei sostengono molte iniziative per promuovere e diffondere la formazione scientifica, ma non sono molto diffuse strategie globali che migliorino l'educazione scientifica né specifiche misure di supporto per gli studenti in difficoltà. Tuttavia osserviamo che l'esistenza di iniziative che si sviluppano spontaneamente nel tessuto sociale costituisce un fattore molto importante che non può sostituire nessuna indicazione o strategia globale, sebbene anche queste ultime possano contribuire a rendere più efficaci le prime.
- 2) Esiste un approccio integrato alle scienze solo nei livelli più bassi di istruzione, mentre in quelli più alti, dalla secondaria di secondo grado in poi, sussiste una separazione tra le discipline. Sebbene nel capitolo 3 abbiamo sottolineato l'importanza a tutti i livelli di scuola di evitare una trasmissione del sapere frammentaria e nozionistica, tuttavia di per sé da questo dato non si può estrapolare nessuna indicazione sul fatto che esista un'attenzione a questo aspetto. Infatti fornire un insegnamento disciplinare nei livelli scolari più alti è corretto in quanto una conoscenza specifica della disciplina è opportuno che venga fornita. Tuttavia molto dipende da come ogni insegnante presenta i contenuti e se adotta i criteri da noi esposti nei primi 3 capitoli in collaborazione con gli altri docenti di Scienze.
- 3) Si constata un incremento di attività "hands-on" e un'attenzione nel collegare gli argomenti scientifici all'esperienza dei ragazzi. Notiamo che non viene però specificato in che senso è inteso l'approccio sperimentale che, come abbiamo detto, è esposto al rischio di essere ridotto e banalizzato.
- 4) Nonostante quanto esposto nel punto precedente, predominano le metodologie tradizionali di insegnamento (lezione frontale, valutazioni degli allievi incentrate esclusivamente sulle conoscenze e non sulle competenze). Questo fatto si ritiene dipenda prevalentemente dalla preparazione iniziale dei docenti che è spesso focalizzata sulle conoscenze e non sul modo di insegnare. Notiamo che se da un lato è certamente vero che non basta conoscere i contenuti di una disciplina per poterla insegnare, tuttavia non è sottovalutabile l'importanza di una preparazione dei docenti rigorosa nei contenuti. Inoltre spesso si pensa di far fronte alle carenze nell'apprendimento degli studenti incrementando le nozioni pedagogiche e psicologiche dei docenti, quando invece molto più efficaci

sarebbero strategie formative che coinvolgano soprattutto la messa in comune di pratiche didattiche qualificate in un confronto serrato riguardo alle proprie esperienze di insegnamento.

#### **4.7.2 Considerazioni generali estrapolate dai risultati OCSE-PISA**

Dai risultati europei sulle prove OCSE-PISA si riscontra che esiste una stretta correlazione tra il gusto di apprendere, la fiducia nelle proprie capacità e i risultati delle prove. I ragazzi sono generalmente più interessati agli aspetti tecnici, meccanici, elettrici, spettacolari della scienza; le ragazze invece tendono ad essere più interessate agli argomenti relativi alla salute, alla medicina, al corpo umano, all'etica, all'estetica e fenomeni paranormali.

Nelle nazioni dove ci sono più studenti che ripetono gli anni scolastici, i risultati complessivi sono peggiori.

L'aumento di competizione fra scuole è associato positivamente all'ottenimento di risultati migliori. I fattori che influiscono positivamente sul rendimento scolastico degli studenti sono: un contesto di relazioni affettive significative (parenti, amici) stimolante, un ambiente scolastico favorevole dal punto di vista delle aspettative degli insegnanti, della qualità e delle risorse della scuola.

Le indagini TIMSS mostrano che in media c'è un'associazione positiva tra i risultati delle prove e sia la diminuzione di studenti con svantaggi economici, sia la consistenza di un numero (più del 90%) di studenti madrelingua.

## Mean score

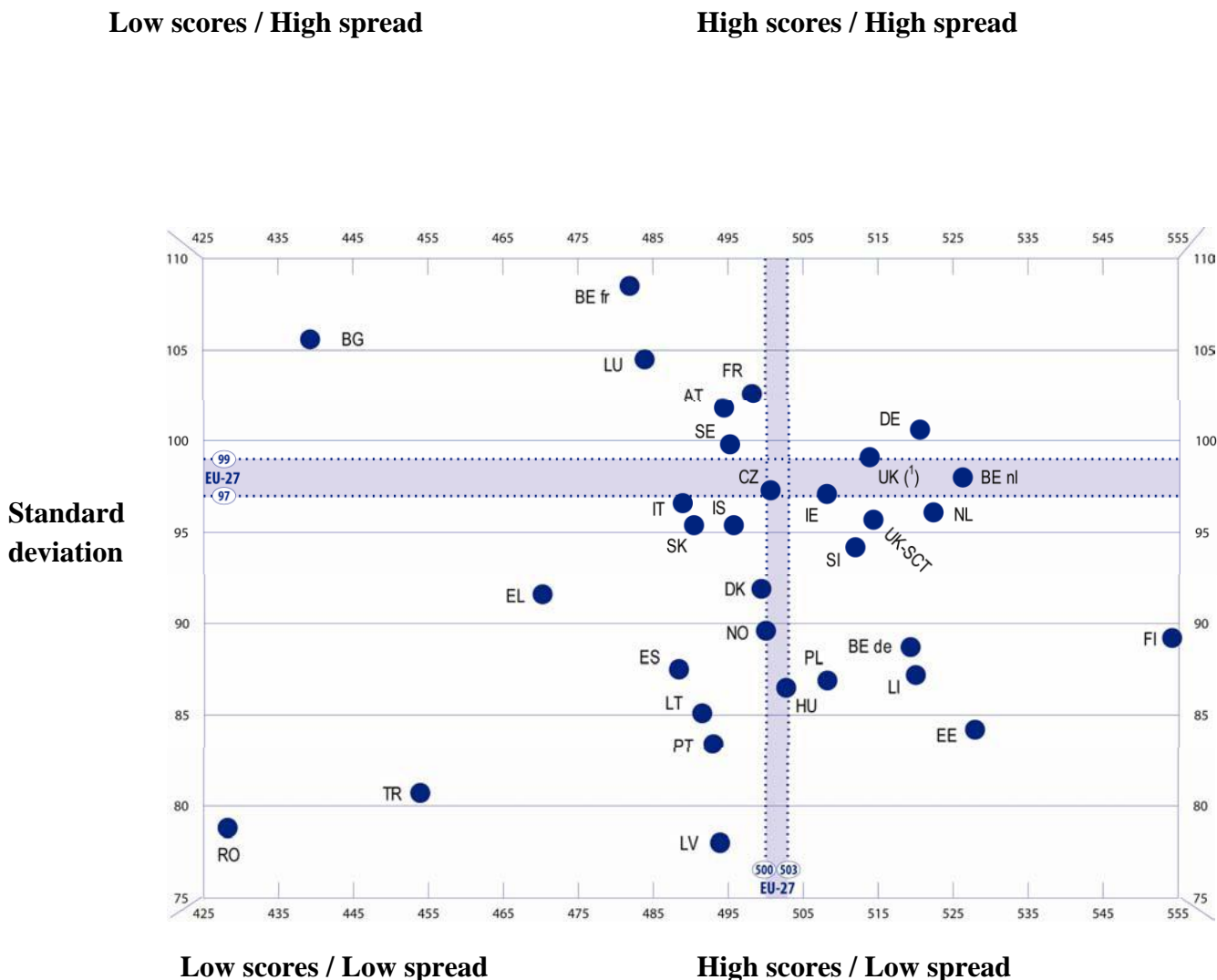


Fig. 5.1.1: Risultato medio (Mean score) e deviazione standard (Standard deviation) delle prove in scienze degli studenti quindicenni nel 2009.

Esaminando il grafico di fig. 5.1.1 che riporta i risultati delle prove OCSE del 2009 nei paesi europei <sup>482</sup>, si constata che la Finlandia – seguita da Estonia, Belgio, Paesi Bassi, Germania, Regno Unito – è la nazione in cui si rilevano punteggi più alti. Al contrario Romania, Bulgaria e Turchia sono le nazioni in cui si rilevano punteggi più bassi. Le nazioni con più alto punteggio e più bassa deviazione standard rispetto alla media europea, sono stimate avere un sistema scolastico più efficiente e più equo. L'equità,

<sup>482</sup> Nel documento *Grafici formazione* allegato al capitolo è riportata in fondo la legenda delle sigle a cui corrispondono i nomi dei paesi europei.

calcolata considerando la differenza tra i punteggi degli studenti più bassi e più alti (valore che corrisponde alla deviazione standard riportata sull'asse delle ordinate del grafico) e l'efficienza (che corrisponde al punteggio ottenuto dagli studenti nelle prove riportato sull'asse delle ascisse del grafico) insieme definiscono la quota benchmark che corrisponde ad una percentuale inferiore al 15% di studenti che raggiungono scarsi risultati. Solo il Belgio (la comunità di lingua fiamminga e tedesca), la Polonia, l'Estonia e la Finlandia hanno raggiunto la quota benchmark. I paesi con il 15% di studenti che raggiungono scarsi risultati sono: Germania, Irlanda, Lettonia, Ungheria, Paesi Bassi, Regno Unito e Liechtenstein. La tabella che abbiamo riportato serve per verificare se alcuni degli indicatori presi in considerazione dal nostro testo di riferimento da noi ritenuti importanti per contribuire alla salute di un sistema scolastico (riportati nelle righe della tabella), sono positivamente associati alle nazioni appena indicate <sup>483</sup> (riportate nelle colonne della tabella) che hanno raggiunto o si avvicinano alla quota benchmark. Gli indicatori sono suddivisi in 3 categorie in base al tipo di intervento considerato: se esso riguarda la promozione di iniziative di formazione scientifica degli studenti oppure la formazione professionale dei docenti; se, infine, riguarda indicazioni sulla modalità di insegnamento.

Precisiamo che le nostre considerazioni non vanno intese in senso deterministico, essendo molto complesso l'aspetto che stiamo valutando. Inoltre i dati stessi sono estrapolati da documenti che potrebbero non rispecchiare la realtà delle cose e si riferiscono esclusivamente a quanto viene raccomandato ufficialmente, che perciò potrebbe discostarsi anche di molto da quello che effettivamente succede, in particolare per quanto riguarda l'ultima categoria di indicatori (potrebbe essere raccomandato un approccio che poi non viene praticato dai docenti). Infine vale la pena esplicitare che nessuno degli indicatori preso singolarmente si ritiene essere esaustivo, bensì tutti insieme nella loro globalità possono contribuire ad un miglioramento del sistema scolastico.

### *Promozione di iniziative a livello istituzionale che incentivano lo sviluppo di professionalità del docente*

---

<sup>483</sup> Il Liechtenstein non è stato preso in considerazione data la sua piccola estensione e situazione molto particolare.

- 1) Centri per la formazione docenti (consigli, attività).
- 2) Misure per incoraggiare le carriere dei docenti.

### *Promozione di iniziative a livello istituzionale che supportano l'attività dei docenti rivolta agli studenti*

- 3) Strategie nazionali o regionali per pianificare metodi di miglioramento dei risultati.
- 4) Monitoraggio e valutazione delle strategie del passato (in particolare segnaliamo il successo ottenuto dal *bottom up approach* con cui si intende la partecipazione di varie istituzioni che godono di una certa autonomia dal ministero nei Paesi Bassi).
- 5) Presenza di Istituzioni che promuovono l'educazione scientifica (in Italia non risulta esistano).
- 6) Promozione di eventi nazionali e competizioni.
- 7) Azioni di supporto per gli studenti di talento.
- 8) Provvedimenti per aiutare gli studenti deboli.
- 9) Indicazioni per gli insegnanti nella valutazione degli studenti (vedi grafico di p. 96 riportato sul file *grafici formazione*<sup>484</sup>).
- 10) Incoraggiamento a scegliere carriere scientifiche (per l'Italia è preso in considerazione il Progetto lauree scientifiche di cui abbiamo parlato in questo capitolo).

### *Metodologie di insegnamento consigliate ai docenti*

- 11) Approccio investigativo<sup>485</sup>.
- 12) Attività extra-curricolari.
- 13) Approcci interdisciplinari (si veda anche il grafico di p. 69 riportato sul file *grafici formazione* e il commento in particolare su \*Storia e filosofia della Scienza<sup>486</sup>).

---

<sup>484</sup> Nel documento *Grafici formazione* allegato al capitolo è riportata in fondo la legenda delle sigle a cui corrispondono i nomi dei paesi europei.

<sup>485</sup> Si veda EU G[2011], pp. 74 e 75. I grafici sono riportati anche nell'allegato *Grafici formazione*.

<sup>486</sup> Si veda EU G[2011], p. 69. I grafici sono riportati anche nell'allegato *Grafici formazione*.

14) Raccomandazioni di fornire esempi legati al corpo umano per la fisica e la chimica.

*Promozione di iniziative a livello istituzionale che incentivano lo sviluppo di professionalità del docente*

	PL	EE	FL	BE	DE	IR	LT	HU	NL	UK
1			x							x
2	x	x	x		x	x			x	x parz.

*Promozione di iniziative a livello istituzionale che supportano e guidano l'attività dei docenti*

	PL	EE	FL	BE	DE	IR	LT	HU	NL	UK
3			x		x	x			x	x
4			x						x	x
5	x	x	x		x	x				x
6	x	x								x
7	x	x							x	x
8	x				x					x
9	x	x	x		x	x	x	x	x	x
10	x	x	x		x	X del nord			x	x

*Metodologie di insegnamento consigliate ai docenti*

	PL	EE	FL	BE	DE	IR	LT	HU	NL	UK
11			x						x	x
12		x	x	x						

13	x		x*							x*
14	x	x	x							

Esaminando le tabelle si constata che soprattutto per quanto riguarda la Finlandia, la Polonia, la Gran Bretagna, la Germania e i Paesi Bassi molti degli indicatori elencati sono presenti, cosa che invece non si riscontra per l'Ungheria, la Lettonia, il Belgio<sup>487</sup>. Tuttavia riteniamo occorra tenere presente anche un dato che non è preso in considerazione all'interno di questa ricerca ma che crediamo essere importante: il Belgio, l'Irlanda e i Paesi Bassi, come abbiamo riferito all'inizio di questo paragrafo, sono gli unici paesi in cui le rilevazioni statistiche sono state estese anche alle scuole non statali in quanto sono frequentate da un numero molto consistente di studenti. Abbiamo inoltre riportato che si riscontra che la competizione fra scuole è un fattore che favorisce la qualità dei sistemi scolastici. Perciò ipotizziamo che l'esistenza di una parità a tutti gli effetti (anche economica) tra scuole statali e non statali sia un indicatore positivo affinché si verifichi l'efficienza di un sistema scolastico. Tale ipotesi, che dovrebbe essere opportunamente verificata, è avallata dai risultati positivi delle prove nel Belgio, in Irlanda e nei Paesi Bassi. La stessa cosa si potrebbe dedurre per altri paesi come il Regno Unito e la Germania, dove la scelta libera della scuola statale o non statale è ben tutelata.

Ci è parso inoltre importante dettagliare in modo più preciso, esponendo un breve giudizio, la situazione che emerge in Italia confrontata con gli altri paesi europei per quanto riguarda gli argomenti trattati e le attività proposte in ambito scientifico. Per quanto riguarda i primi (si consulti il grafico di p. 69 riportato nel file *Grafici formazione*) sono considerati: l'ambiente e la sostenibilità, la tecnologia, il corpo umano, temi etici e sociali, la storia e la filosofia della scienza. L'Italia risulta essere carente nella trattazione di argomenti connessi alla storia delle scienze e allo studio del corpo umano.

Per quanto riguarda le seconde (si consulti il grafico di pp. 74-75 riportato nel file *Grafici formazione*) – le attività di apprendimento – vengono suddivise in:

---

<sup>487</sup> Possiamo notare come tra i paesi in cui si rilevano risultati migliori nelle prove e indicatori positivi ci siano anche quelli economicamente più sviluppati. Questo è il caso della Finlandia, dei Paesi Bassi, della Germania e del Regno Unito. Non è un caso, dal momento che uno sviluppo economico duraturo nel tempo può sussistere solo se viene curato l'aspetto della formazione.

**Esperimenti e spiegazioni:** effettuare osservazioni scientifiche, riconoscere aspetti che possono essere investigati scientificamente, pianificare e progettare esperimenti, indagini, condurre esperimenti/indagini, Trovare spiegazioni giustificandole, presentare esperimenti/risultati.

**Discussioni e argomentazioni:** descrivere, interpretare, spiegare fenomeni in termini scientifici, formulare potenziali spiegazioni, discutere problematiche scientifiche e sociali di attualità;

**Progetti di lavoro individuali o a gruppi**

**Uso di strumenti informatici**

Analizzando i grafici si riscontra che in tutti i paesi europei è abbastanza curato l'aspetto che riguarda il primo indicatore (*Esperimenti e spiegazioni*). In Italia tutti gli indicatori considerati sono maggiormente presenti dopo l'età della scuola dell'obbligo; risultano inoltre particolarmente carenti rispetto agli altri paesi gli indicatori successivi al primo, ovvero *Discussioni e argomentazioni*, *Progetti di lavoro individuali o a gruppi*, *Uso di strumenti informatici*. Riprenderemo questo aspetto a partire dai risultati di altre ricerche anche nel capitolo 5<sup>488</sup>, sebbene anche nel capitolo 3 abbiamo già parlato dell'importanza che assume lo sviluppo della capacità di argomentare<sup>489</sup>, mentre per quanto riguarda prettamente l'aspetto dell'uso degli strumenti informatici rimandiamo alle considerazioni esposte nel capitolo 2<sup>490</sup>.

Nel file *Grafici formazione* abbiamo anche riportato il grafico relativo ai metodi di valutazione consigliati (recuperabile a p. 96 del nostro testo di riferimento) a seguito di ricerche portate a termine dagli studenti e in base a dei criteri condivisi preventivamente; a seguito dell'esecuzione di esperimenti che offrono la possibilità di valutare la comprensione concettuale, la capacità di osservazione e di collaborazione all'interno dei gruppi di lavoro. Il Portfolio (documentazione degli obiettivi di apprendimento raggiunti) è ritenuto in alcuni Paesi un valido strumento di valutazione e certamente questo fatto è positivo nell'ottica di favorire una personalizzazione dei percorsi formativi offerti agli studenti. Dalla ricerca emerge inoltre che in Belgio, Italia,

---

<sup>488</sup> Facciamo riferimento alla parte finale del paragrafo 5.7 *Riflessioni sui risultati delle indagini in Italia delle competenze scientifiche di OCSE PISA, TIMSS e INVALSI*.

<sup>489</sup> Si veda il paragrafo 3.2.3 *Dal linguaggio quotidiano al linguaggio specifico per l'appropriazione dei significati in modo non formale*.

<sup>490</sup> Facciamo riferimento al paragrafo 2.1.3 nel punto *Il costruttivismo* quando parliamo degli strumenti multimediali.



Svezia, Italia, Ungheria, Islanda e Liechtenstein non sono previsti supporti ai docenti per quanto riguarda la valutazione degli studenti. In Italia e Ungheria non sono neppure previste linee guida riguardo ai metodi di valutazione col risultato che ogni docente tende a regolarsi autonomamente rendendo questo aspetto poco oggettivo e perciò poco affidabile. L'altro rischio è inoltre quello di non considerare nella valutazione alcuni elementi che sono invece importanti, come l'approccio sperimentale, con cui abbiamo specificato che non si intende solo l'aspetto esecutivo. Ribadiamo che i nostri commenti sono dedotti esclusivamente da quanto emerge dai documenti ufficiali che potrebbero non tenere conto di pratiche didattiche realmente esistenti. Ad ogni modo, se risulta che in Italia nessuna indicazione è fornita riguardo alla valutazione, possiamo concludere che anche questo è un segnale che dimostra che la cultura della valutazione è un aspetto che va migliorato nell'ottica di incrementare l'efficienza del nostro sistema scolastico.

## Appendice

### Iniziative scientifiche di rilievo

#### *Bergamoscienza*<sup>491</sup>

L'Associazione BergamoScienza organizza e promuove attività dedicate esclusivamente agli studenti: oltre alle mostre, ai laboratori e alle conferenze proposte dal Festival, durante tutto l'anno prendono vita iniziative come:

- *l'Autobus della Scienza*

Un Autobus fino a poco tempo fa utilizzato sulle linee urbane della città, opportunamente modificato e attrezzato come laboratorio scientifico itinerante in cui gli studenti delle classi possono osservare, formulare ipotesi ed eseguire esperimenti.

- *Un click sui fenomeni in natura e in laboratori*

Vengono promossi concorsi fotografici nell'ambito delle scuole.

- Conferenze

Anche durante l'anno, in maniera sporadica, vengono organizzati incontri sulla scienza con il contributo dell'Associazione AIF.

Riportiamo anche il programma di *Bergamoscienza* 2011 e i dati statistici della frequentazione degli Istituti.

#### *Il Festival della Scienza di Genova*<sup>492</sup>

Grazie al supporto del Miur e la collaborazione con L'Ufficio Scolastico Regionale per la Liguria, firmatario del Protocollo Crest, l'Associazione si impegna a sviluppare, sostenere e promuovere tutte le iniziative scientifiche sul territorio. Anche durante l'anno scolastico l'Associazione sostiene la scuola nel perseguire i suoi obiettivi con proposte attrattive e stimolanti volte a catturare l'interesse dei più e a fornire

---

<sup>491</sup> Per avere ulteriori informazioni si veda UBS H[1].

<sup>492</sup> Per avere ulteriori informazioni si veda UFS H[1].

opportunità di approfondimento per i migliori al fine di promuoverne il merito. L'Associazione offre, alle scuole che ne fanno richiesta, la possibilità di far svolgere ai loro studenti attività in modalità di alternanza scuola lavoro durante il Festival della Scienza.

Il Festival della Scienza nel tempo ha costruito un'ampia rete di relazioni aderendo ai più importanti network europei ed internazionali per la promozione della cultura e della divulgazione scientifica, che coinvolgono istituti di ricerca e soggetti istituzionali di tutto il mondo. L'Associazione si impegna costantemente ad attivare nuovi progetti e collaborazioni internazionali che coinvolgono in modo particolare il mondo della Scuola.

L'Associazione opera con l'obiettivo di favorire l'incontro e il dialogo tra il mondo della scuola, quello della ricerca e quello di tutte le realtà scientifiche del territorio ligure, nazionale e internazionale. In quest'ottica offre il proprio supporto a progetti di divulgazione scientifica promossi da scuole o da reti di scuole, offrendo la possibilità alle scuole richiedenti di ospitare presso la propria sede illustri esponenti del mondo scientifico o attività di tipo laboratoriale. L'Associazione risponde anche all'esigenze più specifiche di scuole di ogni ordine e grado progettando attività di laboratorio.

## *ENEL*

Per quanto riguarda le iniziative intraprese da parte del settore privato in ambito scientifico, segnaliamo quello della compagnia elettrica ENEL, che organizza ogni anno 'Play Energy' per gli studenti di ogni ordine di scuola <sup>493</sup>.

## *ScienzaFirenze* <sup>494</sup>

Ogni anno l'associazione DIESSE Firenze e Toscana (Didattica e Innovazione scolastica. Centro per la formazione e l'aggiornamento) promuove (in collaborazione con il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, l'Ufficio Scolastico Regionale

---

<sup>493</sup> Per maggiori informazioni si veda UPE H[1].

<sup>494</sup> Per maggiori informazioni si veda USF H[1]. Tale iniziativa, pur essendo rivolta agli studenti della scuola secondaria di secondo grado (ordine di scuola di cui abbiamo specificato non considerare), è stata riportata perché coinvolge alcuni collaboratori della rivista *Emmeciquadro*.

per la Toscana, l'Associazione Euresis, la Rivista *Emmeciquadro* - con il patrocinio di A.N.S.A.S. ex I.N.D.I.R.E., Regione Toscana, Provincia di Firenze, Comune di Firenze) un'iniziativa che prevede la valutazione, da parte di un comitato scientifico, dei progetti scientifici presentati da docenti della Scuola Secondaria di secondo grado e la premiazione di quelli ritenuti più significativi.

Dal sito si legge:

«La presente proposta nasce dall'iniziativa di un gruppo di insegnanti della scuola secondaria di primo e secondo grado, che ha iniziato un lavoro di confronto e di approfondimento sui contenuti disciplinari e sulle urgenze didattiche che presiedono all'insegnamento. In questa ripresa della loro professionalità hanno incontrato il vivo interessamento di professori e ricercatori dell'Università di Firenze e di varie parti d'Italia, con i quali si è creato un rapporto di collaborazione e di confronto, che ha suscitato la volontà di comunicare ai colleghi della scuola il desiderio di contribuire alla riscoperta della Scienza come frutto della genialità, dell'impegno della mente e del cuore dell'uomo, come esito di un appassionato tentativo di comprensione della realtà. Il convegno ScienzAfirenze desidera essere per gli studenti e i docenti della scuola superiore un momento di incontro per poter approfondire come le discipline scientifiche possano essere un modo sempre nuovo per conoscere e comprendere la realtà, per educare all'osservazione che genera domanda e stupore, per riscoprire la bellezza e il valore del lavoro scientifico. Il Convegno propone di mettere l'accento sull'elemento sorpresa nell'indagine scientifica e dunque sottolineare che la realtà, il "dato", precede ogni nostra speculazione. Così proponiamo a studenti ed insegnanti di vivere in prima persona, da protagonisti, l'incontro della ragione con la realtà. In questa prospettiva vogliamo sostenere l'impegno dei docenti nella loro attività didattica e incoraggiare gli alunni a reinventare il modo con cui si eseguono le osservazioni, si progettano gli esperimenti, si interpretano i dati, si arriva alle leggi.»

## 5. La valutazione esterna dei sistemi scolastici

### Introduzione

Come abbiamo già evidenziato nel precedente capitolo <sup>495</sup> i Paesi della Comunità europea, per rispettare gli impegni presi a Lisbona nel 2000 <sup>496</sup>, negli ultimi tempi stanno concentrando le proprie risorse ed energie nel monitoraggio della qualità dei sistemi scolastici con l'intento di migliorare le conoscenze di base degli studenti in lettura, matematica e scienze. Poiché i test di valutazione sono uniformi, diventa possibile confrontare, per lo meno da certi punti di vista, l'efficienza dei diversi sistemi scolastici dei diversi paesi o regioni e aree dello stesso paese. In questo capitolo analizzeremo in modo attento, critico e sistematico le valutazioni esterne dei sistemi scolastici, per quanto riguarda i test di Scienze, condotte da associazioni sia nazionali (INValSI) che internazionali (TIMSS e OCSE-PISA).

Concentreremo la nostra attenzione sui risultati delle prove di Scienze nella primaria e secondaria di primo grado <sup>497</sup> trattando in questo testo della formazione docenti di Scienze nei livelli di scuola menzionati. L'apprendimento effettivamente riscontrato negli studenti attraverso questi metodi di indagine può costituire infatti un utile feedback per i docenti, anche collegialmente nell'ambito di ogni Istituto, nell'ottica di giudicare criticamente il proprio operato e di eventualmente correggerlo. Ulteriori riflessioni a riguardo saranno sviluppate in un paragrafo specifico.

---

<sup>495</sup> Si fa riferimento in particolare alla prima parte del paragrafo 4.6.

<sup>496</sup> Nel documento Eurydice EU G[2006], p. 8 si legge che gli sforzi sono volti ad «attrarre più studenti verso gli studi scientifici e tecnologici e a garantire l'accesso alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione a tutti». Sul documento di Lisbona si legge che occorre «garantire che coloro che hanno già intrapreso una carriera nel settore scientifico e della ricerca trovino prospettive, motivazioni e retribuzioni sufficientemente soddisfacenti per non cambiare settore». A questo scopo sono state individuate «quattro tematiche chiave: stimolare un interesse precoce nei confronti della matematica, della scienza e della tecnologia; motivare maggiormente alla scelta verso studi e carriere in queste aree; ridurre la differenza di genere nella scelta di tali studi; garantire un numero sufficiente di insegnanti qualificati. In merito, l'Unione ha definito anche degli indicatori tra i quali l'aumento del numero di laureati in matematica, scienze e tecnologie almeno del 15% entro il 2010. L'obiettivo 1.4 dell'Unione Europea ci ricorda come lo sviluppo scientifico e tecnologico sia un fattore fondamentale per lo sviluppo della nostra società. Conoscenze sia generali che specializzate in campo scientifico e tecnologico sono sempre più necessarie nella vita professionale di tutti i giorni e nel processo di sviluppo e di governo.»

<sup>497</sup> Le prove OCSE-PISA sono rivolte solo agli studenti quindicenni, perciò in questo caso non sarà possibile prendere in considerazione altre fasce d'età se non questa.

Tuttavia evidenzieremo anche i limiti e i punti critici intrinseci a questo tipo di indagini, in base a considerazioni espresse da alcuni studiosi, uno dei quali, Francesco Abbona<sup>498</sup>, ha scritto anche degli articoli sulla rivista *Emmeciquadro* riguardo a questo argomento<sup>499</sup>. Osservando la struttura e i contenuti delle prove gestite dalle diverse organizzazioni si riscontrano differenze metodologiche in relazione ai diversi obiettivi che si prefiggono (la diversità si coglie soprattutto tra le forme di indagine nazionali e internazionali). D'altro canto si individuano anche molte analogie, come avremo modo di documentare nei successivi paragrafi.

## 5.1 Il QEQ (Quadro Europeo delle Qualifiche)<sup>500</sup>

Il Quadro Europeo delle Qualifiche per l'apprendimento permanente (in inglese, *European Qualifications Framework*, EQF) è stato istituito nell'ambito di una proposta di raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio dell'Unione europea il 5 settembre 2006 adottata formalmente il 23 aprile 2008. E' una normativa che stabilisce i criteri generali per la certificazione di competenze non solo degli studenti, nell'ottica di una concezione di formazione che avviene nell'arco di tutta la vita. Infatti l'obiettivo è quello «di promuovere l'apprendimento permanente e di aumentare l'occupabilità, la mobilità e l'integrazione sociale dei lavoratori e dei discenti.» Inoltre si intende «ammodernare i sistemi dell'istruzione e della formazione, nel tentativo di collegare istruzione, formazione e occupazione e di gettare un ponte fra l'apprendimento formale, non formale e informale, convalidando i risultati dell'apprendimento ottenuti grazie all'esperienza.»<sup>501</sup> In questa sede parleremo del QEQ per quanto riguarda più specificatamente la valutazione degli studenti, cioè l'argomento di questo capitolo, tenendo presente che esso ha una validità più generale (che può riferirsi anche ai docenti).

---

<sup>498</sup> Francesco Abbona è Preside della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali e Professore di Mineralogia, Mineralogia II e Minerogenesi presso l'Università di Torino.

<sup>499</sup> Ulteriori approfondimenti deriveranno, come vedremo, da un testo di cui Abbona è coautore e da articoli della rivista di Bergamaschini e Speciani; ci avvarremo inoltre del supporto di un testo che contiene relazioni specifiche sui sistemi di valutazione OCSE-PISA e INValsi di cui Bergamaschini e Speciani sono coautrici.

<sup>500</sup> Per la stesura di questo paragrafo abbiamo utilizzato prevalentemente l'articolo Pedrizzi T. X[2007].

<sup>501</sup> Raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio 7/9/2006. Il Quadro europeo delle Qualifiche e dei Titoli è recuperabile in QEQ J[1].

Se in passato si era cercato di stabilire l'equipollenza dei titoli nei diversi paesi senza tuttavia riuscire a causa dell'estrema diversità di modalità, di tempi e ambiti in cui avviene il processo di apprendimento, con il QEQ si cambia completamente prospettiva: infatti attraverso di esso vengono fornite direttive sulla strutturazione del curriculum degli studenti in termini di essenzialità definendo le competenze che devono essere acquisite al termine del biennio dell'obbligo. Tali competenze, definite come la capacità di mettere a frutto abilità e conoscenze, sono ripartite su otto livelli in progressione crescente in base all'autonomia e responsabilità raggiunta. Di seguito riportiamo la definizione di Conoscenze, Abilità e Competenze così come è riportata nel documento:

#### *Conoscenze*

«indicano il risultato dell'assimilazione di informazioni attraverso l'apprendimento. Le conoscenze sono l'insieme di fatti, principi, teorie e pratiche, relative a un settore di studio o di lavoro; le conoscenze sono descritte come teoriche e/o pratiche.»

#### *Abilità*

«Indicano le capacità di applicare conoscenze e di usare *know-how* per portare a termine compiti e risolvere problemi; le abilità sono descritte come cognitive (uso del pensiero logico, intuitivo e creativo) e pratiche (che implicano l'abilità manuale e l'uso di metodi, materiali, strumenti).»

#### *Competenze*

«Indicano la comprovata capacità di usare conoscenze, abilità e capacità personali, sociali e/o metodologiche, in situazioni di lavoro o di studio e nello sviluppo professionale e/o personale; le competenze sono descritte in termini di responsabilità e autonomia.»

A partire dal 2012 tutti i nuovi certificati di qualifica, i diplomi e i documenti Europass rilasciati dalle autorità competenti devono contenere un chiaro riferimento – in base ai sistemi nazionali delle qualifiche – all'appropriato livello del Quadro Europeo delle Qualifiche.

Il QEQ si riferisce esplicitamente al lavoro di ricerca sulle competenze effettuato dal progetto OCSE DeSeCo (Definition and Selection of Competencies), che fa parte dal 1997 del programma dell'OECD <sup>502</sup> (Organisation for Economic Co-operation and

---

<sup>502</sup> Per approfondimenti nell'ambito dell'educazione si può vedere OECD J[1].

Development)<sup>503</sup>. Nel documento prodotto nel 2002 la competenza è definita, in linea con il QEQ, come la capacità di rispondere a esigenze individuali e sociali svolgendo efficacemente un'attività o un compito complesso, cimentandosi in nuovi contesti in cui si colgono i nessi con altre esperienze in modo flessibile. Ogni competenza è costituita da diverse componenti riassumibili nella triade: conoscenza (sapere), abilità (saper fare), atteggiamenti. Le tre grandi categorie di competenze proposte dal Progetto DeSeCo dell'OECD sono:

- Servirsi in maniera interattiva di strumenti.
- Interagire in gruppi eterogenei.
- Agire in maniera autonoma.

Nel documento si specifica inoltre che le competenze, analogamente al QEQ, si acquisiscono e si sviluppano durante tutto l'arco della vita in contesti educativi formali (scuola), non formali (famiglia, luogo di lavoro, media, organizzazioni culturali e associative) e informali (vita sociale nel suo complesso).

I sistemi di valutazione esterni che ora analizziamo, sono strutturati tenendo conto delle direttive contenute nel QEQ.

## **5.2 OCSE-PISA (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico- Programme for International Student Assessment)<sup>504</sup>**

Le prove organizzate da OCSE-PISA hanno lo scopo di monitorare i risultati dei sistemi scolastici in termini di prestazioni degli studenti quindicenni scolarizzati misurati in un quadro di riferimento comune a livello internazionale. Gli indicatori elaborati riferiti al rendimento scolastico dovrebbero fornire informazioni riguardo ai migliori sistemi scolastici in termini di qualità (cioè il rendimento scolastico) e di equità (cioè dell'impatto socio-economico sul rendimento scolastico) con possibilità di confronto dei dati nel tempo. Le prove sono gestite da Governi nazionali (PISA governing board) attraverso OCSE, che cura globalmente il lavoro delegando un consorzio tecnico internazionale. In Italia la realizzazione dell'indagine è stata affidata all'INVALSI

---

<sup>503</sup> Per ulteriori approfondimenti si veda UE J[2009].

<sup>504</sup> I dati e i contenuti di questa trattazione provengono dal rapporto OCSE-PISA 2009 OP K[2009a]. La rivista Emmeciquadro ha affrontato la tematica della Valutazione esterna in particolare nel n. 25 nella sezione NONSOLOFORMULE approfondendo in particolare metodi e contenuti di OCSE-PISA e INVALSI.



(Istituto Nazionale per la Valutazione del Sistema Educativo di Istruzione e di Formazione). OCSE-PISA valuta le competenze relative a quello che è definito il “core curriculum”, che riguarda le tre aree di lettura, matematica e scienze, e ad alcune competenze trasversali in chiave comparativa su 6 livelli. Le prove hanno periodicità triennale e ogni volta viene esaminata con particolare attenzione una disciplina diversa. Nel 2000 (in cui l’attenzione era focalizzata sulla lettura) hanno partecipato 32 paesi; nel 2003 (l’attenzione era focalizzata su matematica) 41 paesi – in Italia 6 Province/Regioni (Lombardia); nel 2006 (l’attenzione era focalizzata su scienze) 57 Paesi – in Italia 11 Regioni e 2 province; nel 2009 (focus lettura) 74 <sup>505</sup> con un campione di 1100 scuole e 31000 studenti <sup>506</sup>. L’analisi viene effettuata tramite un modello statistico *multilevel* di tipo gerarchico che consente di integrare le tre dimensioni, o livelli: quella dei singoli studenti (con i relativi indicatori anagrafici, di contesto, di interesse dello studente), quella delle scuole (con i relativi indicatori di tipo anagrafico, di dimensione, posizione, attività presenti nella scuola), quella dei contesti territoriali. Sono prese in considerazione le reciproche influenze dei livelli facendo uso di modelli statistici.

Le prove del 2009 valutano anche aspetti meta cognitivi quali: la motivazione (engagement), i valori, le emozioni e altri fattori sociali e comportamentali. Il gruppo dell’OCSE sottolinea come lo sviluppo delle competenze dipenda in grande misura dall’esistenza di un *ambiente materiale, istituzionale e sociale* che le favorisce. Per questo motivo sono somministrati dei questionari anche ai genitori, ai dirigenti scolastici e agli studenti, per poi essere confrontati, al fine di individuare i fattori chiave che incidono sull’apprendimento e di delineare le peculiarità dei sistemi educativi che consentono di raggiungere elevati livelli di rendimento <sup>507</sup>.

---

<sup>505</sup> Fra tutti i paesi, sono stati scelti 20 paesi europei ed extraeuropei per stabilire il modello concettuale più idoneo (Paesi europei: Austria, Belgio fiammingo, Danimarca, Francia, Finlandia, Germania, Grecia, Irlanda, Norvegia, Olanda, Polonia, Regno Unito (approfondimenti su Inghilterra e Scozia), Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Ungheria. Paesi extra-europei: Australia, Cina, Nuova Zelanda, USA).

<sup>506</sup> In OP K[2009a] si specifica come viene scelto il campione a p. 16: «Nel definire le popolazioni target a livello nazionale e nel selezionare i campioni, ci si è attenuti a rigorosi standard tecnici che limitano il tasso totale di esclusione a un massimo del 5% e le esclusioni degli studenti delle scuole campionate a un massimo del 2,5%. I campioni nazionali di scuole sono stati selezionati dal Consorzio internazionale, mentre gli studenti sono stati campionati dai centri nazionali utilizzando uno specifico software che ne assicura l’estrazione casuale.»

<sup>507</sup> In OP K[2009a], p. 29 possono essere recuperate informazioni relative ai questionari, di cui portiamo solo un breve brano: «Il Questionario studente permette di rilevare alcune variabili di sfondo relative alla

In OCSE-PISA, per *literacy* scientifica si intende «l'insieme delle conoscenze scientifiche di un individuo e l'uso di tali conoscenze per identificare domande scientifiche, per acquisire nuove conoscenze, per spiegare fenomeni scientifici e per trarre conclusioni basate sui fatti riguardo a temi di carattere scientifico; la comprensione dei tratti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e d'indagine propria degli esseri umani; la consapevolezza di come scienza e tecnologia plasmino il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale e la volontà di confrontarsi con temi che abbiano una valenza di tipo scientifico, nonché con le idee della scienza, da cittadino che riflette».

Quanto più alta è la capacità di integrare queste modalità e applicarle in contesti meno familiari in modo flessibile e creativo, tanto più alto è il punteggio raggiunto nella scala delle competenze.

Nelle Scienze la competenza è definita in come «l'insieme delle conoscenze scientifiche di un individuo e l'uso di tali conoscenze per identificare domande scientifiche, per acquisire nuove conoscenze, per spiegare fenomeni scientifici e per trarre conclusioni basate sui fatti riguardo a temi di carattere scientifico; la comprensione dei tratti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e d'indagine propria degli esseri umani; la consapevolezza di come scienza e tecnologia plasmino il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale e la volontà di confrontarsi con temi che abbiano una valenza di tipo scientifico, nonché con le idee della scienza, da cittadino che riflette».

Fra i fattori che determinano la difficoltà dei quesiti di scienze vi sono: la complessità del contesto; il livello di familiarità con la terminologia utilizzata, i concetti e i processi scientifici coinvolti; la lunghezza della concatenazione logica necessaria per rispondere alla domanda; il grado di astrattezza delle idee o dei concetti scientifici indispensabili a formulare una risposta; il livello di ragionamento, di intuizione e di generalizzazione richiesto per formulare giudizi, conclusioni e spiegazioni <sup>508</sup>.

---

provenienza socio-economica, alle caratteristiche del nucleo familiare e alle motivazioni e agli atteggiamenti nei confronti della scuola e della lettura.»

<sup>508</sup> La Descrizione sintetica dei sei livelli di rendimento sulla scala complessiva di scienze del 2009 (i livelli di rendimento anche come definizione sono gli stessi degli anni precedenti) è descritta in OP K[2009a], p.115.

### 5.3 IEA-TIMSS (International Association for the Evaluation of Educational Achievement-Trends in International Mathematic and Science Study) <sup>509</sup>

Si occupa di condurre ricerche comparative internazionali nel campo della valutazione delle competenze in campo matematico e scientifico nel contesto scolastico per valutare il posizionamento di ogni paese in ambito internazionale, per disegnare e valutare programmi di intervento in materia di politica educativa. Le prove sono somministrate agli studenti del quarto (per la scuola italiana quarta primaria) e ottavo (per la scuola italiana terza secondaria di primo grado) anno di scolarità a partire dal 1995 con scadenza quadriennale attualmente in 67 nazioni (all'inizio erano 41). L'associazione è stata fondata nel 1958, con sede ad Amsterdam. L'INValSi è membro della IEA e partecipa alla General Assembly annuale che ha funzione di indirizzo delle attività della IEA. Attualmente l'INValSI partecipa a tre indagini IEA: IEA PIRLS (per la misurazione di capacità e competenze in campo linguistico), SITES e TIMSS. Nel TIMSS 2007 il campione italiano è stato di 170 scuole per un totale di quasi 5.000 studenti per la scuola secondaria di I grado. Nell'ultima edizione le classi partecipanti provenivano da 420 scuole.

TIMSS assume il curriculum come principale criterio di riferimento per rilevare le opportunità formative fornite agli studenti dai diversi sistemi educativi e fa proprio, perciò, un quadro di riferimento più strettamente aderente alla effettiva pratica scolastica. Il modello di curriculum assunto da TIMSS è ampio e si articola in tre distinte dimensioni: il curriculum atteso – conoscenze e abilità che il contesto sociale attende che gli studenti acquisiscano; il curriculum implementato - conoscenze e abilità insegnate in classe dai docenti; e il curriculum appreso – conoscenze e abilità che gli studenti hanno effettivamente maturato rispetto ai temi e ai problemi proposti <sup>510</sup>.

TIMSS valuta le competenze raggiunte dagli studenti attraverso la triade di domini cognitivi:

---

<sup>509</sup> Per la stesura di questo paragrafo abbiamo utilizzato principalmente il rapporto TIMSS 2007 (TS K[2007b]). Per avere il rapporto completo, contenente i domini cognitivi e di contenuto in lingua originale, si veda TS K[2007a].

<sup>510</sup> Per approfondimenti si veda Colombo N. L[2009].

CONOSCERE: comprende fatti, procedure e concetti che gli studenti devono sapere

APPLICARE: riguarda l'abilità nell'utilizzare le conoscenze e la comprensione concettuale acquisita, per risolvere problemi e rispondere a interrogativi

RAGIONARE: oltre le soluzioni di "routine" per affrontare situazioni non-standard in contesti complessi.

I contenuti disciplinari sono suddivisi in 3 aree principali al quarto anno di primaria (viventi, fisica, scienze della terra), in quattro aree principali al terzo anno di scuola secondaria di primo grado (biologia, fisica, chimica, scienze della terra). TIMSS dettaglia in modo particolareggiato i domini di contenuto definendo per ognuno di essi le rispettive aree tematiche. Poiché può essere interessante allo scopo di impostare dei percorsi da parte dei docenti e dal momento che non è disponibile una traduzione in italiano, procedo con l'elencarli e descriverli in modo molto essenziale. Quelli che seguono sono riferiti alle prove di scienze del quarto anno presenti nel Rapporto TIMSS 2007.

### *Prove di Scienze del quarto anno*

#### *I viventi*

Le caratteristiche dei processi vitali, i cicli vitali (riproduzione e caratteri ereditari, interazione con l'ambiente, ecosistemi, salute dell'uomo).

#### *Fisica*

Classificazione e proprietà della materia; gli stati fisici e i cambiamenti della materia (in termini di forma e volume, calore come causa dei cambiamenti nei viventi e nei non viventi: per esempio la ruggine, la combustione a partire da osservazioni quotidiane), sorgenti di energia (basandosi sull'osservazione comune: acqua in movimento, i combustibili, il vento, il sole, l'elettricità); calore e temperatura; luce (relazione di fenomeni familiari che hanno a che fare con la luce: arcobaleno, colori delle bolle di sapone, ombre, visibilità degli oggetti, specchi; sorgenti familiari di luce) e suono (prodotto da vibrazioni facilmente osservabili); elettricità (semplici componenti di un

circuito) e magnetismo (attrazione e repulsione di oggetti da parte di calamite); forze e movimento (identificazione di forze consuete: trazioni o spinte, gravità che agisce su oggetti che cadono; uso della bilancia; oggetti che affondano o galleggiano in base al loro peso a parità di volume).

### *Scienze della Terra*

Le caratteristiche fisiche (cambiamenti di stato nel ciclo dell'acqua), le risorse (come si preleva l'acqua); la Terra nel sistema solare (rotazione rivoluzione dei pianeti, luna e sue fasi, l'apparenza delle ombre).

Per quanto riguarda invece l'ottavo anno i domini cognitivi per le prove di scienze sono i seguenti.

### *Prove di Scienze dell'ottavo anno*

#### *Biologia*

Le caratteristiche dei processi vitali e loro classificazione; le cellule e il loro funzionamento; i cicli vitali (riproduzione e caratteri ereditari; diversità, adattamento e selezione naturale; ecosistemi, salute dell'uomo).

#### *Chimica*

Classificazione delle sostanze in base alle proprietà simili individuate (metalli e i non-metalli) misurando alcune grandezze fisiche: densità, conduttività elettrica o termica, solubilità, punto di fusione e di ebollizione, proprietà magnetiche; identificazione di: elementi, composti e miscele; metodi di separazione di miscele: filtrazione, distillazione, sedimentazione, separazione magnetica. Le soluzioni: tasso di dissolvimento dei soluti in base a temperatura, mescolamento e dimensione dei grani. Osservazione di acidi e basi mediante il gusto, l'azione corrosiva e gli indicatori; loro reazione (neutralizzazione) anche coi metalli e i non metalli; trasformazioni chimiche (produzione di gas, emissione di luce, reagenti e prodotti, temperatura, cambiamento di colore; la presenza di ossigeno nella combustione e nell'ossidazione; differenza tra

cambiamenti chimici e fisici e conservazione della materia in essi; reazioni comuni che assorbono o rilasciano energia).

### *Fisica*

Stati fisici (come cambiano volume, forma, densità e compressibilità delle particelle; invarianza di temperatura durante i cambiamenti di stato) e trasformazioni della materia (area di superficie, temperatura, soluto nel solvente variando altitudine e pressione); conservazione di massa e di energia (meccanica, elettrica, luminosa, sonora) nelle trasformazioni (esempi semplici: combustione chimica nel motore, da energia elettrica a luminosa nei circuiti, da energia luminosa a chimica nella fotosintesi, da energia potenziale a cinetica nel moto di gravi); caratteristiche del calore (conduzione, convezione e irraggiamento, conduttività termica) e temperatura (relazione con cambiamenti di volume, pressione e velocità delle particelle); della luce (trasmissione attraverso diversi mezzi; riflessione con gli specchi, rifrazione con lenti individuando la traiettoria dei raggi; assorbimento, scomposizione della luce mediante il prisma) e del suono (ampiezza, frequenza, timbro, intensità, stesse caratteristiche della luce ma velocità diversa); elettricità (circuiti in serie e parallelo, conduttori e isolanti, intensità di corrente e tensione) e magnetismo (usi pratici come il campanello); le forze (peso dovuto alla gravità, frizione, contatto e movimento; predizione del movimento di un oggetto in base all'azione di una forza; nozione di base di lavoro, funzionamento di macchine semplici come le leve, galleggiamento in termini di differenze di densità; pressione sia atmosferica in funzione dell'altitudine sia oceanica in funzione della densità, su una superficie in funzione della forza, dei gas in un pallone, livello dei fluidi) (rappresentazione in termini di posizione, direzione e velocità; calcolo della velocità a partire dalla distanza e dal tempo percorsi usando le unità di misura; grafico spazio-tempo).

### *Scienze della Terra*

Struttura della Terra e caratteristiche fisiche; processi, storia e cicli della Terra; risorse della Terra e loro uso e conservazione; la Terra nel sistema solare e l'Universo.

Dato l'interesse di alcuni paesi (una decina per lo più europei) per la valutazione degli apprendimenti all'ultimo anno di scolarità, è stata progettata l'opzione TIMSS 2008 di raccogliere dati al 12°/13° anno di scolarità (l'ultimo anno di scuola) sugli studenti con una preparazione specifica (avanzata) in matematica e in fisica. TIMSS Advanced 2008 coinvolge, per la fisica, le classi che abbiano seguito un corso "avanzato". Per l'Italia, quindi, per la matematica le classi dei corsi sperimentali PNI e quelle del progetto Brocca degli indirizzi scientifico e scientifico tecnologico. A partire dal 2011-2012 tali progetti sono però stati sospesi.

#### 5.4 La situazione italiana <sup>511</sup>

In Italia si riscontra una certa lentezza nell'approntare un sistema di valutazione scolastico esterno efficiente contrariamente a molti paesi europei più sviluppati economicamente <sup>512</sup>. Una delle cause è senz'altro la centralizzazione del sistema scolastico nonostante da un punto di vista legislativo sia garantita dal 1997 l'autonomia degli istituti <sup>513</sup>. Nella proposta preparata per l'INValSI del 4 dicembre 2008 da alcuni docenti universitari <sup>514</sup> si legge che «il trasferimento di autonomia decisionale ai singoli istituti scolastici, in tema di offerta formativa, di gestione delle risorse umane e di amministrazione finanziaria, deve procedere di pari passo con la definizione di un sistema di valutazione che permetta di misurare i risultati ottenuti a seconda delle scelte effettuate.»

Ma per poter raggiungere questo obiettivo, sempre in base a questa proposta, sarebbe necessario predisporre un'Anagrafe Scolastica Nazionale di tutti gli studenti per poter

---

<sup>511</sup> Per la stesura di questo paragrafo abbiamo utilizzato la relazione: Checchi D., Ichino A., Vittadini G. L[2008]. Per avere informazioni generali sul sistema scolastico italiano con le relative normative succedutesi nel corso degli anni nella scuola primaria e secondaria, può essere consultato il rapporto Eurydice Scalmato V., Angotti R. G[2009/2010], pp. 19-28.

<sup>512</sup> Dal documento Eurydice EU G[2006], p. 13 si evince che l'Italia è l'unico Paese in Europa che non ha adottato alcuna disposizione riguardo alla valutazione esterna degli insegnanti. I grafici che riportano la situazione complessiva dei paesi europei su questo aspetto sono presenti anche nel file *grafici formazione* degli allegati del capitolo 4.

<sup>513</sup> L'articolo costituzionale sull'autonomia scolastica promulgato durante l'attuazione della riforma Berlinguer è il 21 della legge 15 marzo 1997, n. 59. Anche molto recentemente (Settembre 2012) i Ministeri regionali hanno avviato un progetto per lo sviluppo dell'autonomia scolastica, a testimonianza del fatto che ancora molta strada debba essere percorsa effettivamente in questa direzione.

<sup>514</sup> Checchi D., Ichino A., Vittadini G. L[2008].

discernere (per quanto è possibile) nei loro risultati scolastici la componente attribuibile alle caratteristiche demografiche ed economiche delle loro famiglie da quelle derivanti dagli studenti stessi, dalle scuole e dai singoli insegnanti. La necessità di una valutazione esterna si inquadra dunque non solo nella prospettiva di garantire la comparazione delle qualifiche anche tra paesi europei in modo da favorire la mobilità delle persone e l'interscambio culturale per raggiungere gli obiettivi del QEQ, ma è anche finalizzata ad «intervenire per correggere situazioni insoddisfacenti ed evidenziare e valorizzare esperienze eccellenti» nell'ambito delle singole istituzioni scolastiche. «Rilevare l'apprendimento in queste classi è essenziale per poter disporre di una base da cui partire per misurare il valore aggiunto in termini di apprendimento nella carriera scolastica successiva degli studenti.»<sup>515</sup>

Da quanto esposto finora emerge che nel nostro paese è certamente carente un'organizzazione del sistema scolastico che favorisca ed incentivi, non solo simbolicamente, chi lavora meglio e produce risultati, dagli studenti agli insegnanti come invece avviene in altri paesi europei<sup>516</sup>. Da questo punto di vista risulta particolarmente istruttivo il fatto che nella ricerca che abbiamo preso in considerazione alla fine del precedente capitolo, tra gli indicatori considerati allo scopo di migliorare i sistemi scolastici – a quanto pare a ragion veduta, dal momento che riscontravamo che l'associazione era positiva fra i Paesi europei con risultati migliori nelle indagini di valutazione – ci siano anche le voci: «Misure per incoraggiare le carriere dei docenti», «Azioni di supporto per gli studenti di talento», ma anche: «Provvedimenti per aiutare gli studenti deboli». Inequivocabilmente ci sembra che tali segnali portino ad un'unica conclusione: che la personalizzazione di percorsi per quanto riguarda gli studenti, di carriere per quanto riguarda i docenti, tenendo conto il più possibile delle diverse aspirazioni, sia l'unica possibilità per assicurare un reale ed effettivo miglioramento del sistema scolastico.

---

<sup>515</sup> Ibidem p.5

<sup>516</sup> A questo proposito si consulti il paragrafo 4.6 del capitolo 4. Alcuni degli indicatori riportati riguardano le iniziative per incentivare la formazione professionale dei docenti, fra cui le misure per incoraggiare le loro carriere.



## 5.5 INValSI (Istituto Nazionale per la Valutazione del Sistema Educativo e di Istruzione). Confronto con gli altri sistemi di valutazione <sup>517</sup>

Il sistema di valutazione INValSI essendo un'indagine a carattere nazionale, si prefigge obiettivi in parte diversi rispetto agli altri sistemi di valutazione precedentemente descritti. Se infatti uno degli obiettivi principali di INValSI è quello di studiare le cause dell'insuccesso e della dispersione scolastica degli studenti italiani con riferimento al contesto sociale ed alle tipologie dell'offerta formativa, in OCSE-PISA e TIMSS si analizzano e confrontano i sistemi scolastici internazionali nella loro globalità puntando l'attenzione su quelli che risultano più efficienti. Per raggiungere i suoi obiettivi INValSI necessita di un monitoraggio più particolareggiato e puntuale dei livelli di apprendimento raggiunti dagli studenti rispetto a TIMSS e soprattutto ad OCSE-PISA che infatti effettua un'unica rilevazione sugli studenti quindicenni. In questo senso le prove vengono somministrate con una scansione temporale più frequente (annuale) e su più ordini di scuola in modo tale da poter trarre informazioni anche sui cambiamenti avvenuti nel tempo per quanto riguarda gli apprendimenti. Nel corso del tempo sono state eseguite diverse modifiche riguardo alla modalità adottata per scegliere il campione, alle classi scelte per la somministrazione dell'indagine e al tipo di prove, che all'inizio coinvolgeva, oltre che matematica e italiano anche le scienze ma in seguito queste ultime prove, purtroppo, sono state tolte. Per questo motivo abbiamo ritenuto necessario elencare succintamente di seguito le modifiche apportate sulle rilevazioni nel corso del tempo <sup>518</sup>. Negli anni scolastici 2004-2005 e 2005-2006 le prove erano somministrate agli studenti delle classi seconda e quarta primaria, della classe prima della secondaria di primo grado, delle classi prima e terza della secondaria di secondo grado; nel 2006-07 le prove erano somministrate agli studenti della seconda e quarta primaria, della prima della secondaria di primo grado, della classe prima e terza della secondaria di secondo grado <sup>519</sup>; nel 2008-09 le prove erano somministrate agli studenti

---

<sup>517</sup> Per la stesura di questo paragrafo si è fatto riferimento prevalentemente al rapporto INValSI: IN K[2009-2010].

<sup>518</sup> Nel file chiamato *Grafico INValSI* allegato a questo capitolo sono riportate le classi e i livelli di scuola in cui sono somministrati i test nei diversi anni.

<sup>519</sup> Per approfondimenti si veda IN K[2007].

di seconda e quinta della scuola primaria e occorre precisare che a partire da questo anno le prove non hanno più coinvolto anche le scienze; a partire dall'a. s. 2009-2010 le prove INValSI hanno carattere plebiscitario<sup>520</sup> su 3 livelli nel 2009-2010 (II e V della scuola primaria e I della scuola secondaria di secondo grado), su 4 livelli nel 2010-2011 (II e V della scuola primaria, III della scuola secondaria di primo grado, classe II della scuola secondaria di secondo grado). La scelta di rendere obbligatorie le prove INValSI si giustifica nell'ottica della necessità di diffondere una cultura della valutazione che è ancora molto scarsa in Italia. Oltretutto sussiste anche il vantaggio che in questo modo, essendo il campione scelto sulla popolazione effettiva<sup>521</sup> – costituito da 35000 unità contro le 5000 (170 scuole) di TIMSS e le 30905 unità di OCSE-PISA nel 2009 non scelte sull'intera popolazione – attualmente è possibile eseguire confronti tra tipologie di Istituti e in generale ottenere risultati più attendibili rispetto al passato e rispetto alle altre indagini<sup>522</sup>. OCSE-PISA e TIMSS consentono invece di trarre informazioni sul sistema scolastico solo a livello nazionale, regionale e per macroaree (nord, sud, centro) e con maggiori margini di errore. Le prove TIMSS, analogamente a quelle INValSI, sono somministrate a tutti i componenti della classe. Per quanto riguarda OCSE-PISA invece non esiste questo riferimento alla classe di appartenenza degli studenti in quanto l'interesse è esclusivamente incentrato sulle competenze acquisite dagli studenti e non sul curriculum scolastico o su aspetti didattico-pedagogici. Anche per questo motivo oltre a quello precedentemente esposto, non è possibile attraverso l'indagine OCSE-PISA ricevere informazioni riguardo alle tipologie degli Istituti. Pertanto il 2008-09 sarà preso in considerazione<sup>523</sup> solo per quanto riguarda i quadri di riferimento prodotti.

---

<sup>520</sup> E' stato comunque estratto un campione di scuole rappresentativo a livello di regione al fine di restituire i dati con il Rapporto Nazionale. Per approfondimenti sulle modalità di attuazione della rilevazione si veda IN K[2009-2010].

<sup>521</sup> Per informazioni più dettagliate riguardo al campione utilizzato si veda IN K[2009-2010], p. 10.

<sup>522</sup> Per essere precisi anche nel 2004-05 e 2005-06 le prove sono state plebiscitarie (eccetto che per la secondaria di secondo grado) ma i procedimenti statistici non erano risultati affidabili. L'insoddisfazione per la metodologia di indagine e per gli esiti contraddittori ha motivato l'introduzione, nell'anno scolastico 2006-07, di una nuova rilevazione campionaria, in sostituzione di quella censuaria. Nel 2009-10 si è tornati alla rilevazione censuaria utilizzando procedure statistiche più sofisticate che menzioneremo nel testo.

<sup>523</sup> Negli a.s. 2004-2005 e 2005-2006 la rilevazione ha avuto carattere obbligatorio per tutte le istituzioni scolastiche statali e paritarie del I ciclo, ad esclusione delle province di Trento e Bolzano. È stata volontaria la partecipazione delle istituzioni scolastiche del II ciclo. Per approfondimenti sulle modalità di attuazione della rilevazione si veda IN K[2005-06a] (SNV 2005-2006) e IN K[2004-05] (SNV 2004-2005). Nell'a.s. 2008-2009 la rilevazione, che non ha coinvolto le Scienze, ha avuto carattere campionario, è stato estratto un campione di scuole rappresentativo a livello di regione ed un congruo

Facciamo ora un breve cenno ad alcune innovazioni statistiche approntate alle prove INValSI a partire dal 2009-10 (che, come abbiamo esposto, non comprendono le Scienze) «le prove consentono di misurare non solo uno standard medio di prestazione ma una “curva” di prestazioni con metodologia analoga a quella seguita dall’indagine PISA»<sup>524</sup>. Tutte le prove di tutti gli Istituti – preparate da valutatori esterni alla scuola, di solito docenti “esperti” – vengono corrette dai docenti e i risultati vengono fatti pervenire in modo centralizzato a livello nazionale, dove vengono opportunamente trattate per tenere conto dell’esistenza di fenomeni di *cheating* (ossia di suggerimento delle risposte corrette). Solo alcune di esse, quelle delle classi studenti che costituiscono il campione, vengono somministrate da un osservatore esterno in modo da garantire la regolarità e la correttezza di tutta l’operazione. Su questi dati, per i quali c’è la garanzia che non vi sono stati suggerimenti, viene costruito il benchmark, cioè il dato ufficiale pulito.

L’indagine INValSI fornisce anche informazioni relative allo status economico e sociale delle famiglie di provenienza degli studenti attraverso un indicatore assegnato ad ogni studente. «Tale indicatore è calcolato in analogia a quello proposto ed utilizzato nell’ambito dell’indagine Oecd-Pisa, e pertanto ne condivide analoghe debolezze; in particolare, utilizza indicatori “indiretti” di status – come la professione dei genitori – e utilizza auto-dichiarazioni degli individui in luogo di record amministrativi»<sup>525</sup>.

Entriamo ora in merito ai contenuti e alla struttura delle prove di Scienze di tutte le indagini, comprese quelle INValSI fino al momento in cui erano somministrate, cercando di delineare i presupposti teorici di base<sup>526</sup>. Per quanto riguarda OCSE-PISA constatiamo che l’aspetto prioritario a cui si dà importanza nella valutazione è in che misura lo studente abbia acquisito una mentalità scientifica; infatti viene richiesto di leggere un testo scientifico e di desumere da esso informazioni e valutazioni utilizzando competenze scientifiche; di conseguenza le conoscenze e abilità richieste (formule, nozioni, principi, svolgimento di calcoli) sono molto limitate diversamente dalle prove

---

numero di scuole ha partecipato volontariamente. Approfondimenti sulle modalità di attuazione della rilevazione sono disponibili in: IN K[2008-09] (SNV 2008-2009).

<sup>524</sup> Checchi D., Ichino A., Vittadini G. L[2008], p. 5.

<sup>525</sup> Agasisti T. L[2009].

<sup>526</sup> Per la stesura di questa parte del paragrafo ci siamo riferiti ai seguenti articoli di *Emmeciquadro*: Speciani C., Bergamaschini M.E. X[2005], X[2006a] e X[2006b]. Inoltre abbiamo preso in considerazione la relazione di Speciani M.C., Bergamaschini M. E., Demaldè V., Guidi G., Mariani C., Peranzoni G., *Contenuti e abilità nella didattica delle Scienze e nella rilevazione di PISA 2006*, contenuta in AA. VV. PISA L[2010], pp. 13-40.

TIMSS. Per fornire un'idea precisa di come sono strutturate le prove, di come sia data molta importanza al processo di ragionamento che si attua, molto più che alla risposta secca corretta, rinvio alla visione dei quesiti OCSE-PISA del 2006 di Scienze, che come abbiamo già esplicitato sono quelli più ricchi e articolati negli anni da noi presi in considerazione <sup>527</sup>.

Si può notare che dal punto di vista metodologico i test OCSE-PISA – proposta di un testo, varie domande articolate su di esso sia a risposta chiusa, che multipla che aperta – sono strutturati in maniera articolata, essenziale ed efficace rispetto agli obiettivi valutati in tabella 6. Ho riportato alcuni brevi e puntuali commenti o osservazioni rispetto ad alcune scelte <sup>528</sup>. Le prove TIMSS non risultano essere particolarmente originali rispetto a qualunque eserciziario contenuto in un pur valido libro di testo motivo per cui sono riportate senza effettuare alcun commento (vedi fine rapporto TIMSS); anch'esse prevedono la possibilità della risposta aperta e articolata. Le prove INValSI di scienze sono state preparate da un gruppo di docenti universitari con le competenze disciplinari specifiche delle diverse branche della scienza e da insegnanti della scuola primaria e secondaria suddivisi per livello di scuola. Tale assortimento di docenti, così come si è configurato, ha consentito di considerare alcuni degli aspetti esplicitati nei primi tre capitoli; in particolare ne sintetizziamo alcuni: una visione unitaria di cultura, la natura complessa del processo educativo di apprendimento, la formazione della persona ritenuta anch'essa di natura complessa. Infatti alcuni dei soggetti coinvolti nella progettazione delle prove di Scienze INValSI <sup>529</sup>, hanno preso in considerazione esplicitamente quelle prospettive innovative che considerano il sistema scolastico come una realtà complessa che abbiamo descritto nel capitolo 2 relativo alle

---

<sup>527</sup> Si veda OP K[2006c].

<sup>528</sup> Riporto ulteriori considerazioni e commenti da me effettuati a seguito dell'analisi dei test OCSE-PISA 2006. Talvolta i testi scientifici utilizzati, da cui gli studenti devono recuperare i contenuti per rispondere ai quesiti, risultano o troppo difficili per la loro età, o troppo divulgativi, oppure non appropriati, come nel caso del test che riguarda l'argomento della rotazione terrestre (non si può dedurre tale informazione dal testo scelto) e quello sull'ozono a p. 202, in cui l'accostamento di un testo di un certo livello con una vignetta buffa, mi è sembrata non idonea e banalizzante gli aspetti scientifici. Talvolta la richiesta di spiegazione nelle domande aperte mi sembra troppo semplicistica: una risposta secca senza troppe spiegazioni è quello che è richiesto, ma mi sembra sia necessario un maggiore approfondimento, sebbene questo sia un limite legato alla natura stessa delle prove. Ulteriori commenti più puntuali su alcuni quesiti possono essere recuperati in AA. VV. PISA L[2010], pp.32-38; alcuni più generali riguardo ai limiti dei test di valutazione sono riportati in uno dei paragrafi successivi.

<sup>529</sup> Citiamo per esempio Maria Elisa Bergamaschini e Cristina Speciani membri della redazione della rivista, ma anche Giuseppe Del Re, Giorgio Chiosso, Evandro Agazzi, Francesco Abbona.

tendenze pedagogiche <sup>530</sup>. Questo non significa che i responsabili dell'indagine OCSE-PISA non siano consapevoli della complessità del sistema scolastico e che non tentino di approntare dei test che tengano conto di questo. Si legge infatti in un documento ufficiale: «Non esiste un unico fattore che spieghi il motivo per cui alcune scuole o alcuni paesi hanno risultati migliori rispetto ad altri. Una prestazione di successo è imputabile a una costellazione di fattori, tra cui le risorse della scuola, la politica e le norme scolastiche, gli esercizi fatti in classe» <sup>531</sup>. Tuttavia, sempre in questa prospettiva, le indagini INValSI, a differenza di quelle OCSE-PISA e TIMSS, si avvalgono dell'esperienza di docenti che nella loro pratica didattica progettano percorsi scientifici che tendenzialmente hanno le caratteristiche che abbiamo sviscerato nel terzo capitolo (come la ricorsività) con l'intento di sviluppare con gradualità la capacità di ragionare degli studenti in base anche al loro livello di età. In questa prospettiva l'indagine INValSI partendo esplicitamente dal presupposto che non solo il sistema scolastico, ma anche la persona, può essere intesa come un sistema complesso, cura che la formulazione dei quesiti sia effettuata secondo queste prerogative <sup>532</sup>. Inoltre bisogna riconoscere a INValSI il merito di aver messo a tema aspetti relativi alla valutazione che ineriscono le problematiche e i punti di criticità che emergono secondo quadri di riferimento non intesi in senso deterministico <sup>533</sup>.

Dal punto di vista della struttura dei test, INValSI fino al 2008-09 offriva un'unica tipologia, a risposta multipla o chiusa, al contrario degli anni successivi in cui, analogamente alle prove TIMSS e OCSE PISA, sono previste anche risposte false-aperte, con cui si intendono domande che richiedono allo studente risposte univoche <sup>534</sup>. Se da un punto di vista formale i test INValSI <sup>535</sup> non risultano essere molto dissimili da quelli TIMSS, per quanto riguarda i contenuti vengono tenuti però presenti gli aspetti

---

<sup>530</sup> In particolare si è costituito nell'ambito INValSI un centro di ricerca del sistema educativo, E-CAS, che ha organizzato un convegno internazionale di studio in dicembre 2006 i cui contributi sono stati raccolti nel testo Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008]; i curatori sono anche tre dei relatori del convegno: rispettivamente docenti presso l'Università di Torino, di Napoli e di Salerno.

<sup>531</sup> OP K[2001], p. 212.

<sup>532</sup> Per approfondimenti riguardo alle caratteristiche delle prove di Scienze INValSI e OCSE-PISA si può vedere AA. VV. PISA L[2010], pp. 14-25 (di Speciani).

<sup>533</sup> Tali aspetti saranno in particolare approfonditi nel paragrafo 5.7.

<sup>534</sup> Per essere precisi, le indagini OCSE-PISA e TIMSS prevedono la possibilità di risposte anche più articolate, perciò realmente aperte, non false-aperte come INValSI.

<sup>535</sup> Le prove di quarta primaria del 2005-06 sono reperibili IN K[2005-06b]; quelle di prima secondaria di primo grado dal 2002-03 al 2006-07 sul sito: IN K[2002-07a] o sul sito più completo IN K[2002-07b] in cui sono contenute anche le prove della classe prima del 2002-03, e dal 2002-03 al 2006-07 della classe seconda e quarta primaria.

che abbiamo precedentemente esposto. I test somministrati si attengono inoltre alle Indicazioni Nazionali del 2007 per il primo ciclo di istruzione (di cui parleremo per quanto riguarda l'apprendimento scientifico nel prossimo paragrafo) e al DM 139/07 relativo all'innalzamento dell'obbligo <sup>536</sup>; in base ad esse vengono valutate le conoscenze e le abilità, senza suddividere i livelli di prestazione come effettua OCSE-PISA, in quanto fino alle prove del 2007-08 comprese, la tendenza era quella di non voler definire a priori competenze avulse da un contesto e dalla persona concreta che le esercita <sup>537</sup>. Per quanto riguarda però la definizione formale data da TIMSS, INValSI e OCSE-PISA alla parola competenza non esistono che sottili differenze, in quanto sostanzialmente vengono rispettate le indicazioni contenute nel prospetto del QEQ. Le indagini OCSE-PISA, diversamente da quelle INValSI e TIMSS, oltre a identificare le conoscenze (o i temi per INValSI o i domini di contenuto per TIMSS) e le competenze (o abilità per INValSI o domini cognitivi per TIMSS), cercano di considerare anche gli aspetti motivazionali che si riferiscono agli “atteggiamenti” degli studenti, utilizzando i questionari impartiti agli studenti e ai genitori.

Riportiamo di seguito le aree per la rilevazione degli atteggiamenti:

<b>Aree per la rilevazione degli atteggiamenti in PISA 2006</b>
Esprimere curiosità nei confronti della scienza e di questioni e sfide di carattere scientifico
Dimostrare la volontà di acquisire ulteriori conoscenze e abilità scientifiche, servendosi di una pluralità di metodi e di risorse
Dimostrare la volontà di andare in cerca di informazioni e di avere un interesse non sporadico per le scienze anche prendendo in considerazione una futura professione in ambito scientifico
Riconoscere l'importanza di prendere in considerazione prospettive e argomentazioni scientifiche differenti
Sostenere il ricorso a informazioni fattuali e a spiegazioni razionali
Manifestare la necessità di adottare processi logici e rigorosi per trarre conclusioni

<sup>536</sup> Quanto affermato vale anche per le prove di Matematica e Italiano.

<sup>537</sup> Il dibattito riguardo questo aspetto è ancora aperto; tuttavia la tendenza attuale anche per quanto riguarda le prove INValSI è quella di adeguarsi alla modalità scelta da OCSE-PISA, valutando perciò le competenze.

Mostrare di sentirsi responsabili in prima persona del mantenimento di un ambiente sostenibile
Dimostrare consapevolezza rispetto alle conseguenze sull'ambiente delle azioni individuali
Dimostrare la volontà di agire per conservare le risorse naturali

Sia TIMSS che INValSI che OCSE-PISA suddividono i contenuti in aree tematiche, che sono sostanzialmente le stesse, con solo qualche lieve differenza: OCSE PISA mette in risalto, come contenuto a sé stante, i sistemi tecnologici; INValSI pone l'accento sulle caratteristiche dell'indagine scientifica, come tema trasversale, e sulle Scienze dell'ambiente. Le prove TIMSS sono quelle più particolareggiate e vaste dal punto di vista dei contenuti richiesti (per rendersene conto si possono mettere a confronto le indicazioni Nazionali <sup>538</sup> di Scienze, riferimento per le indagini INValSI dal punto di vista dei contenuti, con i domini di contenuto del rapporto TIMSS 2007 <sup>539</sup>). E' infatti soprattutto dall'indagine TIMSS che emerge la carenza della scuola italiana nella scuola secondaria di primo grado di avere a disposizione poche ore di scienze in confronto ai contenuti che sarebbero da svolgere, col risultato che spesso i docenti, pur di svolgere tutti gli argomenti preferiscono trascurare l'aspetto sperimentale. Per quanto riguarda l'approccio TIMSS come già abbiamo avuto modo di notare, presentandosi molto articolato e ricco dal punto di vista dei contenuti, si presta per essere un ulteriore strumento che consenta ai docenti di orientare e giudicare le proprie scelte didattiche. Per quanto riguarda i processi valutati, sia in TIMSS che INValSI vengono suddivisi in conoscenze e abilità (TIMSS individua anche un terzo aspetto che inerisce la capacità di ragionare).

Confrontiamo ora in maniera più specifica gli ultimi quadri di riferimento delle prove di Scienze INValSI che risalgono al 2008-2009 <sup>540</sup> (temi o conoscenze e abilità) e i Framework (ovvero il quadro concettuale di riferimento attraverso cui si esplicitano i presupposti teorici della valutazione) di OCSE-PISA del 2006 <sup>541</sup>. Teniamo presente che se per INValSI i risultati sono descritti in termini di abilità, i Framework di OCSE-PISA valutano le competenze da raggiungere elencate analiticamente e stabilendo 6

<sup>538</sup> Le indicazioni Nazionali sono visionabili in IN I[1], pp. 102 e 106.

<sup>539</sup> Si veda TS K[2007a], pp. 43-50.

<sup>540</sup> Ricordiamo però che tali prove non sono state somministrate agli studenti.

<sup>541</sup> La scelta di questo anno particolare è dettata dal fatto che, come abbiamo già specificato in precedenza in questo anno la parte prevalente dell'indagine era relativa a Scienze.

livelli. Riguardo alle motivazioni sottese a queste diverse scelte, rimandiamo a quanto abbiamo esposto all'inizio del paragrafo *Le competenze* del capitolo 3.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i temi e le abilità delle prove INValSI 2008-09:

## **SCIENZE - Temi**

### **Seconda primaria**

- Caratteristiche dell'indagine scientifica
- Viventi/non viventi
- Uomo/ambiente

### **Quinta primaria**

- Caratteristiche dell'indagine scientifica
- Viventi/non viventi
- Uomo/ambiente
- Trasformazioni

### **Prima secondaria I grado**

- Caratteristiche dell'indagine scientifica
- Scienza della materia
- La vita
- La Terra
- L'ambiente

### **Terza secondaria I grado**

- Caratteristiche dell'indagine scientifica
- Scienza della vita
- Scienza della materia
- Scienze della Terra
- Scienze dell'ambiente

## **SCIENZE - Temi**

### **Terza secondaria I grado**

- Caratteristiche dell'indagine scientifica
- Scienza della vita
- Scienza della materia
- Scienze della Terra
- Scienze dell'ambiente

### **Seconda secondaria II grado**

- Caratteristiche dell'indagine scientifica
- Scienza della vita
- Chimica
- Fisica
- Scienze della Terra
- Scienze dell'ambiente



## SCIENZE - Abilità

### Seconda primaria

#### Osservare

- esplorare attraverso i sensi
- discriminare tra vivente e non vivente

#### •Ordinare

- confrontare, rilevare differenze e somiglianze

#### Classificare

- stabilire relazioni

### Quinta primaria

#### Osservare/descrivere

- raccogliere dati
- riflettere su indizi
- riconoscere caratteristiche specifiche di un fenomeno

#### Ordinare

- in sequenze temporali e/o logiche

#### Classificare

- confrontare in termini qualitativi e/o quantitativi

#### Utilizzare linguaggi specifici

- leggere tabelle di misure
- leggere grafici

### Prima secondaria I g.

#### Osservare/descrivere

- raccogliere dati
- riflettere su indizi
- riconoscere caratteristiche specifiche di un fenomeno

#### Ordinare

- in sequenze temporali e/o logiche; i

#### Classificare

- confrontare in termini qualitativi e/o quantitativi
- stabilire relazioni in base a caratteristiche specifiche

#### Utilizzare linguaggi specifici

- leggere grafici
- leggere e comprendere un breve testo scientifico, usando termini del lessico specifico

## SCIENZE - Abilità

### Prima secondaria I g.

#### Osservare/descrivere

- raccogliere dati
- riflettere su indizi
- riconoscere caratteristiche specifiche di un fenomeno

#### Ordinare

- in sequenze temporali e/o logiche

#### Classificare

- confrontare in termini qualitativi e/o quantitativi
- stabilire relazioni in base a caratteristiche specifiche

#### Utilizzare linguaggi specifici

- leggere grafici
- leggere e comprendere un breve testo scientifico, usando termini del lessico specifico

### Terza secondaria I g.

#### Osservare/descrivere

- riconoscere caratteristiche specifiche di un fenomeno
- riconoscere fenomeni di natura diversa

#### Ordinare

- in sequenze temporali e/o logiche e/o in termini quantitativi

#### Classificare

- stabilire relazioni in base a caratteristiche specifiche

#### Utilizzare linguaggi specifici

- lessico disciplinare
- linguaggio matematico:
  - quantificare; confrontare (unità di misura, strumenti di misura);
  - leggere e interpretare grafici
- interpretare dati empirici e/o sperimentali
- risolvere situazioni problematiche mediante concetti disciplinari specifici
- leggere e comprendere un breve testo scientifico

## SCIENZE - Abilità

Terza secondaria I g.
<b>Osservare/descrivere</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•riconoscere caratteristiche specifiche di un fenomeno</li> <li>•riconoscere fenomeni di natura diversa</li> </ul>
<b>Ordinare</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•in sequenze temporali e/o logiche e/o in termini quantitativi</li> </ul>
<b>Classificare</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•stabilire relazioni in base a caratteristiche specifiche</li> </ul>
<b>Utilizzare linguaggi specifici</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•lessico disciplinare</li> <li>•linguaggio matematico:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-quantificare; confrontare (unità di misura, strumenti di misura);</li> <li>-leggere e interpretare grafici</li> </ul> </li> <li>•interpretare dati empirici e/o sperimentali</li> <li>•risolvere situazioni problematiche mediante concetti disciplinari specifici</li> <li>•leggere e comprendere un breve testo scientifico</li> </ul>

## Seconda secondaria II g.

<b>Classificare</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•stabilire relazioni in base a caratteristiche specifiche</li> </ul>
<b>Utilizzare linguaggi specifici</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•lessico disciplinare</li> <li>•linguaggio simbolico</li> <li>•linguaggio matematico:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- calcolare; quantificare; confrontare (unità di misura, strumenti di misura)</li> <li>- leggere e comprendere il linguaggio grafico</li> <li>- leggere ed eseguire rappresentazioni in scala</li> </ul> </li> <li>•interpretare dati sperimentali</li> <li>•risolvere situazioni problematiche:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- in termini qualitativi utilizzando concetti disciplinari specifici</li> <li>- in termini quantitativi utilizzando anche formulazioni matematiche</li> </ul> </li> <li>•leggere e comprendere un testo scientifico</li> </ul>

Riportiamo di seguito le **componenti principali della rilevazione della *literacy scientifica* di PISA 2006**. Come avevamo già specificato, esse comprendono anche gli atteggiamenti (dettagliati precedentemente).

Conoscenze	Competenze
Conoscenza della scienza	Individuare questioni di carattere scientifico
Sistemi chimici e fisici	Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni
Sistemi viventi	Usare prove fondate su dati scientifici
Sistemi della Terra e dell'Universo	<b>Atteggiamenti</b>
Sistemi tecnologici	Interesse per la scienza
Conoscenza sulla scienza	Sostegno alla ricerca scientifica
Indagine scientifica	Responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente
Spiegazioni di carattere scientifico	

Riportiamo ora le *conoscenze* (a cui, come abbiamo detto, corrispondono i *temi* di INValSI e i *domini di contenuto* TIMSS) e le *competenze* in PISA (a cui, come abbiamo detto, corrispondono le *abilità* di INValSI e i *domini cognitivi* di TIMSS) dettagliandole.

<b>Le categorie della conoscenza sulla scienza in PISA 2006</b>
Origine (ad esempio, curiosità, domande scientifiche)
Scopo (ad esempio, produrre dati che contribuiscano a dare risposta a domande scientifiche, idee correnti/modelli/teorie che guidino le indagini)
Esperimenti (ad esempio, domande differenti sono alla base di differenti indagini scientifiche, progettazione di una ricerca)
Tipi di dati (ad esempio, quantitativi [misure], qualitativi [osservazioni])
Misure (ad esempio, incertezza intrinseca, riproducibilità, variazione, accuratezza dei risultati, precisione di strumenti e procedure )
Caratteristiche dei risultati (ad esempio, empirici, provvisori, verificabili, falsificabili, auto correttivi)
Tipi (ad esempio, ipotesi, teoria, modello, legge)
Modi in cui si formano (ad esempio, rappresentazione dei dati, ruolo delle conoscenze esistenti e di nuovi elementi di prova, creatività e immaginazione, logica)
Regole (ad esempio, devono essere coerenti da un punto di vista logico, fondate sui dati, collegate alle conoscenze pregresse e attuali)
Risultati (ad esempio, dar vita a nuove conoscenze, nuovi metodi, nuove tecnologie; portare a nuove domande e nuove indagini)

<b>Le competenze scientifiche in PISA 2006</b>
Riconoscere questioni che possono essere indagate in modo scientifico
Individuare le parole chiave che occorrono per cercare informazioni scientifiche
Riconoscere le caratteristiche essenziali della ricerca scientifica
Applicare conoscenze scientifiche in una situazione data

Descrivere e interpretare scientificamente fenomeni e predire cambiamenti
Individuare descrizioni, spiegazioni e previsioni appropriate
Interpretare dati scientifici e prendere e comunicare decisioni
Individuare i presupposti, gli elementi di prova e il ragionamento che giustificano determinate conclusioni
Riflettere sulle implicazioni sociali degli sviluppi della scienza e della tecnologia

Riportiamo infine di seguito una **tabella sintetica di confronto dei framework delle indagini TIMSS e OCSE-PISA:**

SCIENZE			
CONTENUTI - SAPERI - CONOSCENZE		PROCESSI - ABILITA' - COMPETENZE	
TIMSS Domini di contenuto	PISA Categorie della conoscenza	TIMSS Domini cognitivi	PISA Competenze
SCIENZE DELLA VITA (IV)  BIOLOGIA (VIII)	SISTEMI VIVENTI	CONOSCERE Ricordare/riconoscere; definire; descrivere; illustrare con esempi; utilizzare strumenti e procedure.	INDIVIDUARE QUESTIONI DI CARATTERE SCIENTIFICO
SCIENZE FISICHE (IV)  FISICA (VIII) CHIMICA (VIII)	SISTEMI CHIMICI E FISICI	APPLICARE Confrontare/distinguere/classificare; utilizzare modelli; stabilire connessioni; interpretare informazioni; trovare soluzioni;spiegare.	DARE UNA SPIEGAZIONE SCIENTIFICA DEI FENOMENI
SCIENZE DELLA TERRA	SISTEMI DELLA TERRA E DELL'UNIVERSO  SISTEMI TECNOLOGICI	RAGIONARE Analizzare; risolvere problemi; stabilire relazioni/operare sintesi ; ipotizzare/ predire; progettare/pianificare; trarre conclusioni; generalizzare; valutare;	USARE PROVE FONDATE SU DATI SCIENTIFICI

Al di là della differente impostazione di fondo, è possibile, stabilire significative correlazioni tra i quadri di riferimento per le scienze TIMSS, PISA e INValSI. Notiamo che nel quadro di riferimento INValSI, al contrario di quella di TIMSS e soprattutto di OCSE-PISA, sono specificate con maggiore precisione le azioni che si riferiscono alle

abilità riportate nelle tabelle precedenti. Tali azioni sono caratteristiche dell'indagine sperimentale (osservare, descrivere, individuare regolarità, ordinare ecc.) e consentono l'apprendimento graduale dei contenuti scientifici di pari passo con l'acquisizione del linguaggio specifico.

In TIMSS emergono aspetti ritenuti importanti in base alla recente ricerca pedagogica secondo cui vengono definite le aree disciplinari, chiamate *domini di contenuto* (si veda l'elenco riportato nel paragrafo precedente e nella tabella sottostante), a cui corrispondono i processi cognitivi messi in atto dagli studenti e chiamati *domini cognitivi*. Rispetto a INValSI, che imposta la pratica didattica a partire dalle caratteristiche epistemologiche delle Scienze, in TIMSS questo presupposto non è così chiaro, con il rischio di esporsi maggiormente, in maniera ideologica e acritica, al pari di OCSE-PISA, a quelle tendenze pedagogiche che abbiamo esplicitato nel secondo capitolo, impoverendo l'azione educativa e di conseguenza l'avventura conoscitiva che possono intraprendere gli studenti.

Per ciò che concerne invece l'indagine INValSI riteniamo che la scelta di non continuare a somministrare le prove di Scienze costituisca una grave perdita. Infatti se si recuperasse anche dal punto di vista della valutazione esterna un'impostazione tale per cui possa essere considerato l'apprendimento delle Scienze in modo integrato e complementare a quello della Matematica, anche le competenze matematiche potrebbero migliorare come avremo modo di verificare presentando i percorsi attuati nelle scuole da parte dei docenti del gruppo di ricerca nel capitolo 6. Inoltre la somministrazione delle prove e la riflessione sui risultati innesca, di fatto, discussioni, convegni, seminari che coinvolgono docenti universitari e che spesso diventano occasione di formazione per i docenti e di implementazione della ricerca didattica. Non è un caso che in Italia siano più diffusi Centri di Ricerca di Didattica della Matematica che non delle Scienze <sup>542</sup>. In ogni caso, soprattutto se si parla di livelli di scuola primaria e secondaria di primo grado, riteniamo che anche la ricerca didattica ricaverrebbe dei benefici se fossero presi in considerazione i forti legami esistenti tra le due discipline in relazione all'esigenza di garantire una formazione scientifica.

Passiamo ora a spiegare in cosa consistono le Indicazioni Nazionali, costituendo il punto di partenza per la strutturazione delle prove INValSI.

---

<sup>542</sup> Si pensi, ad esempio, al Centro di ricerca Morin e ai Convegni per la matematica organizzati da B. D'Amore.

## 5.6 Indicazioni per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione <sup>543</sup>

Le Indicazioni Nazionali sono la base di riferimento principale per la costruzione delle prove INValSI. Per questo motivo occorre precisarne il contenuto. Qui di seguito citiamo solo delle frasi che riteniamo più significative <sup>544</sup>. Si legge nelle Indicazioni nazionali: «è importante che i ragazzi siano gradualmente avviati e aiutati a padroneggiare alcuni grandi organizzatori concettuali che si possono riconoscere in ogni contesto scientificamente significativo: le dimensioni spazio-temporali e le dimensioni materiali; la distinzione tra stati (come le cose sono) e trasformazioni (come le cose cambiano); le interazioni, relazioni, correlazioni tra parti di sistemi e/o proprietà variabili; la discriminazione fra casualità e causalità [...]. In questo modo si può giungere a far emergere esplicitamente, al termine della scuola di base, alcuni organizzatori cognitivi di grande impatto concettuale e culturale, quali energia, informazione, trasduzione e trasformazione, stabilità e instabilità di strutture e processi, e così via [...]. È importante infine guidare i ragazzi ad apprezzare, sulla base sia della propria esperienza di sviluppo cognitivo sia di esempi adeguati, affinità e diversità significative nell'evoluzione storica di saperi così diversi, eppure fra loro interdipendenti [...], si intende proporre anche una particolare riflessione sull'interazione tra la storia della scienza e la didattica della scienza, interazione vista come potenziale ambito di sinergia pedagogica ma anche culturale, nel senso più ampio.» <sup>545</sup>

---

<sup>543</sup> Le Indicazioni nazionali del 2004 del Ministro Moratti sono state corrette dalle Indicazioni per il curricolo del 2007 dal Ministro Fioroni e sono recuperabili in IN I[1]. (Precisiamo anche che nel 2012 è stato stilato un nuovo documento, che però si presenta solo in forma di bozza - motivo per cui non ci riferiamo ad esso in questo testo ma al precedente - recuperabile in ID I[1]). Le prime erano improntate alle unità di apprendimento e ai piani di studio personalizzati; le seconde alla programmazione curricolare intesa come processo di costruzione di competenze attraverso la connessione fra i saperi. Per l'innalzamento della qualità degli insegnamenti e degli apprendimenti di questo livello, entrambe le versioni delle Indicazioni proponevano la “conoscenza ologrammatica”: conoscenza degli elementi comuni a vari linguaggi e a varie discipline resa possibile da un insegnamento che punta ad una conoscenza basata sulla esperienza dell'alunno.

<sup>544</sup> Per approfondimenti consigliamo di leggere IN I[1], *Traguardi competenze al termine scuola primaria di scienze*, p. 102 e *Traguardi competenze al termine scuola secondaria di primo grado di scienze*, p. 106.

<sup>545</sup> Si veda IN I[1], pp. 100-101.

## 5.7 Riflessioni sui risultati delle indagini in Italia delle competenze scientifiche di OCSE PISA, TIMSS e INValSI

Riportiamo alcune riflessioni generali riguardo ai risultati delle prove OCSE PISA (del 2003, 2006, 2009) e TIMSS di Scienze (del 2003 e 2007) e INValSI di Scienze del 2005-2006 in quanto, come abbiamo già specificato, le prove INValSI di scienze del 2008-2009 (di cui abbiamo riportato i quadri di riferimento) non sono state somministrate. Aggiungiamo inoltre considerazioni generali desunte da ricerche effettuate sui test di matematica INValSI. Considerando le prove di Matematica, di Italiano e anche di Scienze «queste indagini hanno dimostrato in modo inequivocabile l'esistenza di un forte divario territoriale Nord-Sud, nonostante la natura centralizzata del nostro sistema scolastico, che emerge dai risultati dei test (con un aumento di item non risposte in particolare considerando gli studenti del sud) ma anche dai questionari studenti considerando le informazioni relative alla loro motivazione. Inoltre hanno evidenziato un progressivo peggioramento della posizione dell'Italia, che pur collocandosi in alto nelle classifiche riguardanti i bambini di quarta elementare (PIRLS, TIMSS) scende nettamente al di sotto della media OECD nel caso dei quindicenni (PISA). Più precisamente dal quarto all'ottavo anno di scolarità analizzando le prove del TIMSS si riscontra un aumento della fascia del livello molto basso e una diminuzione della fascia di eccellenza. Questi fatti, uniti all'abbandono scolastico che rimane ancora troppo alto specialmente nelle aree meridionali, e al basso numero di laureati e diplomati, seppur in crescita nelle coorti più giovani, pongono interrogativi sull'efficacia del nostro sistema scolastico, e quindi sulla necessità improrogabile di una sua valutazione complessiva, in particolare riguardo all'obiettivo di assicurare a tutti pari opportunità.»<sup>546</sup>

Per quanto riguarda più specificatamente le competenze scientifiche dall'indagine del 2006 dell'OCSE, centrata su di esse, l'Italia è risultata al 33/mo posto per competenze di lettura, al 36/mo per cultura scientifica, al 38/mo posto per quella matematica. I nostri quindicenni si posizionano al quint'ultimo posto fra i 30 paesi dell'OCSE e fra gli

---

<sup>546</sup> Checchi D., Ichino A., Vittadini G. L.[2008], p. 3.

ultimi dell'Unione Europea <sup>547</sup>. L'indagine mostra inoltre che in Italia, il 25,3% degli studenti si colloca al di sotto del livello base di competenza scientifica in grado di consentire loro di confrontarsi con situazioni che chiamano in causa scienza e tecnologia. Il punteggio medio dei paesi OCSE nella scala di *literacy* scientifica, nel 2006, è stato di 498 punti, utilizzato per confrontare i risultati conseguiti dagli studenti in PISA 2009 in Scienze e rappresenta il punto di riferimento per i confronti nelle successive rilevazioni.

«gli studenti del Nord Ovest e del Nord Est ottengono un punteggio medio superiore alla media nazionale e alla media OCSE [...]. Le regioni in cui gli studenti quindicenni conseguono un punteggio medio superiore in modo statisticamente significativo rispetto alla media nazionale e alla media OCSE sono: Friuli Venezia Giulia (524), Lombardia (526), Valle d'Aosta (521), Veneto (518) e le province autonome di Bolzano (513) e Trento (523). Il punteggio medio degli studenti dell'Emilia Romagna (508) è superiore, in maniera statisticamente significativa, alla media nazionale mentre non si discosta da quella OCSE [...]. Se si considerano i diversi tipi di scuola, gli studenti dei Licei (punteggio medio 531) si collocano al di sopra della media nazionale e della media OCSE; gli studenti degli Istituti tecnici (punteggio medio 489) conseguono un punteggio medio che non si discosta dalla media nazionale, ma che è inferiore alla media OCSE; quelli degli Istituti professionali (punteggio medio 427) e quelli della Formazione professionale (punteggio medio 417) si collocano al di sotto sia della media nazionale, sia della media OCSE. Nel 2006 è stato possibile analizzare le differenze nei risultati dei ragazzi e delle ragazze anche per quanto riguarda le diverse competenze specifiche che concorrono a definire la *literacy* scientifica. Le ragazze ottenevano un punteggio medio significativamente superiore nella scala: *Individuare questioni di*

---

<sup>547</sup> Per conoscere la descrizione dei 6 livelli di competenza si veda OP K[2009a], p. 115. Per maggior completezza riportiamo i livelli di competenza raggiunti sulla scala di *literacy* scientifica in PISA 2006 dall'Italia messi a confronto con la media OCSE:

Livello 6: 708 OCSE: 0,5 %; Italia: 1,1 %

Livello 5: 633 OCSE: 8,5 %; Italia: 5,8 %

Livello 4: 559 OCSE: 29,1 %; Italia: 24,4 %

Livello 3: 484 OCSE: 57,7 %; Italia: 53,9 %

Livello 2: 409 OCSE: 82 %; Italia: 79,4 %

Livello 1: 335 OCSE: 95 %; Italia: 93,9 %



*carattere scientifico*, mentre i ragazzi conseguivano migliori risultati nella scala di competenze *Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni.*»<sup>548</sup>

Si riscontra dal rapporto OCSE 2006 la dipendenza da fattori socio-economici (e dunque incidono le risorse educative e culturali che esse possono mettere a disposizione) per quanto riguarda l'acquisizione di competenze<sup>549</sup> (non solo di tipo scientifico) e la tipologia di scuola frequentata. Da questo punto di vista incide anche la scuola secondaria di secondo grado scelta: la maggior parte degli studenti con condizioni socio-economiche migliori sceglie il liceo; infatti in tutte le regioni italiane l'indice tipo di occupazione dei genitori risulta positivamente associato in modo significativo al rendimento degli studenti non solo per quanto riguarda le prove di scienze. Questo è quanto emerge anche da altre ricerche che prendono in esame i dati provenienti dalle indagini: «In base a elaborazioni sui dati PISA, la probabilità che uno studente con genitori nella fascia socio-culturale più elevata si iscriva a un liceo è sette volte superiore a quella di uno studente con genitori nella fascia minima, all'incirca doppia rispetto alle fasce intermedie [...]. Sotto questo aspetto, non vi sono significative differenze tra le aree geografiche [...]. Il background familiare incide sulla performance scolastica degli studenti. Tale effetto appare marcato nei primi cicli scolastici (cfr. indagine TIMSS 2003), più sfumato nel ciclo secondario superiore (cfr. PISA 2003), quando intervengono pesantemente anche fattori riconducibili al diverso tipo di scuola prescelto (liceo piuttosto che istituto tecnico o professionale). Nei primi cicli scolastici i divari territoriali tra Nord e Mezzogiorno sono più contenuti e concentrati tra gli studenti con background familiare inferiore. Tali divari tendono ad ampliarsi nel passaggio al ciclo secondario superiore, risultando marcati per ogni classe di status socio-economico e culturale della famiglia di provenienza, anche al netto degli effetti dovuti al tipo di scuola prescelto.»<sup>550</sup>

Confrontando anche i risultati INValSI 2006 con TIMSS 2003 e OCSE-PISA 2003<sup>551</sup> «le evidenze sembrano convergere in misura soddisfacente sul fatto che i divari tra le

---

<sup>548</sup> Il Rapporto OCSE-PISA 2006 contenente i risultati a livello internazionale è consultabile sul sito: OP K[2006a], pp. 113 -119; quello contenente i risultati a livello nazionale è sul sito OP K[2006b]. In particolare si veda tutto il capitolo 4.

<sup>549</sup> Anche nel 2003 era stata rilevata la stessa cosa come si desume dal grafico in Montanaro P. L[2003], p. 44.

<sup>550</sup> Montanaro P. L[2003].

<sup>551</sup> Il confronto è avvenuto con i risultati delle indagini precedenti per poter comparare i risultati.

regioni/province crescano nel tempo, ossia passando dalle scuole elementari <sup>552</sup> (PIRLS per gli studenti di 9-10 anni e TIMSS 4th *grade*) alle scuole medie inferiori o superiori <sup>553</sup> (PISA e TIMSS 8th *grade* )». Da tutte le indagini emerge una «divaricazione territoriale negli apprendimenti e/o conoscenze e/o competenze degli studenti italiani. Il coefficiente di correlazione tra INValSI e le altre indagini internazionali risulta infatti sempre compreso tra il 30 e il 40 per cento, ma lo stesso grado di associazione si ottiene se, per ambiti d'indagine omogenei, si confrontano le indagini internazionali tra di loro. Anche in questo caso, dai confronti [...] PISA-TIMSS [...] emerge una polarizzazione delle province del Nord verso il quadrante “favorevole” (risultati positivi per entrambe le indagini) e di quelle del Centro-Sud verso il quadrante “sfavorevole” (risultati negativi per entrambe le indagini); mentre nelle regioni del Nord gli apprendimenti tendono a crescere nel corso del tempo e anche in maniera sempre più diffusa tra gli studenti, nel Mezzogiorno si assiste viceversa a una “polarizzazione” o “concentrazione” degli esiti scolastici verso livelli sempre più bassi». Rispetto alle altre indagini internazionali nelle prove INValSI «cresce il punteggio riportato dagli studenti del Centro» <sup>554</sup>. Si nota inoltre che nelle indagini internazionali dove risultano «punteggi sistematicamente bassi (es. Puglia, Calabria, Sicilia), si riscontra una votazione media alla maturità superiori alla media italiana; di contro, vi è il caso di regioni del Nord (es. Lombardia), dove non solo la votazione, ma anche la quota dei diplomati è più bassa di quella media italiana. Tale situazione, associata anche alla quota degli studenti respinti all'esame, potrebbe segnalare un probabile diverso grado di difficoltà degli esami di Stato a livello territoriale.» <sup>555</sup> Quanto è emerso da questa ricerca dimostra ulteriormente che i criteri di valutazione interni alle diverse scuole sono molto disomogenei in particolare prendendo in considerazione le tre aree geografiche nord, sud e centro. Alcuni risultati significativi, ma meno dettagliati sulle Scienze sono riportati nel rapporto 2009 sotto forma di grafici <sup>556</sup>. Non si riscontrano sostanziali variazioni

---

<sup>552</sup> Attualmente la scuola elementare è denominata primaria.

<sup>553</sup> Attualmente la scuola media inferiore e superiore è denominata rispettivamente secondaria di primo e secondo grado.

<sup>554</sup> Si veda Montanaro P. L.[2003], pp. 18-22 (Grafico delle Prove Invalsi della Primaria e Secondaria di primo grado del 2005-06), p. 26-28 (grafico delle prove OCSE-PISA 2003), pp. 30-33 (grafico delle prove TIMSS; in particolare si veda la figura 16 b che rileva il confronto tra OCSE-PISA e TIMSS 2003 delle prove di Scienze, p.35.

<sup>555</sup> Montanaro P. L.[2003], pp 38-41; nel grafico è mostrata la correlazione delle prove INValSI con i voti di maturità analizzati regione per regione.

<sup>556</sup> OP K[2009b], pp. 121-122.

rispetto alla situazione analizzata in relazione ai rapporti degli anni precedenti. Tuttavia anche per le Scienze l'OCSE segnala l'Italia fra i paesi che hanno conseguito il più rilevante miglioramento, insieme a Turchia, Portogallo, Corea, Norvegia, Stati Uniti e Polonia. Osservando il dato nazionale, si ha infatti un miglioramento di 13 punti, non elevato ma significativo. Se consideriamo però le ripartizioni geografiche, tale incremento, pur essendo di 22 punti nel Sud-Isole e di 19 punti nel Sud, non raggiunge la significatività in nessuna delle macroaree<sup>557</sup>.

Passiamo ora all'analisi dei risultati TIMSS dettagliando alcune informazioni già esposte in precedenza. I punteggi dei diversi Paesi sono misurati su una scala che ha media 500 e deviazione standard 100; entrambi i parametri sono tenuti fissi nel tempo per consentire confronti diacronici.

In Italia, gli allievi della quarta classe della scuola primaria ottengono risultati statisticamente superiori alla media TIMSS<sup>558</sup> (535). In particolare, il risultato di scienze è di assoluta eccellenza, inferiore dal punto di vista delle differenze statistiche solo a quello dei quattro paesi asiatici che hanno ottenuto i migliori punteggi (Singapore, Taiwan, Hong Kong e Giappone), e superiore a quello di molti paesi europei (Austria, Paesi Bassi, Svezia).

Gli alunni della terza classe della scuola secondaria di primo grado ottengono risultati inferiori a quelli della media TIMSS. Se il punteggio in Scienze è solo relativamente più basso (495) e la differenza non è significativa dal punto di vista statistico. Le prestazioni migliori degli studenti, in Matematica e Scienze, si registrano nel Nord-Est (che include Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia ed Emilia Romagna) sia nelle quarta classe della scuola primaria sia nella terza classe della secondaria di primo grado. Sola questa macro area ottiene in matematica, all'ottavo anno di scolarità, un risultato di alcuni punti superiore alla media TIMSS, pur condividendo la tendenza generale ad un abbassamento dei punteggi nell'avanzamento del percorso scolastico. Nella scuola primaria le tre macro-aree Nord-Ovest, Centro e Sud, ottengono punteggi complessivamente molto simili, molto più elevati della media TIMSS in Scienze, simili ai livelli internazionali in Matematica; solo nella macro-area Sud ed Isole i ragazzi

---

<sup>557</sup> Per ulteriori approfondimenti si veda OP K[2009c].

<sup>558</sup> Avevamo già detto che le rilevazioni nella primaria hanno dato esito positivo. In questa sede precisiamo ulteriormente l'informazione data.

ottengono risultati decisamente inferiori a quelli del resto del Paese, in linea con quelli della media TIMSS per scienze, inferiori a questa per matematica.

Il grado di dispersione dei risultati tra le diverse aree del Paese diviene rilevante all'ottavo anno di scolarità; in questo caso i punteggi, diminuiscono significativamente man mano ci si sposta da Nord a Sud. Rimandiamo alla tabella rapporto TIMSS Italia del 2007<sup>559</sup>. Consultando questi dati si riscontrano in particolare i due seguenti aspetti: prima di tutto una diminuzione del numero di studenti con scarsi risultati del 4,6% dal 2006 al 2009 nelle prove OCSE-PISA<sup>560</sup>. In secondo luogo un peggioramento nel passaggio dal quarto (quarto anno di primaria) all'ottavo grado di istruzione (terzo anno secondaria di primo grado). Se quest'ultimo dato riguarda tutte le nazioni, c'è da rilevare che però in Italia è molto considerevole: gli atteggiamenti positivi passano dal 78% al 47% in OCSE-PISA e si riscontra un peggioramento di 13 punti. In tutte le nazioni la materia in cui i risultati degli studenti sono migliori è biologia.

Per quanto riguarda la rilevazione TIMSS – costruita in modo tale da consentire, attraverso la proposta nei diversi cicli di un certo numero di item costanti – (item di ancoraggio), la possibilità di effettuare comparazioni nel tempo. Rispetto al 2003, la scuola primaria fa registrare un trend positivo. In scienze il punteggio medio nella quarta classe è aumentato di circa 20 punti; tale incremento va ricondotto in gran parte all'aumento del numero degli allievi che ottengono punteggi elevati (si è passati dal 35% al 44 % del totale). Nella scuola secondaria di primo grado non si notano sostanziali miglioramenti nel tempo e un sostanziale accordo tra i risultati dell'indagine OCSE-PISA e quelli del TIMSS.

Analizzando le prove di matematica INValSI somministrate più recentemente possiamo ricavare informazioni di tipo generale rispetto all'approccio degli studenti italiani alle discipline matematico-scientifiche in genere che vale la pena evidenziare; questo nell'ottica di comprendere quali informazioni possono essere ricavate attraverso queste indagini che possono essere, entro una certa misura, utili strumenti per i docenti. Studi recenti hanno rilevato, mediante l'utilizzo incrociato anche di interviste che approfondiscono le motivazioni che stanno dietro agli errori commessi nelle prove, che

---

<sup>559</sup> TS K[2007c], p. 10

<sup>560</sup> Si veda il documento Eurydice EU G[2011], p. 19. Per ulteriori approfondimenti sugli ultimi risultati OCSE-PISA si veda anche OP K[2009b]; in particolare a p. 17 si può recuperare il grafico internazionale delle prove di Scienze.

si riscontra che gli studenti posseggono scarse conoscenze, interpretano il testo in modo sbagliato, hanno grosse difficoltà nel passare a registri diversi e nel giustificare le proprie scelte argomentandole; attuano raramente processi di matematizzazione (ossia di rappresentazione matematica di contesti reali) e processi metacognitivi come quelli relativi all'applicazione di strategie durante la risoluzione dei problemi oppure quelli che richiedono di riflettere sulla compatibilità o meno di un determinato risultato, soprattutto nelle risposte alle domande aperte. Gli errori più frequenti individuati sono i seguenti: eccessivo utilizzo di strumenti matematici anche quando non sono necessari, spesso in modo meccanico cioè non funzionale al ragionamento; mancanza di verifica dell'esattezza del risultato anche per via di una prevalenza di uso di procedimento di tipo top-down rispetto a procedimenti di tipo bottom-up; nelle unità di misura e nei calcoli che richiedono l'utilizzo di alcune semplici formule scientifiche (per esempio la formula della velocità) <sup>561</sup>.

Giorgio Bolondi <sup>562</sup> condivide le riflessioni di Raffaella Manara che in qualche modo riassumono quanto emerge dalle indagini:

«leggendo molti svolgimenti, [si desume] che *la domanda* sia poco importante; l'importante è applicare qualche formula di quelle che sono state studiate in quel contesto. Quasi mai negli svolgimenti si leggono frasi del tipo “siccome devo trovare questo, allora faccio quest'altro”. Quasi mai i nostri ragazzi spiegano *perché* fanno un certo calcolo, o che relazione ha con la domanda del problema la costruzione che stanno facendo. Claude Lévi-Strauss diceva che lo scienziato è l'uomo che pone le vere domande, non quello che dà le risposte. I nostri ragazzi sembrano poco interessati a comprendere le domande: forse perché sono poco abituati, almeno in matematica, a cercarle e a comprenderne il senso.» <sup>563</sup>

Il gruppo ministeriale presieduto da Luigi Berlinguer <sup>564</sup> in base ai risultati OCSE-PISA ha così riassunto le carenze del sistema scolastico italiano per quanto riguarda l'aspetto scientifico:

- uso non radicato del metodo scientifico-sperimentale;
- uso limitato e non sistematico della pratica di laboratorio;

---

<sup>561</sup> Tali commenti sono espressi Pozio S. L[2010].

<sup>562</sup> G. Bolondi è presidente della Commissione Italiana per l'Insegnamento della Matematica dell'Unione Matematica Italiana e membro della commissione incaricata dal MIUR della redazione delle nuove Indicazioni Nazionali per il sistema dei Licei. Ci siamo riferiti in particolare al suo articolo *Come usare in classe le prove Invalsi*, Dicembre 2010, pubblicato sulla rivista del centro Morin.

<sup>563</sup> Manara R. F[2011].

<sup>564</sup> Si fa riferimento al DB I[1].

- ricorso ad una gamma limitata di strumenti didattici e uso limitato delle nuove tecnologie;
- approccio alle scienze e alle tecnologie non umanizzato, e privo in particolare della «dimensione tempo», cioè senza contestualizzazione storica.

Molto deve essere fatto nella direzione di definire le «competenze scientifiche di base». Si riscontra infatti una distanza abissale tra «risultati scolastici» e «risultati reali/competenze» e una difficoltà nel coniugare l'integrazione e la personalizzazione con la qualità dei processi di formazione. Le uscite organizzate sono poche anche per via di difficoltà organizzative legate alla difficoltà nell'ottenere i permessi necessari per organizzare iniziative o attività diversificate e alla rigidità dell'impianto orario. Dall'indagine TIMSS del 2003 emerge che la scuola italiana è, tra i paesi che hanno partecipato, quella che ha a disposizione meno ore effettive di insegnamento (meno di due la settimana) ma offre il maggior numero di contenuti <sup>565</sup>. E questo nella scuola secondaria di primo grado (la scuola primaria ha risultati diversi) comporta un uso predominante del libro di testo rispetto all'uso del laboratorio e in genere di attività di indagine autonoma da parte degli studenti.

Un'altra grossa carenza riguarda la definizione di criteri di valutazione condivisi, indispensabili per l'assolvimento dell'obbligo formativo e per assicurare un raccordo nel passaggio tra i sistemi scolastici che attualmente non risulta essere soddisfacente.

Nella cartella allegata dal nome *Ricerca Mayer* riportiamo la documentazione di un interessante ricerca <sup>566</sup> eseguita da Michela Mayer e Carlo di Chiacchio a partire dal questionario studenti OCSE PISA 2006 e TIMSS. Essa mette in relazione i fattori già messi in evidenza da altre ricerche attribuendo particolare importanza all'«insegnamento interattivo rispetto a quello puramente trasmissivo: approfondisce inoltre la natura dell'insegnamento scientifico» in base ai tre aspetti: la ricerca e l'investigazione in ambito scientifico, l'uso della scienza come un modello di rappresentazione del mondo su cui riflettere, l'applicazione delle scienze a situazioni di vita reale. Abbiamo deciso di riportare nel file allegato solo l'elaborazione statistica

---

<sup>565</sup> A questo proposito Russo scrive: «Lo studio della fisica acquista importanza anche come quantitativo di ore ad essa dedicate nella scuola secondaria superiore consentendo tra l'altro di dare spazio all'aspetto per cui essa è essenziale: lo sviluppo tecnologico. Appare però difficile combinare nel giusto modo l'astratto e il concreto.» (Russo L. E[1998], p. 33)

<sup>566</sup> Tale ricerca è stata pubblicata sul testo: AA.VV. PISA L[2010], p.41.

relativa agli item selezionati come adeguati a descrivere la situazione reale attraverso verifiche di risposte a domande incrociate (evitando di riportare gli item che invece si verifica attraverso la ricerca, che non hanno nessuna correlazione significativa dal punto di vista statistico). Le conclusioni della ricerca evidenziano che nella scuola italiana l'aspetto sperimentale non entra in gioco come fattore di valutazione, soprattutto per quanto riguarda le eccellenze e per quanto riguarda i licei. Inoltre, per via indiretta si evince che la partecipazione, la discussione, il lavoro collaborativo fra pari non sono stili di insegnamento adottati per migliorare l'eccellenza. Come abbiamo già evidenziato nel precedente capitolo, in base anche ad altre ricerche recenti a livello europeo <sup>567</sup> si è invece constatato che riflessioni sui metodi adottati, attività di gruppo, collaborazioni tra scuola e ricerca e discussioni di tipo etico, epistemologico e sociale, che riguardano l'ambiente, le applicazioni tecnologiche e l'esperienza quotidiana costituiscono dei veicoli importanti per suscitare l'interesse per le Scienze e di conseguenza favorire l'apprendimento scientifico. Viene inoltre rilevato che la modellizzazione scientifica può consentire una comprensione più profonda della natura delle Scienze e dei processi di investigazione. Tutto quanto espresso risulta essere in linea con i criteri della rivista presentati nel capitolo 3.

## **5.8 I limiti dei test riscontrati coerentemente ai criteri della rivista (approccio sistemico) <sup>568</sup>**

Sebbene i risultati delle indagini possano fornirci degli strumenti utili a monitorare i sistemi scolasti, come abbiamo appena mostrato, tuttavia ci sembra opportuno evidenziare anche alcuni aspetti critici che li caratterizzano, rilevati da alcuni ricercatori che adottano un approccio sistemico. Abbiamo riassunto i principali:

- In generale, rileva Chiosso, si riscontra – in base ad una tendenza che abbiamo già descritto nel capitolo 2 definita funzionalista <sup>569</sup> – questo pericolo: «in questo eccesso di procedure, di valutazioni, di programmazione scolastica in funzione di quella economica [...] si stia perseguendo – e in certa misura compiendo – il

---

<sup>567</sup> Si consulti il paragrafo 4.7.1, dove si osserva che tra gli indicatori considerati per analizzare come vengono insegnate le discipline scientifiche compare anche: *Progetti individuali o a gruppi e Discussioni e argomentazioni*. Ricordiamo che la principale fonte utilizzata è EU G[2011].

<sup>568</sup> Per la stesura di questo paragrafo ci siamo riferiti ai due articoli Abbona F. X[2005] e X[2006].

<sup>569</sup> Si veda il paragrafo 2.1.1.

progetto di una scuola sempre più neutra, ripiegata sugli apprendimenti spendibili, impegnata soprattutto a trasmettere competenze operative e molto meno interessata al sapere in quanto sapere, in quanto cultura che alimenta e fa crescere l'umano che c'è in noi [...]. Non è caso un caso perciò che i protagonisti dei dibattiti scolastici in questi anni non siano più filosofi, pedagogisti, psicologi, ma soprattutto economisti, esperti di organizzazione, sociologi, studiosi di statistica.»<sup>570</sup> Per questi motivi accade che attraverso i test vengano valutate senza riserve le competenze, riducendo, forse, la complessità del processo formativo. Evidenziamo però che attraverso queste indagini non si intende promuovere un'organizzazione della scuola che riproduca il mondo del lavoro, in quanto, se così fosse, non potrebbero essere forniti gli strumenti culturali e formativi che consentono alle persone di acquisire la capacità di innescare processi sempre nuovi di apprendimento durante tutta l'arco della vita per affrontare in maniera flessibile situazioni sempre diverse, come indica il QEQ. In questa prospettiva viene ritenuto, ad esempio, fondamentale che la scuola si apra il più possibile al territorio coinvolgendo nella proposta didattica esperti o soggetti esterni e proponendo uscite o attività da svolgersi anche al di fuori della scuola. Nel caso specifico delle scienze, coloro che sono coinvolti nelle indagini sui sistemi scolastici, promuovono una formazione sperimentale non intesa in senso operativo e nozionistico, in base alla quale non è importante il risultato ma la capacità di discutere con coerenza un risultato anche inaspettato o 'scorretto'. In diversi paesi asiatici, dove in effetti si riscontra attraverso i test una buona preparazione scientifica, l'insegnamento delle scienze avviene in questo modo. D'altro canto le prove OCSE-PISA, essendo gestite da governi nazionali, non possono prescindere da finalità di tipo politico-economico nella prospettiva di formazione di competenze ritenute funzionali esclusivamente dal punto di vista sociale. Questo comporta la possibilità di incorrere nei rischi che abbiamo esposto e altri, come l'impoverimento culturale e l'omologazione, potrebbero essere riscontrati. Questo è quanto emerge da alcune ricerche che in questo senso criticano il fatto che i test di valutazione privilegiano alcune discipline (italiano, matematica) a discapito di altre: «E' rischioso continuare a pensare la scuola

---

<sup>570</sup> Chiosso G., *E' possibile una scuola senza senso?* in QS n. 11 E[2010].



come erogatrice, in prevalenza, di formazione linguistica e matematica, perché a queste condizioni si rischia di dimenticare quei soggetti (teoria delle intelligenze multiple di Howard Gardner) che manifestano forme cognitive curvate più in senso espressivo, musicale o corporeo [...]. La personalizzazione [...] andrebbe piuttosto identificata in un'esperienza che Leadbeater <sup>571</sup> definisce di “co-creazione di valore” <sup>572</sup> che non può essere valutata attraverso un semplice test prestabilito da qualcun altro in quanto mira all'«elaborazione di un sapere commisurato allo sviluppo del potenziale creativo di ogni persona [e ad un] apprendimento motivato, acquisito ed espresso nella prospettiva della conquista personale» <sup>573</sup>.

- La formulazione delle domande non tiene conto dei riferimenti culturali e sociali. Infatti «dei 16 paesi che hanno riportato nella rilevazione *reading literacy* del 2000 un punteggio inferiore a 500, ben 15 appartengono a Stati non anglofoni» <sup>574</sup>. Da questo punto di vista INValSI esegue delle simulazioni molto accurate prima di scegliere la formulazione più opportuna in modo da ridurre la possibilità di erronee interpretazioni. Ciononostante i quesiti non saranno mai quelli adeguati a quel particolare contesto e a quel particolare studente, soprattutto se prendiamo in considerazione l'ampia casistica dei portatori di handicap.
- I test a risposta chiusa (ma anche falsa-aperta o aperta) rappresentano certamente una grossa limitazione rispetto alla possibilità degli studenti di sviluppare le loro potenzialità creative e immaginative, come abbiamo già avuto modo di argomentare. Inoltre danno una possibilità limitata di tener conto solo del prodotto e non del processo che ha portato alla risposta, il quale potrebbe essere infatti parzialmente corretto. Anche per questo motivo si consiglia di utilizzare i test con parsimonia in quanto sussiste il rischio di trasformarli in strumenti normativi, non solo descrittivi, stabilendo in maniera troppo rigida quali dovrebbero essere le competenze da raggiungere.

---

<sup>571</sup> C. W. Leadbeater (1854 – 1934) è stato un religioso e teosofo britannico.

<sup>572</sup> Chiosso G., *Educazione, scuola e complessità*, in Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008], p. 62 e 65.

<sup>573</sup> Leadbeater C. W. G [2005], pp. 113-128, nota riportata in Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008], p. 65.

<sup>574</sup> Si veda nota 572.

- Solo una piccola parte di scuole indica anche l'utilizzo dei risultati per una riflessione interna (5-10%). Un particolare impegno andrebbe dedicato dunque per sviluppare una cultura della valutazione attraverso campagne di sensibilizzazione di vario genere rivolte ai docenti e ai dirigenti delle scuole. Infatti le indagini diventano particolarmente utili se, come raramente succede, i risultati delle singole scuole vengono utilizzati dalle scuole stesse come spunto di riflessione sulle proprie scelte di insegnamento e di formazione degli studenti. Questa è la prospettiva indicata da Bolondi e da altri ricercatori nel settore ed è questo il motivo per cui abbiamo riportato nel paragrafo precedente alcuni dei loro commenti di tipo generale che riteniamo possano essere oggetto di analisi da parte di tutti i soggetti coinvolti nella formazione degli studenti.
- Durante la correzione dei test si sono riscontrate alcune anomalie quali: un aumento di punteggi con mezzi non regolari, comportamenti strategici da parte delle scuole per ottenere punteggi superiori.
- Per quanto riguarda la valutazione si riscontra un'eccessiva riduzione nella scelta dei domini fornendo un sottoinsieme estremamente povero di informazioni riguardo al rendimento scolastico; alcuni esperti <sup>575</sup> ritengono che la valutazione sia di tipo meccanicistico contraria alla libertà degli insegnanti e che non prenda in considerazione i «paradigmi pedagogici nuovi come la transdisciplinarietà e lo studio dei sistemi educativi alla luce della teoria della complessità; piuttosto [sembra evidente che l'impostazione adottata faccia uso di] ingenuità concettualizzazioni (nella linea di più apprendimento = più conoscenza = più competenza = miglior rendimento).» <sup>576</sup>

Per questi motivi occorrerebbe includere per la valutazione le «disposizioni di apprendimento informale, come l'influenza della cultura scolastica e il cosiddetto "curriculum nascosto" [...], modelli multilevel e i cosiddetti modelli di percorso che permettono inferenze sulla causalità indiretta e i rapporti ricorsivi (modelli con interrelazioni ricorsive) [...]. Questa ricerca è ispirata dall'idea secondo cui gli studenti con diverse disposizioni richiedono trattamenti educativi diversi [...].

---

<sup>575</sup> Come per esempio Markus Molz, *Complessità e rendimento dei sistemi educativi*, pp. 207-209 in Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008].

<sup>576</sup> Ibidem p. 208. Analoghe considerazioni sono contenute in Abbona F. X[2006].

Ci sono validi esempi di valutazione che sono o diventano parte integrata del progetto educativo globale e che consentono di motivare approcci partecipativi. Andrebbe fatto un più vasto uso di questi esempi.»<sup>577</sup>

- Il punto di criticità più rilevante che individuiamo in tutti i sistemi di valutazione è che se lo scopo delle indagini è quello di verificare competenze scientifiche in situazione, abbiamo in effetti attraverso i test così come sono proposti, solo la possibilità di simularle, in quanto non sono assegnate reali prove sperimentali anche molto semplici.

Oltre a tutto quanto abbiamo esposto esiste il rischio che questo tipo di valutazione condizioni il modo di valutare gli apprendimenti degli studenti da parte dei docenti che potrebbero tendere a sottovalutare, per esempio, l'importanza della valutazione orale, l'unica che invece consente la più ampia flessibilità possibile e che favorisce l'individuazione di punti dove si annidano i problemi o blocchi nella comprensione. Non ha alcun senso una valutazione che non abbia come obiettivo la promozione della persona, in un contesto che favorisca la messa in azione delle proprie capacità. I dati statistici esprimono segnali allarmanti riguardo alla scuola: il 38% degli studenti italiani dichiarano di non voler andare a scuola. Per questo motivo, occorrerebbe mettere in primo piano l'aspetto della formazione docenti, l'unica vera carta da giocare per garantire il miglioramento della qualità di apprendimento<sup>578</sup>. Da questo punto di vista nuove metodologie innovative vengono citate in letteratura per la loro efficacia didattica come la *organizational learning*<sup>579</sup>. Essendo la scuola una realtà non isolata che si nutre delle relazioni tra docenti, studenti, genitori e dei servizi offerti dal territorio locale, riteniamo questo nuovo filone di studi ricco di spunti di riflessione, nonostante al momento non abbia ancora offerto risultati significativi nella sua fase attuativa da un punto di vista statistico. Anche i sistemi di valutazione esterni internazionali che abbiamo analizzato non sono in grado di tenere presente

---

<sup>577</sup> Ibidem p. 209.

<sup>578</sup> Ibidem p. 222.

<sup>579</sup> La traduzione italiana di questo termine è: Apprendimento organizzativo. Si caratterizza per la promozione della capacità creativa e progettuale della persona nel suo contesto relazionale e sociale che si realizza attraverso fasi operative tra loro concatenate grazie a cui avviene la trasformazione delle informazioni in sapere. La conoscenza condivisa nelle relazioni interpersonali, comprende anche quella tacita introdotta da Polanyi di cui abbiamo parlato nel paragrafo 1.5.4 del primo capitolo. Per approfondimenti si può vedere Chiosso G. C[2009], p. 52. Si legga anche: Scheerens J., *L'istruzione intesa come sistema adattivo complesso: implicazioni per gli studi sull'efficacia educativa*, in Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008], pp. 169-171.

questi aspetti dal punto di vista del modello statistico adottato, sebbene attraverso la somministrazione di questionari nelle prove OCSE-PISA e TIMSS (a studenti e ai dirigenti nelle indagini scolastiche nel caso dell'indagine di OCSE-PISA) sia possibile recuperare ulteriori informazioni che riguardano il contesto scolastico incrociando tali risposte coi risultati dei test.

## **5.9 Elenco degli articoli di *Emmeciquadro* selezionati**

Alla fine della nostra esposizione elenchiamo gli articoli che ci sono parsi più significativi rispetto all'argomento trattato in questo capitolo. Quelli che sono dotati di contrassegno § sono quelli più densi di contenuto che hanno contribuito alla stesura di questo capitolo. Essi sono riportati nell'*Archivio degli articoli Emmeciquadro ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate* con il titolo: *Valutazioni esterne del sistema scolastico per Scienze e Matematica*.

Il loro contenuto riguarda la descrizione e i commenti (in base all'approccio sistemico da noi considerato) alle prove internazionali esterne internazionali OCSE-PISA (somministrate ai quindicenni) e TIMSS (somministrate agli studenti frequentanti la quarta primaria e la terza secondaria di primo grado) e alle prove nazionali INValSI (somministrato alle classi di tutti gli ordini di scuola).

## TERZA PARTE

### Esperienze sul campo

#### 6. La mia collaborazione presso la rivista *Emmeciquadro*

In questo capitolo si intende descrivere le attività che mi hanno impegnato durante questi anni per quanto riguarda la collaborazione presso la rivista <sup>580</sup>.

In primo luogo ho steso recensioni di libri ritenuti utili per la formazione dei docenti e pubblicato articoli e interviste a personalità rilevanti dal punto di vista scientifico. Tali produzioni sono elencate in maniera completa tra gli allegati a questo capitolo in un file dal titolo *Articoli Emmeciquadro* con specificazione del sito o della pubblicazione dove possono essere recuperate. In questo elenco sono reperibili in particolare anche i quattro articoli che descrivono i due percorsi, su cui mi soffermerò più avanti, che descrivono la mia esperienza personale di formazione docenti (tali articoli sono citati anche in bibliografia). Ho inoltre partecipato alla strutturazione di alcuni articoli <sup>581</sup> che consiste nel posizionare e scegliere le immagini, correggere le bozze ecc.

Queste attività sono quelle che possiamo definire di tipo redazionale.

Quando la rivista è diventata on-line ho collaborato con Roberto Sanvito, il membro della redazione responsabile del caricamento degli articoli dei nuovi numeri e di archivio sul sito web. Alcuni degli articoli attualmente contenuti nell'archivio sono elencati nella bibliografia a fine capitolo sotto il titolo *Archivio Storico Emmeciquadro*, opportunamente classificati in base agli argomenti che trattano. Gli articoli dotati di contrassegno (\* o §) sono quelli ritenuti più importanti per ogni argomento; per questo motivo alcuni di essi sono citati in questo testo. Nel caso gli articoli siano caricati sul sito si è provveduto a indicare l'indirizzo web attraverso cui possono essere reperiti. Questo lavoro di reperimento degli articoli pregressi ritenuti più significativi mi ha dato lo spunto per la progettazione di una mappa concettuale che ne consente il reperimento dall'archivio in base ad un ordinamento logico che ricalca, nelle sue linee essenziali, la struttura del presente progetto di tesi. Tale mappa, sotto forma di tabella così come è

---

<sup>580</sup> Tutte le cartelle e i file citati in questo capitolo si trovano nella cartella Cap.6-Allegati.

<sup>581</sup> Si veda l'allegato *miniera Bessa* che contiene le fasi di lavoro numerate, dalla bozza e le immagini opportunamente selezionate (prima fase) alla *trascrizione testo* fino a giungere all'obiettivo finale, ovvero l'*articolo definitivo*.

consentito dalla piattaforma, sarà caricata a partire dal 2013. Essa è riportata nell'allegato *mappa archivio* con il nome di *mappa 2 Emmeciquadro*. L'altra mappa contenuta nell'allegato (*mappa 1 Emmeciquadro*), che non ha la struttura di una tabella, è la prima che avevo ideato e che attualmente, per come è strutturato il sito, non è possibile caricare in questa forma.

## 6.1 I gruppi di ricerca della scuola primaria e secondaria di primo grado

Un altro aspetto molto importante di impatto notevole sulle mie esperienze personali di formazione dei docenti, è stata la partecipazione ai gruppi di ricerca di insegnanti di Scienze di scuola primaria e secondaria di primo grado guidati da Speciani e Bergamaschini, già citate nel capitolo 3. E' in questo ambito che, infatti, hanno avuto origine e preso corpo due percorsi di formazione rivolti a due docenti che partecipano ai gruppi di ricerca: *Incontrare l'acqua* nella classe terza primaria con il maestro Paolo Moraschini e *Il moto dei pianeti del Sistema Solare* in una classe terza secondaria di primo grado con la professoressa Maria Micheletti. In entrambi i casi la formazione prevedeva alcuni miei interventi all'interno delle classi in qualità di esperto. Il primo percorso <sup>582</sup> si è svolto nella classe terza A della scuola statale primaria "Don Milani" di Cernusco Sul Naviglio durante il secondo quadrimestre dell'anno scolastico 2010-2011. Il secondo <sup>583</sup> tra Marzo e Aprile 2012 presso la classe terza della s.m.s. "Matteo Ricci" di Milano. Gli argomenti trattati in classe sono stati discussi con il docente prima e dopo le lezioni. Di essi viene monitorata da un lato l'efficacia sugli studenti dal punto di vista del loro apprendimento e soprattutto dell'assimilazione di una mentalità scientifica. Dall'altro l'esito formativo sui docenti di cui parleremo più diffusamente quando tratterò il tema della verifica delle competenze lato docente.

### *Il metodo di lavoro*

---

<sup>582</sup> Per prendere visione degli articoli, si legga Correale N. Y[2011] e Y[2012].

<sup>583</sup> Per prendere visione degli articoli, si legga Correale N. Z[2012a] e Z[2012b].

Descrivo ora la modalità di lavoro seguita all'interno dei gruppi di ricerca facendo riferimento ai due autori particolarmente autorevoli Hans Freudenthal e Richard Sennett. Si potrà così mettere a fuoco gli aspetti innovativi e interessanti in modo tale da offrire spunti di lavoro ad altri docenti che fossero interessati ad arricchire le proprie competenze adottando questo stesso metodo nel caso sia giudicato convincente. Si tenga presente che, come abbiamo esposto nel capitolo 4 <sup>584</sup>, ricerche recenti e autorevoli hanno dimostrato l'efficacia della ricerca azione per lo sviluppo nel tempo delle competenze dei docenti; essa offre infatti l'opportunità di collaborare e soprattutto di paragonarsi con docenti dalla consolidata esperienza di insegnamento e nella ricerca didattica. Approfondisco ora la modalità di lavoro seguita tenendo anche presenti le risposte ai questionari che ho proposto ai docenti per avere dei riscontri sull'efficacia dei gruppi di ricerca (Le interviste sono contenute nella cartella *Questionario gruppi di ricerca*). Nell'ambito del gruppo di ricerca avviene un interscambio e condivisione stabile e continuativa nel tempo di esperienze di insegnamento. Le discussioni seminariali vertono su determinati aspetti ritenuti importanti in base alle richieste dei docenti, agli stimoli che provengono dall'ambiente scolastico, compresi gli eventuali provvedimenti o direttive ministeriali. Le linee guida delle tematiche che vengono affrontate sono scandite in fasi successive precisate nell'ordine del giorno inviato prima di ogni incontro. Esse vengono corrette e modificate in itinere tenendo conto sempre dei suggerimenti o domande che sorgono ai docenti durante la loro esperienza in classe. A titolo di esempio, negli scorsi anni si è riflettuto sul tema della verticalità o delle competenze, stimolando i docenti a produrre relazioni contenenti tracce di lavoro utili a livello didattico. Infatti un aspetto importante che le referenti guida invitano i docenti a prendere in considerazione, è la verbalizzazione e comunicazione, in particolare dei percorsi realizzati in classe. Tale modalità è ritenuta basilare al fine di favorire nei docenti la presa di coscienza dei processi di apprendimento osservati in corso d'opera. Accade spesso che i percorsi o le esperienze più significative vengano presentate e discusse durante i seminari attraverso del materiale documentativo (slide, relazioni, foto, ecc.).

Analogamente a quanto già considerato riguardo alla valutazione degli apprendimenti degli studenti nel capitolo 3, anche in questo caso non viene vagliato l'operato dei

---

<sup>584</sup> Si veda il paragrafo 4.7.1.

docenti attraverso la proposta di test uniformi ritenuti erroneamente oggettivi solo perché offrono la possibilità di registrare informazioni in forma quantitativa. Si tratta invece di stimolarli a giudicare un'esperienza complessivamente facendo tesoro del positivo che ne è scaturito per se stessi proponendolo ad altri in modo tale da favorire la diffusione di analoghe conquiste. In questo senso non viene richiesto semplicemente un resoconto dei risultati degli apprendimenti degli studenti – aspetto sicuramente non marginale e non riducibile a procedura meccanica – piuttosto è ritenuto fondamentale aiutare il docente a capire le ragioni di ciò da cui egli è stato provocato durante le lezioni, evidenziando anche possibili miglioramenti che a posteriori si rende necessario apportare:

«Un insegnante dopo la scuola può essere colpito dall'idea che “oggi è stato diverso”. E' vero che il suo lavoro è stato diverso, e se è vero, in che cose e perché? L'analisi delle anime non è un'impresa alla portata di tutti, ma il cambiamento accidentale può essere il germe di una ricerca, così come la ricerca può condurre al cambiamento.»<sup>585</sup>

Per progredire nella propria formazione di docente Freudenthal mette in evidenza l'importanza di annotare e comunicare tutti i passi del processo conoscitivo degli studenti. Tale aspetto è individuato come fondamentale in qualsiasi tipo di ricerca si voglia condurre – dunque anche in ambito didattico; infatti solo in questo modo sarà possibile garantire la ripetibilità dell'evento:

«La conoscenza può essere presentata con successo come un prodotto se il processo della sua acquisizione è riproducibile; si tratta di una caratteristica della scienza allo stato grezzo. Se questa condizione non è soddisfatta, la conoscenza presentata senza la descrizione dei processi con i quali è stata ottenuta, manca di quella razionalità che distingue la conoscenza scientifica dai dogmi. Non è dimostrata, non è discussa, non è fondata o così appare. Come si può trasferire questa conoscenza agli altri; come possono costoro reinventare, se sono tenuti all'oscuro di ciò che è il più essenziale? La questione è particolarmente urgente nel caso dello sviluppo nell'ambito dell'educazione. Non basta conoscere i risultati, perché se ne possono dare varie interpretazioni.»<sup>586</sup>

Le considerazioni appena emerse sono fondamentali, soprattutto in un momento storico come il nostro in cui si dà importanza alla dimensione “giuridica” del docente – vale a

---

<sup>585</sup> Freudenthal H. E[1994], p. 200.

<sup>586</sup> Freudenthal H. E[1994], pp. 202-203.



dire a quegli aspetti prettamente formali come il numero di ore di lavoro, le valutazioni prodotte – a discapito di quella “funzionale” che inerisce ciò che realmente qualifica l’efficacia dell’insegnamento. Questo è quello che rileva anche Sennett nell’ambito di qualunque realtà lavorativa:

«Che cosa intendiamo per lavoro di buona qualità? Una risposta fa riferimento a come una cosa dovrebbe essere fatta, l’altra riguarda il fare in modo che una cosa comunque funzioni. È questa la differenza tra correttezza e funzionalità. In linea ideale, le due cose non dovrebbero essere in conflitto; ma nel mondo reale il conflitto c’è.»<sup>587</sup>

Tenendo conto anche di queste tendenze un po’ preoccupanti e seguendo il suggerimento di Freudenthal,

«ormai stanno guadagnando terreno i test aperti, le interviste e le osservazione dei processi di apprendimento; ed una intersoggettività ben predisposta ad una certa probabilità di sostituire la fuorviante pretesa di obbiettività.»<sup>588</sup>

oltre ad esaminare i contenuti e i metodi adottati dai docenti nei percorsi proposti – aspetto già affrontato nel capitolo 3 e che perciò non ripeto – si è provveduto ad intervistare ciascun docente partecipante ai gruppi di ricerca con lo scopo di far emergere come è avvenuta e in cosa è consistita la maturazione dell’esperienza personale di formazione. In questo senso i gruppi di ricerca stessi, non solo la rivista considerata in modo a sé stante, si offrono come esempio paradigmatico riproducibile al fine di prolungare efficacemente l’esperienza di formazione dei docenti in servizio. Anche Freudenthal nota come nell’ambito di una ricerca didattica che sia efficace, sia importante procedere attraverso una «continua consapevolezza di ciò che sta accadendo in uno stato di riflessione permanente.»<sup>589</sup> Nel passo seguente esplicita la sua caratteristica essenziale:

---

<sup>587</sup> Sennett R. E[2008], p. 51.

<sup>588</sup> Freudenthal H. E[1994], p. 196.

<sup>589</sup> Freudenthal H. E[1994], p. 203.

«Ricerca nel campo dello sviluppo significa: sperimentare il processo ciclico di ricerca e sviluppo in modo così consapevole, e fare resoconti così sinceri da giustificarsi da soli, e in modo che questa esperienza possa essere trasmessa agli altri, così da diventare la loro stessa esperienza.»<sup>590</sup>

Anche nell'ambito della formazione docenti, si nota che può essere applicato il metodo della ricorsività verticale: un processo di approfondimento dei criteri di partenza permesso attraverso una loro verifica continua nel tempo, come ho già descritto nel capitolo 3 a proposito della formazione rivolta agli studenti.

### *I questionari proposti ai docenti*

Prendendo visione dei questionari proposti ai componenti dei gruppi di ricerca si riscontra l'importanza decisiva che essi hanno per stimolare la rivisitazione critica e la riflessione sull'esperienza didattica. Tale aspetto emerge soprattutto dall'affronto dei contenuti in maniera più ordinata, chiara e organica e dalla migliore comprensione dei punti nodali su cui soffermarsi. Questo avviene attraverso la condivisione dei percorsi che «favorisce il sorgere di domande significative a proposito della scelta di contenuti, metodi e strumenti»<sup>591</sup>. Spesso accade naturalmente, come per “osmosi”, che i docenti ripropongano l'approccio adottato nell'ambito dei gruppi di ricerca anche nei collegi delle scuole di provenienza, dove viene riconosciuto e apprezzato il lavoro svolto dai colleghi appartenenti al gruppo di ricerca (quanto esposto accade in particolare nella primaria<sup>592</sup>). Questa osservazione è importante nell'ottica di concepire i gruppi di ricerca non come ambiti chiusi e auto-referenziali: dalle risposte dei docenti si comprende che l'impatto sull'ambiente scolastico è positivo e i docenti del gruppo di ricerca diventano spesso dei punti di riferimento per gli altri colleghi. Un ultimo aspetto che val la pena evidenziare riguarda la differenza riscontrata tra alcune delle risposte fornite dai docenti della primaria e quelli della secondaria. Dai primi trapela che esistono maggiori occasioni di condivisione delle esperienze didattiche con i colleghi delle scuole di provenienza (forse questo dipende da un'organizzazione della scuola

---

<sup>590</sup> Freudenthal H. E[1994], p.203.

<sup>591</sup> Frase estrapolata dalle risposte al questionario di Tiziana Maria Villa, Preside della scuola La Zolla.

<sup>592</sup> A questo proposito si veda, come esempio, la relazione esposta da Mara Durigo e contenuta nell'allegato *Questionario docenti* di questo capitolo col nome *Relazione scuola Durigo*. In essa è illustrato il lavoro scaturito dai gruppi di ricerca e continuato nella propria scuola di appartenenza.

primaria rispetto alla secondaria che agevola scambi comunicativi tra i docenti); inoltre alcuni maestri esplicitano la necessità di partecipare ai gruppi di ricerca per acquisire competenze scientifiche che non hanno avuto modo di maturare precedentemente durante il loro percorso di formazione. Dai secondi quest'ultimo aspetto ovviamente non è mai citato in quanto la competenza scientifica non manca (eccetto qualche carenza per i fisici nella biologia e per i biologi nella fisica) perché c'è alle spalle una preparazione universitaria specifica. Piuttosto si rende più necessario un approfondimento di tipo culturale più generale che riguarda l'approccio più consono da adottare negli argomenti che si propongono.

### 6.1.1 La diffusione dei percorsi

La diffusione ulteriore del metodo di lavoro e dei suoi contenuti, avviene attraverso la rivista *Emmeciquadro*, in modo da permettere la fruizione dei percorsi, ma soprattutto la condivisione di metodi e contenuti da parte di altri docenti. La comunicazione dei percorsi sulla rivista diventa così uno strumento di formazione.

Mi pare opportuno segnalare che gli articoli della rivista che hanno come contenuto la descrizione dei percorsi didattici messi in atto nella scuola Primaria e Secondaria, sono riportati in fondo a questo testo nell'*Archivio degli articoli Emmeciquadro ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate*.

Per sondare l'efficacia della rivista da questo punto di vista, sono stati considerati il numero degli abbonamenti della rivista in formato cartaceo e i dati degli accessi al sito dal momento del passaggio on-line. Per quanto riguarda i primi il numero di abbonamenti si è sempre aggirato intorno a una media di 300 abbonamenti a cui bisogna aggiungere 350 copie vendute e devolute in omaggio (anche dei numeri arretrati non venduti) in occasioni particolari (convegni, iniziative di formazione ecc.). Invece dopo il passaggio on-line, la redazione del quotidiano *Il sussidiario.net* (il cui sito, ricordiamo, ospita *Emmeciquadro*) ci ha comunicato che il numero di accessi al mese alla rivista sono passati da 5000 nei primi mesi (fino ad Aprile 2012) a 9000; di questi, 6500 sono accessi unici, ovvero sono utenti con indirizzo di rete IP diverso. I rimanenti 2500

corrispondono invece a indirizzi IP che ritornano sulle pagine di *Emmeciquadro*<sup>593</sup>. Si riscontra, perciò, che la sua diffusione è notevolmente aumentata. Ulteriori vantaggi del passaggio on-line sono da un lato (come abbiamo già menzionato) la possibilità di ripresentare alcuni fra gli articoli più significativi pubblicati in precedenti numeri, valorizzando il patrimonio culturale arricchitosi negli anni; dall'altro di fornire ulteriori documentazioni di argomenti trattati negli articoli (immagini, testi e in futuro potranno essere caricati piccoli filmati o registrazioni) che sono contenuti negli approfondimenti. Il limite che invece si riscontra è che i lettori rischiano di cogliere meno facilmente l'impostazione unitaria della rivista fondata su precisi riferimenti culturali, essendo la modalità di utilizzo tendenzialmente focalizzata solo su certi argomenti di particolare interesse. Inoltre si può presumere che le letture on-line siano più frequentemente fugaci e poco approfondite rispetto a quelle degli abbonati alla rivista cartacea precedenti; tuttavia tali cambiamenti sono connessi ad evoluzioni sociali e culturali che inevitabilmente comportano anche dei limiti. Per sondare la diffusione della rivista si è comunque tenuto conto, attraverso una ricerca di tipo qualitativo, anche degli esiti delle interviste rivolte ai docenti del gruppo di ricerca tenendo presente le risposte alle domande inerenti questo tema. Da esse si è dedotto che tutti leggono la rivista, la maggior parte ritiene più utile per la propria formazione la lettura degli articoli didattici. Per quanto riguarda i criteri acquisiti dalla rivista e ritenuti importanti, i docenti evidenziano: il punto di partenza dell'indagine scientifica costituito dall'osservazione della realtà; l'approccio sperimentale rigoroso evitando derive tipiche di certa divulgazione scientifica che tende alla spettacolarizzazione; la concezione del sapere scientifico unitario e certo; «le caratteristiche strutturali del sapere scientifico in relazione alla categorialità dell'alunno»<sup>594</sup>; la ricerca scientifica presentata come avventura umana affascinante attraverso la conoscenza di scienziati particolarmente significativi.

---

<sup>593</sup> Il Direttore di *Il Sussidiario* ritiene che l'esperienza di *Emmeciquadro* sia un esempio di successo del quotidiano.

<sup>594</sup> Frase estrapolata dalle risposte al questionario di Tiziana Maria Villa, Preside della scuola secondaria di Primo grado La Zolla.

## 6.2 Struttura generale dei percorsi nati nell'ambito dei gruppi di ricerca

In questa sezione desidero esplicitare con precisione la struttura dei due percorsi (che in seguito descriveremo) *Incontrare l'acqua* e *Il moto dei pianeti del Sistema Solare* giustificando le mie scelte. Le considerazioni tratte saranno di carattere generale, in modo tale da rendere possibile l'adozione di questa impostazione a qualunque percorso di scienze voglia essere affrontato. In questo senso l'esposizione che viene presentata non va intesa esclusivamente come spiegazione dei due percorsi da me realizzati e monitorati, i quali costituiscono semplicemente due possibili esemplificazioni. Piuttosto vanno concepite come linee di lavoro a cui si può far riferimento se si condividono i criteri di fondo esposti nella prima parte di questo testo. Un'altra precisazione che occorre fornire è la seguente: ho preferito esporre solo in questo paragrafo alcuni elementi del percorso che analizzerò – in particolare mi sto riferendo ai pre-requisiti, agli obiettivi, alle competenze e la loro verifica – evitando di ripeterli nei paragrafi successivi in cui presento effettivamente i percorsi, dove saranno specificati esclusivamente degli aspetti specifici caratterizzanti il percorso stesso. Questa scelta è dettata dal fatto che intendo evitare un'eccessiva frammentazione mostrando la prospettiva globale entro cui sono inseriti tutti i percorsi.

Prima di procedere ritengo sia opportuno ricordare alcuni presupposti imprescindibili per affrontare un *percorso* scientifico per non impoverire la proposta dal punto di vista formativo. Alcuni dei contenuti che saranno esposti sono stati già espressi nel terzo capitolo; tuttavia essi verranno esplicitati attraverso le riflessioni dei docenti con cui ho collaborato, così che può essere colta l'occasione per documentare il loro percorso formativo. Scrive l'insegnante della classe Maria Micheletti <sup>595</sup>:

«Credo sia importante che le attività si sviluppino a partire da una domanda semplice e mirata che scaturisce osservando una situazione o un fenomeno, per esempio l'alternanza delle stagioni. In questo caso, chiedendo ai ragazzi: "perché ci sono le stagioni?" ci si rende conto che la risposta non è affatto scontata ma che richiede tra l'altro lo studio del moto di rivoluzione della Terra e l'uso del linguaggio matematico in particolare della goniometria.»

---

<sup>595</sup> Tutte le citazioni riportate in questo paragrafo provengono dalla relazione scritta dalla Prof.ssa Micheletti a conclusione del percorso, reperibile nella cartella allegata a questo capitolo: *Il sistema solare*.

Partire da una domanda stimola gli studenti a formulare ragionamenti in modo ordinato in base a osservazioni nuove e a conoscenze pregresse. Con questa impostazione può essere educato un corretto approccio scientifico evitando di ridurre il metodo a una procedura. Infatti la formulazione delle ipotesi, caratteristica del metodo scientifico, nasce dal desiderio di capire la realtà in cui ci si imbatte andando a fondo di una specifica problematica che si decide di affrontare. L'avventura della conoscenza non può che partire da questo desiderio di soddisfare la propria curiosità intesa come una delle esigenze elementari costitutive di ogni persona. In questo senso il compito primario del docente è quello di risvegliare le domande negli studenti e guidarli a esplicitarle. Annota Maria Micheletti:

«Accade spesso che esse siano come sopite e non più spontanee nei ragazzi, per tantissime ragioni. Sicuramente mi rendo conto che durante le lezioni a volte, per paura di *andare fuori tema* o di *non concludere ciò che ho programmato*, tendo a classificare con troppa fretta le domande dei ragazzi in *pertinenti e non pertinenti*, senza avere la pazienza di capire la domanda *vera* che a volte si nasconde dietro un intervento poco chiaro. Così favorisco quella tendenza che hanno gli alunni di questa età a non farsi provocare, convincendosi così, in modo non del tutto consapevole, che non sia interessante e bello indagare la realtà.»

### 6.2.1 Pre-requisiti conoscitivi

I percorsi iniziano con la specificazione delle conoscenze pregresse che gli studenti si presume debbano possedere per poter affrontare il percorso. Esse possono derivare da giudizi dedotti dalle proprie percezioni sensitive, da esperienze precedenti o da altri percorsi collegati all'argomento precedentemente svolti. Per esempio, nel caso del percorso che ho svolto nella primaria la maggior parte delle conoscenze da cui sono partita per sviluppare le unità di apprendimento, derivavano dall'uscita sui Navigli. Per quanto riguarda il percorso sul Sistema Solare sono partita con la riflessione dei contenuti emersi durante l'uscita al Planetario e all'osservatorio astronomico. Inoltre, soprattutto per quanto riguarda la scuola secondaria di primo grado, risulta fondamentale aver acquisito alcune conoscenze di base che vengono consolidate attraverso il percorso e che riguardano: la matematica (come le proporzioni, le

rappresentazioni grafiche), il metodo scientifico, le unità di misura del Sistema Internazionale.

### 6.2.2 Obiettivi

Successivamente vengono specificati gli obiettivi che si intendono perseguire sia per quanto riguarda la formazione dei docenti che degli studenti.

#### *Lato docente*

In questa sezione viene formulato l'obiettivo formativo rivolto ai docenti per quanto riguarda i contenuti specifici del percorso che viene affrontato.

Il mio compito consiste nel supportare il docente migliorando la propria formazione concettuale riferita ai fondamenti disciplinari e didattici connessi agli argomenti proposti. Quando saranno descritti i percorsi si eviterà di riportare tali obiettivi per due ragioni. Prima di tutto perché dipendono dalla preparazione di partenza del docente con cui si collabora: talvolta è carente una preparazione sul versante sperimentale, talvolta su quello teorico a seconda dell'attività che viene proposta. Secondariamente essi sono strettamente correlati ai contenuti proposti, che saranno dettagliati durante la descrizione dei percorsi, e agli obiettivi generali e specifici di ogni percorso. Va da sé che gli obiettivi lato docente consisteranno nelle strategie e attività predisposte finalizzate al conseguimento degli obiettivi di apprendimento da parte degli studenti, che saranno specificate durante la descrizione e la tabella riassuntiva delle conoscenze e abilità attese in cui si specificano anche i metodi e gli strumenti adottati (a questo proposito si veda il punto successivo).

#### *Lato studente (specificazione di conoscenze e abilità e di metodi e strumenti adottati)*

L'aspetto che affronto ora richiede, invece, di essere spiegato approfonditamente. Per obiettivi si intende l'esplicitazione analitica delle abilità e conoscenze che si ritiene gli studenti debbano raggiungere svolgendo il lavoro proposto dal docente in ogni unità di apprendimento che costituisce il percorso. Tale lavoro viene descritto attraverso degli

indicatori che costituiscono le azioni richieste dal docente agli studenti nelle attività proposte. Più azioni puntuali, svolte in ogni unità di apprendimento, danno la possibilità agli studenti di raggiungere determinate competenze; per questo motivo vengono definite *azioni formative*. Esse sono state raggruppate in 6 nuclei fondamentali: osservare, eseguire, misurare, descrivere, confrontare, collaborare. Le prime quattro azioni sono riportate in successione logica, che spesso coincide anche con quella temporale, anche se tale sequenza non va concepita in maniera rigida o riproducibile sempre allo stesso modo. Può succedere, ad esempio, che si descriva un fenomeno mentre lo si osserva o che lo si descriva senza osservarlo direttamente ma avendolo ben presente. Inoltre preciso che le azioni elencate possono anche non comparire tutte quante all'interno di un'unità di apprendimento in quanto alcune di esse sono più articolate (come è il caso di quella in cui sono effettuati gli esperimenti), altre sono più brevi in quanto riferite solo a uno o pochi aspetti specifici nell'ambito del percorso. Le ultime due azioni affiancano tutte le altre; infatti quando si lavora in gruppo, talvolta in classe, la cooperazione, il dividersi i compiti, sono aspetti fondamentali che qualificano e supportano il lavoro che si sta svolgendo insieme, di qualunque natura esso sia. Quando gli studenti lavorano in gruppo può essere vantaggioso che l'insegnante tenga presente le strategie di *cooperative learning*<sup>596</sup> e può essere necessario cambiare la disposizione dei banchi. L'unità di lavoro scelta viene specificata attraverso questo indicatore (se la persona, il gruppo o la classe). Per quanto riguarda l'azione del confrontare, essa consente all'allievo di prendere consapevolezza sia dei fenomeni che egli osserva, esegue, misura e/o descrive; sia degli eventi (anche storici), e/o delle azioni che egli prende in esame o sente raccontare mettendoli in relazione tra loro in una prospettiva sintetica e unitaria. Se non ci fosse una costante sollecitazione da parte dell'insegnante o dell'esperto che aiutano gli studenti a riflettere sui fenomeni e gli eventi osservati e presi in considerazione, il percorso di apprendimento dell'allievo assumerebbe una forma schematica e meccanica perdendo di significato. Per questo motivo tale azione è costantemente presente, in tutte le unità di apprendimento svolte. Ad ogni azione elencata corrisponde una o più conoscenze e abilità che il docente si prefigge di far acquisire agli allievi. I metodi e gli strumenti utilizzati dal docente sono

---

<sup>596</sup> Le strategie di *cooperative learning* sono simili a quelle di *organizational learning* di cui abbiamo parlato nel paragrafo 5.7 del capitolo 5. Per maggiori approfondimenti si veda Chiosso G. C[2009], p. 38.



scelti in base agli obiettivi di apprendimento degli studenti e corrispondono alle strategie predisposte dall'insegnante o dall'esperto per perseguire tale scopo formativo. In questo senso tra metodi, strumenti e contenuti, di cui si valuta l'apprendimento e che costituiscono gli obiettivi formativi, esiste una così stretta correlazione che non credo sia possibile separare questi elementi. Per questo motivo ho ritenuto opportuno riportarli sotto forma di una tabella, in quanto essa permette, per ogni azione eseguita dagli studenti (menzionata nelle righe della tabella) di cui si valuta la conoscenza o abilità, specificare i metodi e strumenti utilizzati dal docente o dall'esperto. La tabella può essere utilizzata per altri tipi di percorsi, salvo qualche piccolo adattamento dove sono state scritte in rari casi delle attività particolari specifiche dei percorsi svolti. Gli obiettivi raggiunti – in termini di conoscenze e abilità – e i metodi e gli strumenti, costituiscono le colonne della tabella. Faccio notare che i metodi utilizzati comprendono anche le tipologie comunicative scelte dall'insegnante e sono strettamente connessi agli strumenti o materiali utilizzati, conferendo caratteristiche specifiche alle unità di apprendimento. Comprendono inoltre la specificazione della presenza dell'esperto (per comodità dichiarata solo in corrispondenza alla prima azione elencata).

Infine mi sembra opportuno esplicitare una considerazione importante. Alla fine del terzo capitolo si è parlato di competenze presentando uno schema organico. Invece in questa sede ho preferito specificare le conoscenze e abilità. Le due modalità seguite non sono in contrapposizione fra loro: sono semplicemente due punti di vista diversi altrettanto validi. Poiché in questo capitolo si descrive puntualmente il lavoro svolto durante i percorsi, specificando anche i metodi e gli strumenti adottati, ho preferito dare questo taglio, riassumendo sinteticamente le competenze attese all'inizio di ogni percorso da parte degli studenti e specificando analiticamente per ogni unità di apprendimento proposta le conoscenze e abilità acquisite che, prese tutte insieme, concorreranno all'acquisizione delle competenze<sup>597</sup> (che elencheremo nel punto successivo). Qui di seguito è riportata una tabella riassuntiva degli obiettivi di apprendimento che si intende raggiungere, elencando una serie di metodi e strumenti che va considerata come esemplificativa che potrà essere personalizzata e arricchita in

---

<sup>597</sup> Per approfondimenti riguardo a cosa intendiamo per competenze e per conoscenze e abilità operando le dovute distinzioni tra questi termini, rimandiamo al paragrafo 3.4 del capitolo 3.

base a specifiche esigenze <sup>598</sup>. Preciso che una tabella analoga sarà riportata nel caso della primaria anche nella prima unità di apprendimento descritta nelle successive unità specificando le variazioni da apportare, nel caso della secondaria una complessiva dopo aver descritto le unità di apprendimento.

	<b>Conoscenze</b>	<b>Abilità</b>	<b>Strumenti</b>	<b>Metodi</b>
<b>Osservare</b>	sa cogliere elementi o aspetti essenziali dei fenomeni naturali utilizzando disegni schematici o modelli in genere	sa produrre tabelle, griglie, sequenze ordinate di dati; sa annotare le osservazioni compiute; è attento	quaderno o foglio, lavagna, proiettore, cartelloni, macchina fotografica	Uscite o attività con gli strumenti scelti che aiutano la spiegazione/osservazione; utilizzo del contributo dell'esperto; Utilizzo di registri comunicativi narrativo/ recitativo
<b>Eeguire</b>		sa maneggiare il materiale a disposizione secondo procedure prestabilite	materiale dell'esperimento / attività	Sperimentale: attività con gli strumenti scelti che consentono l'esecuzione (es.:compilazione di tabelle, disegno)
<b>Misurare</b>	Per la secondaria: Comprendere il significato di incertezza della misura, approssimazione e di dati quantitativi (cifre significative)	sa utilizzare gli strumenti di misurazione	materiale dell'esperimento	Sperimentale: attività con gli strumenti scelti che consentono la misurazione
<b>Descrivere</b>	sa comunicare e scrivere correttamente e in ordine logico; sa utilizzare le sue conoscenze matematiche	sa descrivere e interpretare aspetti della realtà attraverso altri linguaggi non verbali (grafici, schemi, disegni) o metodi (solo per la secondaria) deducendo relazioni matematiche	quaderno o foglio	Ripetizione di parole chiave e di concetti per memorizzarli; produzione scritta e orale
<b>Collaborare</b>		sa coordinare le proprie mansioni con quelle degli altri collaborando	materiale dell'esperimento /attività (cartelloni,	Lavori in gruppo; partecipazione costruttiva con i compagni di classe

<sup>598</sup> Per la descrizione di abilità e conoscenze contenute nella tabella si sono prese come riferimento le abilità delle prove INValSI 2008-09 illustrate nel paragrafo 5.5.

		positivamente coi compagni	mappe)	
<b>Confrontare</b>	sa cogliere (e dedurre per la secondaria) relazioni causali e analogie con altri contenuti trattati anche provenienti da altre discipline; sa cogliere distinzioni tra fasi diverse di tipo sperimentale e tra ipotesi diverse di spiegazione		diversificati	Ricorsivo; tecnica di brainstorming; sollecitazione con domande; esempi che consentono di scoprire analogie tra i contenuti

### 6.2.3 Competenze attese

#### *Lato docente*

Anche in questo caso valgono le considerazioni esposte nel paragrafo che mette a tema gli obiettivi lato docente. Aggiungo inoltre che le competenze attese dal docente per quanto riguarda i contenuti specifici del percorso sono costituite dalla capacità e dall'efficacia dimostrata nel comunicare e accompagnare gli studenti durante le attività che descriverò. Di conseguenza le competenze attese lato docente non saranno descritte all'interno dei percorsi. Mi limito in questa sede a mettere in rilievo quegli aspetti generali che ritengo debbano essere curati più attentamente riportando, se necessario, quando la competenza menzionata riguarda uno specifico ordine di scuola:

- Partire dalle preconcoscenze degli studenti per organizzare e affrontare adeguatamente situazioni di apprendimento significativo;
- dedicare tempi ampi alla discussione, al dialogo, al confronto alla riflessione su quello che si fa;
- individuare nel linguaggio corrente i modi di esprimersi in accordo o disaccordo con i corretti termini scientifici;
- fornire agli studenti strumenti di lettura analitica e critica della "complessità" del mondo naturale, (solo per la secondaria) stimolandoli ad applicare il metodo scientifico in contesti ambientali e sociali;

- *Per la secondaria*: riflettere sui modi di procedere della scienza, sulle sue specificità e sui suoi vincoli, anche culturali e sociali, trasmettendo agli studenti l'idea che la scienza è un cammino di conoscenza che si sviluppa partendo da domande chiave che permettono di comprendere i fenomeni.

### *Lato studente*

Elenco ora le competenze attese da parte dello studente riportando anche in questo caso, se necessario, l'ordine di scuola quando la competenza menzionata è molto specifica.

- Saper utilizzare strumenti di misura di diversa sensibilità e precisione, comprendendone l'importanza e individuando le grandezze che si intende misurare e scartando quelle che invece non sono influenti.
- Individuare e distinguere gli aspetti scientifici di un problema sulla base dei dati raccolti e dei fenomeni osservati, focalizzando domande significative, elaborando e verificando ipotesi anche con l'utilizzo di semplici modelli ed esperimenti atti a verificarle.
- Comunicare o scrivere frasi pertinenti (per la secondaria: testi elaborati) che dimostrino la comprensione dei fatti e contenuti scientifici (per la secondaria) esponendoli in modo organico e chiaro e discutendo idee e modelli interpretativi.
- Interpretare e utilizzare grafici o modelli iconici per la descrizione di fenomeni.
- Acquisire il formalismo matematico attraverso le attività sperimentali proposte (in particolare grafici, misure, relazioni semplici tra grandezze).
- Ricordare e applicare alla situazione problematica la conoscenza scientifica necessaria dimostrando il superamento di interpretazioni ingenuie dettate dal senso comune.
- Riconoscere lo sviluppo scientifico come avventura umana di conoscenza attraverso gli scienziati importanti della storia o contemporanei.
- *Scuola secondaria*: sviluppare una capacità critica e atteggiamenti di studio e di ricerca dimostrando di essere consapevoli dei diversi metodi di ricerca e le diverse interpretazioni dei fenomeni adottati dagli scienziati presi in considerazione.

- *Scuola primaria*: conoscere un personaggio storico rappresentativo e le sue invenzioni o scoperte scientifiche, dimostrando di saperlo collocare nel tempo e nel posto in cui ha svolto la ricerca, in modo corretto.
- *Scuola secondaria*: conoscere ed apprezzare il percorso storico di alcune delle conoscenze scientifiche apprese, riconoscendo l'importanza dei contesti culturali e sociali.

A queste competenze più generali si aggiunge la comprensione approfondita dei contenuti essenziali dei percorsi che saranno precisati al momento opportuno quando verranno descritti.

### *Contenuti e metodi generali che possono essere affrontati in base al livello di scuola*

Per evitare equivoci e ambiguità mi sembra opportuno commentare brevemente le competenze appena elencate entrando in merito ai contenuti e metodi che ritengo debbano essere adottati nel rispetto della categorialità degli studenti. Posso così cogliere l'occasione per esplicitare alcuni aspetti metodologici.

Per “acquisizione del formalismo matematico” per quanto riguarda la scuola primaria si intende esclusivamente l'utilizzo appropriato delle quattro operazioni; per quanto riguarda invece la scuola secondaria di primo grado si può raggiungere la competenza che prevede la capacità di individuare i rapporti esistenti tra le grandezze che si misurano fino ad arrivare, nella classe terza, alla capacità di formulare semplici leggi che le legano fra loro.

Analogamente, per quanto riguarda le rappresentazioni grafiche, nella scuola primaria sarà sufficiente introdurre l'utilizzo del diagramma a colonne adottando unità di misura note (non necessariamente quelle convenzionali), valori numerici semplici e rapporti in scala – ovvero la corrispondenza tra i valori numerici riportati sull'asse verticale e/o orizzontale e la distanza delle barre sul diagramma riportate sul foglio a quadretti – preventivamente scelti dal docente. Invece nella scuola secondaria di primo grado gli studenti hanno acquisito gli strumenti concettuali e le capacità cognitive per apprendere l'utilizzo di tutte le tipologie di grafici; quello a torta potrà essere introdotto quando conoscono le proporzioni (dalla classe seconda in poi). Gli studenti possono imparare a scegliere autonomamente quale grafico utilizzare. Tuttavia è opportuno privilegiare il

diagramma cartesiano soprattutto in seconda e in terza, in modo da sviluppare contemporaneamente le conoscenze geometriche (come abbiamo già approfondito nel capitolo 3 parlando dei modelli) studiando le trasformazioni nello spazio e per il calcolo dell'area e del perimetro delle figure geometriche (in particolare poligoni).

Prendo ora in considerazione l'approccio sperimentale. Prima di tutto preciso che esso non riguarda esclusivamente l'esecuzione dell'esperimento, bensì tutte le azioni richieste agli studenti di vario tipo: osservare, misurare, descrivere anche attraverso disegni o rappresentazioni grafiche.

Durante l'esecuzione degli esperimenti sarà richiesta agli studenti della secondaria una maggior capacità di analisi e una comprensione più approfondita degli aspetti considerati rispetto agli allievi della primaria; solo per citare un esempio importante, le misure dovranno essere eseguite con maggior precisione e accuratezza utilizzando semplici nozioni statistiche, come la media delle misure, cosa che comporta la ripetizione di queste ultime. Potrà inoltre essere preso in considerazione qualche semplice aspetto che inerisce la sensibilità degli strumenti e la scelta del numero di cifre significative dei risultati delle misure, senza tuttavia addentrarsi in altri particolari di tipo statistico, come il trattamento degli errori di misura di tipo accidentale o sistematico, che vanno affrontati a partire dalla secondaria di secondo grado. Nella scuola primaria, invece, i metodi e i procedimenti vanno ampiamente spiegati dal docente portando molti esempi prima di iniziare il lavoro, che viene svolto in tempi necessariamente più ampi. I bambini, infatti, non sono ancora in grado di prendere iniziative personali riguardo al modo di procedere né hanno gli strumenti conoscitivi che consentono loro di operare determinate scelte. Ad esempio, se viene misurata la capacità dell'acqua, è il maestro che stabilisce l'unità di misura, senza entrare in merito su cosa sia o che ne esistono altre e che quindi occorrerebbe valutare di volta in volta quale scegliere. Quando si esegue l'esperimento non occorre una particolare cura e meticolosità quantitativa. Questo perché i bambini sono ancora legati molto di più all'aspetto osservativo. Ciò non toglie che cominciare ad eseguire misure sotto la guida degli insegnanti ordinando i risultati rilevati e riportandoli su grafici, prepara il terreno per la comprensione di fenomeni più complessi e per la consapevolezza dell'importanza di eseguire misure accurate che potranno avvenire negli anni successivi.

Anche la richiesta di un utilizzo appropriato del lessico specifico dovrà essere necessariamente più elevata nella scuola secondaria, mentre nella scuola primaria ci si può accontentare di brevi e semplici frasi formulate correttamente in modo ordinato che contengono poche parole chiave attinte dalla terminologia scientifica. Riguardo a questo aspetto riteniamo di aver già espresso in modo sufficientemente approfondito cosa intendiamo nel capitolo 3.

#### 6.2.4 Verifica di competenze

##### *Lato docente*

Al termine di un percorso didattico il docente trae un giudizio autocritico anche su come è stato svolto, allo scopo di individuare gli eventuali punti deboli che possono essere corretti perfezionando la modalità di lavoro e facendo tesoro dell'esperienza effettuata. Tale valutazione è stata anche scritta sotto forma di una relazione, attraverso cui è stato possibile valutare i seguenti aspetti:

- la collaborazione attiva del docente coinvolto;
- la revisione critica dei percorsi realizzati in classe (e del materiale didattico utilizzato e/o prodotto) per evidenziarne gli elementi essenziali allo scopo di comunicarli e renderli fruibili da altri docenti in contesti diversi;
- la riflessione sull'esperienza avvenuta a scuola in un confronto critico con gli approfondimenti effettuati sotto il profilo epistemologico e pedagogico.

Per valutare l'esito per quanto riguarda la formazione docente mi sono basata anche sulle mie personali osservazioni rispetto a come è proceduto il lavoro. Le relazioni dei docenti sono contenute negli allegati dei percorsi (si veda il file *Relazione Moraschini* contenuto nella cartella *Incontrare l'acqua* e *Relazione Micheletti* nella cartella *Sistema solare*).

Alcune delle riflessioni più significative sono state riportate in questo capitolo (come già avvenuto all'inizio di questo paragrafo). Esse contengono anche qualche commento riguardo all'esito delle valutazioni degli studenti, ma anche al grado di interesse, impegno e collaborazione dimostrato da parte loro durante le attività. Per quanto

riguarda quest'ultimo aspetto il docente può basarsi sulle sue osservazioni e su quelle dell'esperto, ma anche sulle riflessioni dei ragazzi stessi che possono essere raccolte durante una conversazione informale al termine dell'attività. A questo proposito si può affermare che per quanto riguarda i percorsi presentati, a parte qualche piccolo intoppo di natura tecnica e qualche difficoltà di comprensione dei concetti più spinosi (facilmente rimediabile con qualche ripresa da parte della docente), gli studenti in generale hanno mostrato interesse e attenzione impegnandosi e partecipando costruttivamente durante le attività proposte.

Allo scopo di esemplificare come può essere impostato un lavoro di riflessione sul percorso affrontato, riporto parti che ritengo significative della relazione scritta dal maestro Moraschini:

«Sono molteplici gli aspetti di formazione e di miglioramento per la professionalità di un insegnante che possono scaturire da un lavoro come quello presentato.

Mi è apparsa subito evidente l'indispensabilità di una conoscenza sufficientemente precisa e approfondita degli argomenti e materiali direttamente implicati con il percorso prescelto; è risultata perciò fondamentale la presenza di una persona "esperta", ma capace di entrare nelle dinamiche della classe rispettando tempi e peculiarità della stessa. Questo progetto non è stato un episodio più o meno interessante di tipo divulgativo, ma un momento di lavoro ancorato al vissuto precedente e passibile di sviluppi futuri. Non secondario il fatto che io stesso ho dovuto studiare il contenuto delle lezioni fino a farlo diventare un po' mio. Questa modalità di lavoro pone un problema di metodo: non soltanto cosa proporre, ma come proporre. Seguire, come abbiamo fatto, il metodo della scienza risulta per l'insegnante una scoperta di grande respiro; i bambini partecipano con curiosità e piacere ad un lavoro che senza forzature sembra naturalmente pedagogico, un "fare" non fine a se stesso, che apre a nuove domande e chiede nuove risposte. Abbiamo imparato, bambini ed insegnante, a rispettare regole precise, a non fare fughe in avanti, ma ad accettare il frutto delle nostre osservazioni e degli esperimenti così come si presenta; abbiamo imparato ad accettare l'errore come un fatto possibile (a volte ci ha costretti a riflessioni interessanti). Ho constatato anche che l'apertura a proposte diverse da ciò che istintivamente avrei preso in considerazione è stata una ricchezza impreveduta; esempio ne è la presentazione di Leonardo da Vinci attraverso una breve sceneggiatura: siamo riusciti ad interessare gli alunni riuscendo a dare una prospettiva storica anche agli esperimenti fatti in classe[...]. Nel progetto si può individuare un filo che collega ogni parte così da evitare l'episodicità e l'accumulo di esperienze che tendono a togliere senso al fare scienze nella scuola. Infatti anche i cambiamenti di direzione erano motivati dagli accadimenti e dalle osservazioni (a volte imprevisti) piuttosto che dagli umori o dagli "interessi" del momento, in genere molto dispersivi [...]. Questo percorso mi ha aiutato inoltre a comprendere praticamente il senso della parola "transdisciplinarietà": abbiamo infatti attinto a varie discipline seguendo le necessità via via



emergenti senza perdere di vista il fatto che l'attività si svolgeva dentro l'ambito scientifico e perciò era caratterizzato da precise peculiarità.

Anche D., un bambino segnalato a causa di un handicap motorio e neurologico, ha partecipato al percorso proposto alla classe. D. [...] è stato interrogato dal maestro (come i compagni) con buoni risultati: ha saputo presentare con brevi frasi, ma con precisione e convinzione le fasi dell'attività svolta.»

### *Lato studente*

Elenchiamo le modalità di verifica che abbiamo contemplato :

- osservazioni sul campo mentre gli studenti lavorano;
- osservazioni da parte dell'insegnante durante l'esposizione orale rispetto all'utilizzo di un lessico appropriato, alla corretta comunicazione e comprensione dei contenuti trattati (nella secondaria i contenuti riguardano anche gli aspetti teorici e metodologici).
- Tutte le modalità seguite per la valutazione degli apprendimenti delle competenze.
- *Verifica finale di aspetti metacognitivi*

Questa modalità è stata scelta nel percorso realizzato nella classe della primaria. E' stato proposto ai bambini di compilare un questionario finale per sondare come essi avevano reagito e cosa aveva suscitato in loro il fatto di partecipare alle attività del percorso. Le domande sono riferite alle unità di apprendimento che io ho seguito come esperto e a metodi di lavoro particolarmente innovativi (per esempio il lavoro a gruppi, l'utilizzo di altri registri comunicativi ecc.). Attraverso il questionario è anche possibile ricavare degli spunti o suggerimenti volti al miglioramento o cambiamento di alcuni elementi o metodi del percorso, che consentono, inoltre, di effettuare considerazioni di carattere generale.

Per esempio io e il maestro abbiamo avuto modo di verificare attraverso i commenti stessi dei bambini come avevano vissuto i lavori di gruppo. E' emerso dalle loro parole che quasi tutti hanno avuto una difficoltà nel coordinarsi e lavorare insieme costruttivamente; tuttavia nessuno si è lamentato della fatica che è stata loro richiesta, pur essendo un tipo di attività nuovo che richiedeva un impegno diverso dal solito e una dose di autonomia non indifferente. Una bambina ha scritto: «fare

gli esperimenti è tutta un'altra cosa che guardare la televisione», mostrando come i bambini abbiano gustato ciò di cui hanno fatto esperienza.

- *Verifica finale degli argomenti trattati*

Questa modalità è stata scelta nel percorso realizzato nella classe della primaria. È stato richiesto ai bambini di spiegare alcuni esperimenti o di completare con le parole chiave corrette alcune frasi pertinenti o rispondere a domande puntuali di comprensione su certi punti nevralgici del percorso. La verifica alla fine di tutto il percorso, durato 5 mesi, consente di sondare se lo studente ha trattenuto anche a distanza di tempo i contenuti fondamentali. Metto in rilievo inoltre che, se le verifiche permettono di valutare le competenze, a maggior ragione ciò sarà possibile per quanto riguarda le conoscenze e le abilità<sup>599</sup>. Da questo punto di vista il docente può ritenere opportuno effettuare verifiche puntuali solo di alcuni contenuti parziali relativi ad ogni unità di apprendimento del percorso che saranno utili per sondare le conoscenze e abilità degli studenti.

- *Relazione degli esperimenti eseguiti*

Per valutare le competenze sperimentali è fondamentale richiedere la stesura di una relazione scritta; infatti attraverso di essa risulta possibile descrivere e spiegare in forma sintetica i fenomeni studiati. Per quanto riguarda il percorso della scuola primaria la scheda viene compilata da ogni gruppo di studenti rispondendo alle domande che riportiamo in seguito. Quando le schede sono tutte pronte e corrette dall'insegnante, ogni gruppo provvede ad esporre il lavoro agli altri; in seguito le schede vengono distribuite a tutti gli studenti per consentire loro la ripresa e lo studio. Le schede sono state riportate nelle unità di apprendimento che descrivono gli esperimenti eseguiti. Faccio notare che quanto più i bambini sono piccoli tanto più vanno guidati anche nella stesura delle relazioni, che vanno corrette spesso con interventi notevoli da parte del docente. Inoltre se le relazioni sono scritte nell'ambito dei gruppi è difficile valutare il lavoro personale di ogni studente. In tal caso è indispensabile ricorrere a una verifica

---

<sup>599</sup> Per approfondire il rapporto tra conoscenze, abilità e competenze si veda il paragrafo 3.4 e Bertagna G. C[2004], pp. 22-82.

scritta finale complessiva ai fini della valutazione delle competenze. Viceversa nel caso in cui la relazione sia scritta personalmente e qualora l'autonomia dei ragazzi sia sufficientemente sviluppata, la relazione può essere utilizzata per valutare le competenze, in particolare a partire dalle scuole secondarie.

Descrivo ora la struttura delle relazioni, così come è stata proposta agli allievi.

Gli studenti, mentre eseguono l'esperimento, devono rispondere alle seguenti domande: *Cosa faccio?; Cosa osservo?; Cosa capisco?*

Esse costituiscono le fasi di lavoro di tutti gli esperimenti che sono eseguiti a gruppi all'interno della classe. La prima risposta deve contenere l'elenco del materiale utilizzato e la descrizione del procedimento. Nella primaria la risposta viene indicata dal docente o dall'esperto, in quanto costituisce la traccia del lavoro da svolgere. Nella secondaria essa può essere scritta autonomamente dagli studenti dopo che il docente ha dato le indicazioni di lavoro. La risposta alla seconda domanda può contenere osservazioni sia qualitative, attraverso la descrizione degli oggetti o fenomeni individuati, che quantitative, ovvero tabelle contenenti i risultati numerici. La risposta alla terza domanda è quella che generalmente risulta più difficile per gli studenti perché implica una maggiore astrazione; infatti richiede di spiegare un fenomeno a partire dalle osservazioni realizzate; a partire dalla classe seconda della secondaria di primo grado può anche venir richiesto di ricavare una legge generale di tipo matematico che sintetizzi gli aspetti essenziali del fenomeno in base ai dati sperimentali ottenuti. In questo modo gli studenti hanno l'occasione di acquisire consapevolezza riguardo all'efficacia del metodo sperimentale che permette, di prevedere anche i fenomeni, oltre che descriverli. Inoltre possono quanto meno cominciare a comprendere (il lavoro da questo punto di vista prosegue in modo più meticoloso nella secondaria di secondo grado) da un lato l'importanza che riveste la capacità di interpretare correttamente i dati sperimentali attraverso modelli di tipo matematico; dall'altro la necessità di eseguire le misure con precisione e ripetutamente allo scopo di ottenere risultati meno approssimati possibili rispetto alla sensibilità degli strumenti a disposizione.

Alla seconda e alla terza domanda gli alunni rispondono mentre eseguono l'esperimento; in seguito provvederanno a organizzare le osservazioni corredate di grafici e tabelle. Anche in questo caso faccio notare che per quanto riguarda la scuola primaria è opportuno che non solo il primo esperimento, soprattutto se particolarmente

complesso, avvenga sotto la guida dell'insegnante e dell'esperto, ma anche i successivi in quanto l'autonomia non è ancora molto sviluppata. Per quanto riguarda la scuola secondaria inferiore, le domande a cui devono rispondere gli studenti sono un po' più articolate. Può essere infatti aggiunta la domanda iniziale: "Cosa mi occorre?" - operando la distinzione tra materiale occorrente e fase operativa - e la domanda finale: "Cosa ho imparato?". Quest'ultima permette di valutare la proprietà di linguaggio acquisita che nella primaria non è richiesta se non in termini più elementari (alcuni termini da ricordare, brevi e semplici frasi sintetiche proposte dal maestro).

- *Relazione delle attività pratiche e teoriche*

Nel percorso che ho proposto alla scuola secondaria di primo grado l'insegnante ha assegnato al termine di ogni fase del lavoro in classe il compito di descrivere per iscritto l'attività pratica o teorica svolta seguendo un ordine temporale e logico secondo le indicazioni precise fornite dall'insegnante. Gli elaborati sono stati chiamati *Racconti per filo e per segno*. Avendo la possibilità di utilizzare il linguaggio naturale oltre che quello scientifico, i ragazzi hanno potuto cimentarsi nella narrazione di quanto osservato e di quanto appreso durante le attività esprimendo le eventuali difficoltà incontrate. In questo modo si è ottenuto un duplice vantaggio: da un lato lo studente era maggiormente stimolato ad un coinvolgimento attivo e personale nel lavoro che gli consentiva di acquisire una competenza linguistica in senso lato (lessicale e concettuale); dall'altro il docente poteva individuare tempestivamente e puntualmente i contenuti non chiari da riprendere e chiarire o il linguaggio specifico non memorizzato nel rispetto dei tempi di apprendimento di ognuno. Infatti, contrariamente a quello che spesso si presume, la maturazione concettuale di tipo scientifico, perciò anche di tipo matematico, avviene efficacemente solo se è accompagnata da uno sviluppo della capacità di comunicare correttamente. Nota inoltre Micheletti:

«Nella stesura di questi resoconti i ragazzi non hanno potuto essere sostituiti dai genitori, perché si trattava di narrare ciò che era accaduto in classe, cosa che richiedeva per forza una mossa esclusivamente personale.»

La correzione degli elaborati degli studenti ha rappresentato per l'insegnante una prima utile occasione di valutazione e anche di individuazione delle difficoltà incontrate dai singoli ragazzi riguardo agli argomenti svolti. Tuttavia, per valutare complessivamente il percorso, sono state necessarie le tradizionali verifiche finali scritte e le interrogazioni orali, dando spazio anche alle domande "aperte" che inducono il ragazzo a organizzare un discorso su un dato argomento, sempre per non trascurare quella cura dello sviluppo delle capacità linguistiche di cui parlavamo poco sopra.

Per ogni attività proposta è stato scelto un elaborato di uno studente che è stato riportato nella corrispondente unità di apprendimento descritta. Per la valutazione vanno tenute presenti le considerazioni espresse nel punto sulle competenze.

### 6.3 Le unità di apprendimento del percorso *Incontrare l'acqua*

#### **Descrizione**

Dopo un'uscita ai Navigli vengono approfondite le proprietà dell'acqua nei vari stati attraverso diversi esperimenti. In seguito viene spiegato il principio di funzionamento delle chiuse inventate da Leonardo Da Vinci. Infine tutto il percorso viene sintetizzato con il ciclo dell'acqua e completato con esperimenti che permettono di conoscere e classificare i diversi strati del suolo in base alla loro permeabilità.

**Insegnante:** Paolo Moraschini

**Ordine di scuola:** Primaria, terza classe, sezione A

Attraverso questo percorso si intende far acquisire agli studenti le seguenti **competenze**.

- Utilizzare alcuni strumenti di misura (cilindro graduato, termometro, righello, cronometro) per misurare la temperatura dell'acqua nei suoi diversi stati, il suo volume, il tempo.
- Costruire tabelle per ordinare i seguenti dati: la temperatura dell'acqua riscaldata al variare del tempo, la quantità di acqua evaporata al variare del tempo, la quantità di acqua filtrata da diversi tipi di terreno.
- Costruire grafici per ricavare le seguenti informazioni: la quantità di acqua evaporata al variare del tempo, la permeabilità di diversi tipi di terreno.

- Conoscere le proprietà dell'acqua nei diversi stati.
- Conoscere il principio dei vasi comunicanti da cui si deduce anche il principio di funzionamento delle chiuse.
- Conoscere il modo in cui viene prelevata l'acqua potabile dal sotto suolo mediante gli acquedotti, la composizione del terreno.

Prima di procedere col descrivere dettagliatamente le unità di apprendimento del percorso occorre precisare che esiste anche un'ampia documentazione del lavoro svolto che è stata riportata negli allegati di questo capitolo e che ritengo opportuno elencare brevemente.

- La scansione del quaderno di alcuni bambini dove sono illustrate alcune parti significative del lavoro svolto. Esse si trovano nella cartella *Incontrare l'acqua*, nella cartella *Scanner quaderno*.
- Le foto degli esperimenti o delle attività svolte in classe e dell'uscita ai Navigli sono contenute nella cartella *foto*.
- Le slide che illustrano sinteticamente il percorso (si veda il file *Diesse percorso acqua* nell'allegato *Diesse*<sup>600</sup>) e che sono state presentate durante la *Convention Scuola* dell'Associazione *Diesse* (Didattica e innovazione scolastica centro per la formazione e l'aggiornamento) *Insegnare e imparare cioè guardare* che si è tenuto tra il 15 e il 16 Ottobre 2011 a Bologna.
- Le foto dei cartelloni della mostra esposti a S. Pietro Terme nella cartella *S. Pietro Terme* nel file *Immagini cartelloni* dove sono reperibili anche gli atti della mostra<sup>601</sup>.
- Il questionario rivolto ai bambini che verifica gli aspetti meta cognitivi (di cui abbiamo già parlato nel paragrafo 6.2.4) è contenuto nel file *Questionario primaria* della cartella *Incontrare l'acqua*. In esso alla fine sono riportate le risposte più significative e alcune mie riflessioni
- La relazione del maestro (di cui abbiamo già parlato nel paragrafo 6.2.4), sempre nella stessa cartella, col titolo *Relazione Moraschini*.

---

<sup>600</sup> Nella stessa cartella è presente anche un elaborato scritto di commento delle slide (si veda *Relazione Diesse*).

<sup>601</sup> D'Amore B., Sbaragli S. (a cura di) E[2011].

- Le verifiche finali che valutano le competenze acquisite dai bambini. Esse sono recuperabili nel file *Verifiche* della cartella *Incontrare l'acqua*.

I due articoli pubblicati su *Emmeciquadro*<sup>602</sup> che descrivono sinteticamente il percorso nell'ottica di effettuare un servizio di formazione che possa essere diffuso tra i docenti (come abbiamo esposto nel precedente paragrafo). Essi si trovano elencati alla fine di questo testo nell'*Archivio degli articoli Emmeciquadro ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate* con il titolo: *Percorsi Primaria*.

### 6.3.1 UA1: uscita ai Navigli

Il percorso è iniziato con l'uscita sul Naviglio della Martesana: quando l'occasione iniziale è ricca, è opportuno coglierla e sfruttarla al massimo. Per questo il maestro Paolo ha approfittato per effettuare osservazioni sulla vegetazione e sul territorio, cogliendo i nessi con la geografia: ci troviamo in un tipico ambiente di pianura, con cascine e canali di irrigazione. In un approccio elementare, data l'età dei bambini, lo sguardo può, anzi deve, essere ampio, cogliendo i vari aspetti del reale nella loro unità per evitare la dispersione negli infiniti dettagli dell'ambiente. Le osservazioni durante l'uscita sono guidate dal maestro Paolo, che aiuta i bambini a dirigere il proprio sguardo sulle cose "giuste", altrimenti lasciati alla loro spontaneità, la distrazione prenderebbe il sopravvento. Egli raccoglie l'acqua dei Navigli con un bicchiere e invita ad osservarne soprattutto il colore, i piccoli viventi che la popolano e i frammenti di terra che tendono a depositarsi sul fondo. La macchina fotografica aiuta a tenere traccia dei particolari osservati, che vengono ripresi una volta tornati in classe: i viventi, sia vegetali che animali, i paesaggi dell'ambiente visitato. Dopo essere stati sollecitati da una piacevole uscita è importante però fare tesoro di tutta la ricchezza incontrata e in questo il maestro è fondamentale per accompagnare i bambini a recuperare dalla propria memoria gli elementi osservati riordinandoli adeguatamente dentro un quadro significativo: senza questa fase riflessiva si perderebbe tutto, resterebbero forse delle impressioni che non portano certo a una esperienza di conoscenza. Questo lavoro di ripresa si articola in due

---

<sup>602</sup> Si veda Correale N. Y[2011] e [2012].

fasi descrittive. Nella prima fase si utilizza il linguaggio grafico, nella seconda si costruisce un testo scritto.

### *Descrivere con il disegno*

Il disegno diventa lo strumento utilizzato per cogliere gli elementi importanti caratteristici della vegetazione e degli animali inseriti nel loro ambiente. In questo modo i bambini sono aiutati a interiorizzare ciò che hanno osservato utilizzando le foto come riscontro. I disegni dei bambini vengono incollati su cartelloni per essere visibili a tutti. Il disegno, pur avendo lo scopo di riprodurre aspetti della realtà nel modo più fedele, non è la semplice fotocopia di essa. Non solo perché le capacità grafiche dei bambini non lo consentono, ma perché quanto è a loro esterno viene interiorizzato e filtrato in modo personale. Infatti ogni bambino è stato colpito da aspetti diversi e anche nello scegliere gli stessi elementi della realtà, li ha espressi graficamente in modo diverso. In questa fase iniziale è opportuno che l'insegnante non fissi rigidamente dei vincoli riguardo a cosa disegnare o come, altrimenti si rischierebbe di frenare l'espressività personale dei bambini. Potrebbe accadere infatti che questi, concentrandosi troppo sulle indicazioni fornite e per la preoccupazione di sbagliare, non assecondino in modo naturale quanto suggerito spontaneamente dal loro mondo immaginativo interiore. Rappresentare aspetti della realtà attraverso un disegno corrisponde all'atto di costruire un modello iconico, come per esempio una carta geografica o topografica, i modellini di aerei o di automobili, che mantengono l'analogia con l'oggetto reale rispettando i rapporti di scala delle sue dimensioni. Anche se non si richiede ai bambini una particolare precisione da questo punto di vista nella rappresentazione per esempio di un animale, è però possibile chiedere di rispettare adeguatamente la proporzione delle forme e la disposizione delle parti che lo costituiscono, in modo tale che sia agevole la sua identificazione. Come è stato già ampiamente spiegato nel paragrafo 3.2.2 del capitolo 3 e nel paragrafo 1.3.2 del capitolo 1, il procedimento che si avvale di modelli è tipico del metodo scientifico in quanto utile a mettere in luce gli aspetti essenziali per la comprensione di un oggetto o di un fenomeno che si sta considerando. Per questo motivo non deve essere sottovalutato ed è opportuno che il maestro aiuti i bambini a non trascurare particolari importanti: la cura che i bambini ci mettono nell'eseguire i



loro disegni non è dissimile, nella sostanza, a quella usata da uno scienziato per allestire la propria strumentazione sperimentale o da Leonardo Da Vinci nei suoi disegni del corpo umano e delle sue macchine, come verrà descritto più avanti.



*Fig. 6.3.1: I disegni dei bambini incollati sui cartelloni.*

### *Descrivere con le parole*

Nella seconda fase i disegni vengono completati da una descrizione a parole: si introduce così un'attività di tipo linguistico, che richiede tra l'altro che si impari e si utilizzi il lessico specifico. Anche in questo caso le indicazioni da parte dell'insegnante, sono di proposito flessibili rispetto al lessico da utilizzare o ai contenuti da esplicitare. Si tratta in prima battuta di permettere ad ogni bambino di esprimersi per come è in grado, senza bloccarlo con troppe informazioni e suggerimenti che rischierebbero di appiccicarsi alla memoria come una sovrastruttura non effettivamente assimilata; il maestro procede gradualmente nelle richieste attendendo il momento opportuno che ponga i bambini nelle condizioni di effettuare il salto qualitativo nella propria conquista conoscitiva: allora le descrizioni vengono completate e guidati dal maestro, essi sono finalmente in grado di esporre correttamente le proprie descrizioni.

### Obiettivi, metodi e strumenti lato studente

	<b>Conoscenze</b>	<b>Abilità</b>	<b>Strumenti</b>	<b>Metodi</b>
<b>Osservare</b>	sa cogliere elementi o aspetti essenziali dei fenomeni naturali	sa produrre disegni, sequenze ordinate di caratteristiche; sa annotare le osservazioni compiute; è attento	quaderno o foglio, lavagna, secchiello per raccolta acqua, cartelloni, macchina fotografica	Uscite o attività con gli strumenti scelti che aiutano la spiegazione/osservazione; Utilizzo del registro narrativo.
<b>Eeguire</b>		sa maneggiare il materiale a disposizione secondo procedure prestabilite	materiale per realizzare il cartellone.	attività con gli strumenti scelti che consentono l'esecuzione dei disegni.
<b>Descrivere</b>	sa comunicare e scrivere correttamente semplici e poche frasi compiute collegate da nessi logici	sa descrivere e interpretare aspetti della realtà attraverso altri linguaggi non verbali (grafici, schemi, disegni).	quaderno o foglio	Ripetizione di parole chiave e di concetti per memorizzarli; produzione scritta e orale.
<b>Collaborare</b>		sa coordinare le proprie mansioni con quelle degli altri collaborando positivamente coi compagni.	materiale dell'esperimento/attività (cartelloni)	partecipazione costruttiva con i compagni di classe.
<b>Confrontare</b>	sa cogliere relazioni causali e analogie con altri contenuti trattati anche provenienti da altre discipline.		diversificati	Ricorsivo; sollecitazione con domande a partire dall'esperienza dell'uscita sui Navigli; esempi che consentono di scoprire analogie tra i contenuti.

#### 6.3.2 UA2: mappa concettuale sull'osservazione delle caratteristiche dell'acqua e dei suoi stati di aggregazione

Entrando nel vivo dell'argomento scelto, si sono compiuti passi di avvicinamento graduali incominciando a discutere e a riflettere con i bambini sulle esperienze quotidiane che essi fanno dell'acqua, sull'uscita al Naviglio e sui risultati di semplici "prove" (non ancora esperimenti con misurazioni): la neve che si scioglie, l'acqua che evapora ecc.

Anche in questo nuovo contesto di lavoro si vuole condurre i bambini a ragionare partendo sempre dalla propria esperienza, sollecitandoli a riferire di ciò che hanno effettivamente capito e non di ciò che hanno sentito dire dagli adulti. E' importante già

in questa fase preliminare evitare ogni forma di astrattezza, mettendo in primo piano le osservazioni e le loro conoscenze pregresse.

Di seguito sono sintetizzate brevemente le fasi dell'unità didattica; per ogni fase si è individuata una *domanda guida*.

### *In quale forma e dove troviamo l'acqua?*

Il maestro Paolo pone delle domande con l'intento di fare riflettere i bambini riguardo alla forma in cui si può trovare l'acqua in natura: la pioggia, la rugiada che si osserva sulle foglie degli alberi sono acqua nella "forma" liquida; ma anche la brina, la neve, il ghiaccio sono acqua ma in "forma" solida. Infatti alcuni ricordano che quando per esempio con il sole si sciolgono diventano acqua liquida. Anche la nebbia è acqua; infatti camminando nella nebbia sperimentiamo che contiene goccioline minute di acqua che si depositano sul nostro corpo. Anche le nuvole contengono acqua, infatti qualcuno nota che quando c'è la pioggia ci sono sempre anche le nuvole! Infine bambini sono invitati dal maestro Paolo a riconoscere dove possono trovare l'acqua: Il mare, i laghi, i ruscelli, le pozzanghere, gli stagni eccetera. L'acqua, infine, si trova in natura e può essere utilizzata dall'uomo per vari scopi come irrigare i campi e allevare gli animali; per lavarci, per bere e fare da mangiare si usa l'acqua che esce dai rubinetti nella nostra casa e dalle fontane sparse nelle nostre città.

### *Che caratteristiche ha l'acqua?*

Le caratteristiche dell'acqua sono individuate in base alle osservazioni effettuate in precedenza e richiamate alla memoria in classe quando se ne presenta l'occasione. Per esempio, quando è caduta la neve, ne è stata raccolta una certa quantità in un bicchiere e tenuto in classe, se ne è osservata la liquefazione ed evaporazione. Per quanto riguarda il colore dell'acqua gli allievi guidati dal maestro Paolo giungono alla conclusione che il colore dell'acqua varia a seconda dell'ambiente in cui si osserva; il colore del mare, per esempio, nel suo insieme, è diverso da quello dell'acqua del rubinetto o da quella del Naviglio, che abbiamo visto contenere anche dell'altro (si veda la prima parte del percorso). L'acqua, se non contiene altre sostanze, acquista il colore del recipiente in

cui è contenuta o del fondale in cui si deposita. Questo fenomeno accade perché essa è trasparente, ovvero non ha un suo colore proprio. La superficie dell'acqua riflette come uno specchio qualunque oggetto posto nelle sue vicinanze, come si osserva in un lago o uno stagno, se essa non è particolarmente increspata dal vento. Il maestro Paolo collega il fenomeno della riflessione della luce su una superficie d'acqua, al lavoro sulla simmetria svolto studiando geometria. Questi collegamenti transdisciplinari sono preziosissimi per fissare meglio i concetti oltre che per collocarli in una prospettiva più ampia a cui il bambino può conferire significato. Infine i bambini attraverso il gusto e l'olfatto si rendono conto che l'acqua è insapore, e inodore. Prosegue in questa fase l'apprendimento del lessico specifico arricchendo il contesto linguistico di lavoro.

Prima delle vacanze di Natale, per facilitare la ripresa del lavoro quando interverrò personalmente in qualità di esperto, propongo a Paolo di fornire un compito per le vacanze di questo tipo:

*Ai bambini viene consegnata una lettera l'ultimo giorno di scuola in cui si chiede loro, durante le vacanze di Natale, di raccogliere dell'acqua nella forma che si desidera (neve, brina, pioggia) in contenitori di plastica proveniente dai luoghi in cui sono stati in vacanza. I bambini possono portare i loro contenitori al ritorno dalle vacanze e raccontare ciò che hanno osservato.*

Data la situazione della classe – abbastanza numerosa (26 componenti) con predominanza di maschi; alunni di provenienza familiare molto eterogenea, fra cui alcuni con diverse difficoltà relazionali e cognitive; inoltre uno dei due docenti assenti da lungo periodo – il maestro Paolo decide di non accettare la proposta. Questo particolare è stato riportato per dimostrare come il docente sia fondamentale nelle scelte, in quanto può entrare in merito ad aspetti, relativi al tipo di classe coinvolta nell'attività, che l'esperto non può conoscere.

### *Proiezione delle immagini*

I miei interventi in classe iniziano dopo le vacanze di Natale riprendendo il lavoro attraverso la proiezione sullo schermo delle immagini che mostrano l'acqua nei suoi diversi stati (pioggia, neve, nebbia, brina, rugiada) e forme in cui si presenta (mare, lago, cascata). In questo modo si sono precisati alcuni concetti: la nebbia è piena di

goccioline di vapore che, a contatto col suolo freddo, si condensano; le gocce che si trovano sulle foglie si chiamano rugiada e non scendono dal cielo in quanto provengono dal vapore acqueo presente nell'aria; il vapore diventa invece brina quando la temperatura è molto bassa (sotto zero gradi centigradi, ma lo si osserverà attraverso gli esperimenti). Infine si mostrano alcuni viventi che vivono nell'acqua: pesci, meduse, paguri, balene, anfibi (tartarughe e rane), pinguini e foche. Le slide sull'acqua presentate (file *Slide acqua*) sono contenute nella cartella *Incontrare l'acqua*.

La ricchezza delle immagini proposte, sollecita i bambini a tenere desta la loro domanda di capire più a fondo i fenomeni da esse indicati. Intuiscono che, a seconda delle condizioni ambientali, in particolare se fa freddo o se fa caldo, cambia lo stato in cui si presenta l'acqua e quindi cambia il suo aspetto: l'acqua può dunque trasformarsi.

### *La valigia dei tesori*

Lo stupore è certamente l'atteggiamento originario tipico del bambino. Per sollecitare il loro desiderio di scoperta, ho portato in classe una valigia da cui estraggo vari oggetti uno per volta, con calma, alimentando la loro attesa. Essi aiutano a capire che l'acqua è utile a tantissimi scopi: l'annaffiatoio indica che è essenziale per far crescere le piante, il bicchiere, che senza bere non potremmo vivere, il costume da bagno, che in essa possiamo nuotare, la barchetta, che su di essa possiamo navigare trasportando persone e merci, come succedeva in passato nei Navigli; la pentola infine ci ricorda che senza acqua non si può cucinare.

### *Costruzione di una mappa*

Abbiamo costruito una mappa che da un lato sintetizza quanto appreso mettendo a fuoco i punti essenziali del percorso, dall'altro ci permette di precisare i concetti emersi anche mediante un uso appropriato del linguaggio: non si parla più solo di ghiaccio, ma anche di stato solido dell'acqua, non si parla più solo di piccole goccioline, praticamente invisibili, disperse nell'aria ma di stato gassoso dell'acqua, non di forme quindi, ma di stati dell'acqua. Inoltre si mette in evidenza che il lavoro finora si è fondato su osservazioni di tipo qualitativo, mediante i nostri sensi di cui si precisa la

denominazione: gusto, tatto, olfatto, vista, udito; cerchiamo di descrivere che cosa con ognuno di essi possiamo scoprire dell'acqua, anche con degli esempi: l'olfatto ci permette di venire a conoscenza della presenza di cloro o sali da bagno nell'acqua, l'udito di percepire il rumore delle onde e della cascata, del ruscello e della pioggia, il tatto di percepire se l'acqua è calda o fredda. Mediante queste osservazioni individuiamo le caratteristiche dell'acqua che si erano già evidenziate: non ha colore, non ha odore, non ha sapore, ma non per questo è meno speciale.

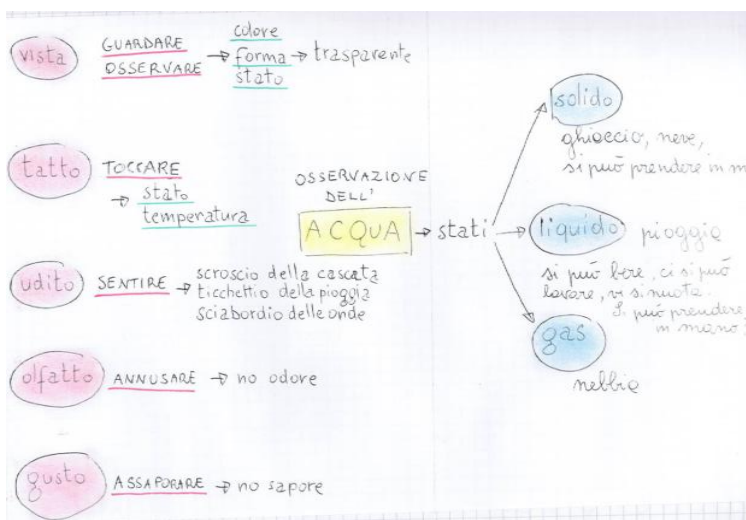


Fig. 6.3.2: Mappa delle caratteristiche dell'acqua nei suoi diversi stati.

### Obiettivi, metodi e strumenti lato studente

Si rimanda alla lettura della tabella contenuta alla fine del paragrafo 6.3.1 mettendo in evidenza solo alcune integrazioni o correzioni che sono da apportare ad essa.

- In corrispondenza alla colonna *Strumenti*, riga *Osservare*: al posto del secchiello per la raccolta dell'acqua, dei cartelloni e della macchina fotografica occorre sostituire: il proiettore, la mappa e i disegni.
- In corrispondenza alla colonna *Metodi*, riga *Osservare* va aggiunto l'utilizzo del contributo dell'esperto.

- In corrispondenza alla colonna *Strumenti*, riga *Collaborare*: il materiale dell'attività utilizzato sono la valigia dei tesori e le mappe.
- In corrispondenza alla colonna *Metodi* riga *Confrontare* si utilizza la tecnica di brainstorming al posto della semplice sollecitazione con domande per richiamare quanto osservato durante l'uscita.
- In corrispondenza alla colonna *Conoscenze* riga *Descrivere* va anche aggiunto: Sa utilizzare le conoscenze matematiche.

### 6.3.3 UA3: esperimenti sull'acqua

Dopo tante esperienze che ci hanno permesso di conoscere meglio l'acqua, siamo pronti per eseguire i nostri esperimenti approfondendo e precisando quanto appreso. Qui di seguito vengono elencati gli esperimenti effettuati, ognuno teso ad indagare un diverso fenomeno.

#### *1° ESPERIMENTO: l'acqua bolle*

Il primo esperimento riguarda il fenomeno dell'ebollizione. L'esecuzione è in questo caso realizzata da me per ovvi problemi di sicurezza (si deve infatti usare un bollitore); inoltre essendo la prima volta che gli allievi si cimentano in un lavoro di questo tipo, sono molto guidati dal maestro; in seguito nell'ambito dei gruppi tenteranno in modo più autonomo di formulare le risposte alle domande: l'intervento del maestro e mio avverrà su richieste precise e ordinate.

Vengono scaldati prima 500 ml e poi 250 ml di acqua con il bollitore, misurando la temperatura dell'acqua in tempi successivi fino ad arrivare alla temperatura di ebollizione delle due quantità di acqua. Per rispondere alla terza domanda i bambini hanno messo a fuoco non solo che due quantità di acqua *diverse* arrivano alla temperatura di ebollizione in tempi *diversi*, ma hanno anche apprezzato la differenza quantitativa registrandola secondo una modalità da me indicata. Infatti hanno constatato che a una quantità doppia di acqua (500 ml è il doppio di 250 ml) corrisponde all'incirca un tempo doppio per raggiungere la temperatura di ebollizione, utilizzando sempre lo stesso bollitore. Questa osservazione non può che rimanere a un livello

empirico senza pretendere di arrivare alla legge generale: i bambini, data la loro età, non avrebbero gli strumenti necessari per comprenderla, né concettuali, né linguistici (rapporto tra numeri e/o tra grandezze, proporzionalità diretta tra numeri e/o grandezze). Ciò non toglie l'importanza di cominciare a utilizzare strumenti di misura e a fare esperienza degli aspetti quantitativi di un fenomeno.

## **2° ESPERIMENTO: l'acqua solida liquefa**

Con il secondo esperimento intendo far osservare il fenomeno della *liquefazione* dell'acqua allo stato solido, che siamo abituati a chiamare ghiaccio; preferisco utilizzare il verbo *liquefare* invece del verbo *fondere* per l'immediato nesso con il termine *liquido*. Due quantità di acqua diverse sono versate in due recipienti di forma diversa: in una provetta 8 ml di acqua e in un contenitore 75 ml di acqua. Essi vengono messi nel congelatore il giorno prima e il giorno dopo propongo ai bambini un'attività di osservazione dell'acqua che si è solidificata. Essi rilevano immediatamente che l'acqua ha assunto una struttura «rigida», assumendo la forma dei due diversi recipienti, una forma che non può essere cambiata fino a quando non avviene la liquefazione. Incominciamo a studiare la liquefazione del ghiaccio, misurando la temperatura dell'acqua ogni mezz'ora, avendo prima di tutto contrassegnato con un pennarello il livello a cui arriva l'acqua quando si trova allo stato solido: intendo in questo modo far rilevare se, e in che misura, avviene un cambiamento di livello, e quindi di volume, quando l'acqua passa dallo stato solido a quello liquido. Alla fine della mattina i bambini scoprono che l'acqua nel contenitore grande non si è liquefatta del tutto e l'acqua mista a ghiaccio non ha raggiunto la temperatura ambiente, a differenza che nel contenitore piccolo; gli alunni, come nel caso dell'esperimento dell'ebollizione, concludono che questo è dovuto alla maggiore quantità d'acqua contenuta in esso. La differenza di livello tra i due stati viene misurata dai bambini senza utilizzare una unità di misura convenzionale; infatti il maestro Paolo ha cura di non introdurre prematuramente contenuti nuovi che sarebbero solo ridondanti e questo d'altra parte non inficia nella sostanza il lavoro di misurazione. Dopo aver eseguito l'esperimento, mi sono fermata a riflettere sul fatto che, come era stato possibile sperimentare il passaggio dallo stato solido allo stato liquido, sarebbe



stato possibile osservare la *trasformazione inversa*. Questo passaggio concettuale è molto delicato e fondamentale per la comprensione di tutti i passaggi di stato e per questo ho voluto soffermarmi su di esso utilizzando anche un'analogia col mondo matematico: il passaggio da un numero ad un altro attraverso un'operazione (ad esempio la moltiplicazione) e la sua inversa (la divisione).

A questo punto abbiamo verificato quanto detto raffreddando l'acqua fino a farla congelare e abbiamo poi misurato la temperatura dell'acqua ogni mezz'ora estraendo i contenitori ogni volta dal congelatore; abbiamo ottenuto all'incirca gli stessi risultati del processo di liquefazione (in questa sede per brevità non è riportata la tabella).

*Descrizione dal quaderno degli studenti*

#### **Cosa faccio?**

Misuro la temperatura nei recipienti ogni 30 minuti circa utilizzando il lungo termometro che Nadia ci ha messo a disposizione.

I dati sono riportati nella tabella

<b>Ora</b>	<b>Temperatura nella provetta</b>	<b>Temperatura nel contenitore</b>
10.00	8 °C (presenza di ghiaccio)	8 °C (presenza di ghiaccio)
10.35	9 °C (ghiaccio tutto fuso, livello 8)	7 °C (vicino al ghiaccio) 10 °C (nell'acqua)
11.05	21 °C	5 °C (presenza di ghiaccio)
11.30	23 °C	5 °C (presenza di ghiaccio)
12.00	26 °C	7 °C (presenza di ghiaccio)

#### **Cosa osservo?**

Il ghiaccio galleggia sull'acqua fino a che non si è liquefatto.

Il livello dell'acqua contenuta nella provetta è diminuito passando infatti da 8 tacchette grandi e 4 piccole, quando l'acqua era allo stato solido, a 8 tacchette grandi quando l'acqua è passata allo stato liquido; anche nel recipiente più largo il livello è aumentato, ma in misura minore. Nella provetta, dopo la fusione del ghiaccio, la temperatura è rapidamente aumentata; nel contenitore il ghiaccio non si è liquefatto del tutto e la temperatura è rimasta sempre molto bassa.

#### **Cosa capisco?**

Quando il ghiaccio fonde il livello dell'acqua torna quello dell'acqua inizialmente versata nel contenitore.

Quando la temperatura diminuisce l'acqua si trasforma in ghiaccio; quando la temperatura aumenta il ghiaccio liquefa e l'acqua torna allo stato liquido.

L'acqua allo stato liquido occupa meno spazio che allo stato solido.

Nella provetta si può vedere meglio l'abbassamento di livello quando si passa dallo stato solido allo stato liquido perché questo recipiente è più stretto dell'altro.

### **3° ESPERIMENTO: la condensazione**

Un gruppo di bambini studia il fenomeno della *condensazione*; orientando il getto di aria calda di un *phon* su un panno bagnato posto vicino al vetro della finestra della classe vedono che il vetro si appanna e capiscono che c'è stato un passaggio dell'acqua dallo stato di vapore, quando le goccioline si trovano disperse nell'aria, allo stato liquido, quando esse raggiungono il vetro. Gli alunni capiscono che il motivo del cambiamento di stato è dovuto alla differenza di temperatura dell'aria (più calda) rispetto al vetro (più freddo).

*Descrizione dal quaderno degli studenti*

#### **Cosa faccio?**

Ci servono un *phon* ed un panno. Prendiamo il panno, lo impregniamo d'acqua e lo teniamo steso a circa 20 centimetri dal vetro di una finestra chiusa. Prendiamo il *phon*, lo accendiamo e dirigiamo il getto di aria calda dietro il panno bagnato verso la finestra.

#### **Cosa osservo?**

Dopo alcuni minuti sul vetro sono apparse alcune goccioline d'acqua e il vetro si è lentamente appannato. Abbiamo toccato il vetro e abbiamo sentito che era freddo. Il panno diventava sempre più asciutto mentre il vetro si bagnava sempre più.

#### **Cosa capisco?**

L'acqua deve essere passata dal panno al vetro perché il panno era asciutto e il vetro bagnato, anche se non abbiamo visto nessun vapore uscire dal panno come quello che usciva dal bollitore. Quando l'acqua che stava nell'aria ha incontrato il vetro freddo è ridiventata liquida sotto forma di goccioline.

### **4° ESPERIMENTO: alcune proprietà dell'acqua**

Ai bambini di questo gruppo viene assegnato il compito di eseguire travasi di acqua da una bacinella in alcuni contenitori tramite un imbuto o imbevendo delle spugne che poi strizzano in essi. Gli allievi osservano che l'acqua «scappa» fra le dita e che assume la forma dei contenitori utilizzati. L'acqua poi viene versata in contenitori di varia forma

*comunicanti* fra loro: i bambini osservano, misurando l'altezza a cui arriva l'acqua nel contenitore rispetto al tavolo di lavoro, che essa raggiunge in ogni contenitore lo stesso livello. Anche questa osservazione è utile per riprendere il principio di funzionamento delle chiuse dei Navigli di Leonardo.

*Descrizione dal quaderno degli studenti*

*Prima fase*

**Cosa faccio?**

Allineiamo sui banchi alcuni imbuto, una serie di contenitori di varie forme e una strana provetta che, come un candelabro, ad un certo punto si ramifica in forme diverse. Riempiamo un contenitore a forma di cilindro e, aiutandoci con l'imbuto, travasiamo l'acqua in un recipiente a forma di parallelepipedo. Ripetiamo l'operazione versando in successione l'acqua in un contenitore simile a un cubo, quindi in un recipiente largo a basso. Versiamo infine un po' d'acqua nella strana provetta.

**Cosa osservo?**

L'acqua entra facilmente in ogni contenitore e ne assume la forma; cambia soltanto il livello dell'acqua da un recipiente all'altro. Quando versiamo acqua nella provetta a candelabro il livello dell'acqua è uguale in ogni braccio, cioè 12 centimetri dal piano del banco.

**Cosa capisco?**

Quando l'acqua è allo stato liquido prende la forma del contenitore, scorre nell'imbuto e, se cade sul banco, si spande senza forma; l'acqua in questo stato non ha una forma propria. Pensiamo che nella provetta l'acqua raggiunga lo stesso livello in ogni braccio perché questi sono tutti collegati tra loro.

*Seconda fase*

**Cosa faccio?**

Prendiamo ora due spugne ed una cannuccia, un contenitore ed un bicchiere pieni d'acqua. Immergiamo una spugna nell'acqua, lentamente; poi la immergiamo completamente e la strizziamo. Con la cannuccia immersa nell'acqua del bicchiere cominciamo ad aspirare.

**Cosa osservo?**

L'acqua risale lentamente nella spugna, anche sopra il livello dell'acqua, come se si arrampicasse. Quando solleviamo la spugna intrisa d'acqua, il contenitore si è molto svuotato; se strizziamo la spugna, il livello dell'acqua torna quasi come prima. Quando aspiriamo con la cannuccia, quasi subito l'acqua arriva nella bocca.

**Cosa capisco?**

La spugna si gonfia di acqua e comincia a pesare molto più di prima e riesce a trattenere l'acqua. Secondo noi l'acqua risale nella cannuccia perché aspiriamo l'aria dentro la cannuccia e l'acqua prende il suo posto. L'anno scorso, infatti, con un esperimento abbiamo capito che l'aria occupa uno spazio.

## **5° ESPERIMENTO: l'importanza del termometro**

Nel catino A viene versata acqua fredda, nel catino B acqua calda. Si immerge una mano fredda e poi una calda – scaldandola con l'acqua calda contenuta nel catino B – nel catino A. Si mostra così che la sensibilità nei due casi è diversa: i nostri sensi non sono sempre sufficienti per capire come stanno le cose. Si capisce così ulteriormente, come i bambini avevano già osservato nell'esperimento dell'ebollizione, perché è necessario il termometro e l'importanza che esso rappresenta per ottenere misure oggettive.

*Descrizione dal quaderno degli studenti*

### **Cosa faccio?**

Prendiamo due bacinelle abbastanza capienti, ne riempiamo una di acqua fredda e l'altra di acqua calda. Immergiamo la mano sinistra nella bacinella con l'acqua fredda e subito dopo la mettiamo nell'acqua calda. Immergiamo la mano destra subito nell'acqua calda.

### **Cosa osservo?**

Secondo Davide la mano destra immersa solo nell'acqua calda sembrava molto più calda della mano sinistra, che era passata anche nell'acqua fredda. Abbiamo tutti avuto la sensazione che la mano sinistra si fosse come addormentata e sentisse di meno il caldo e le altre percezioni del tatto.

### **Cosa capisco?**

Ci è sembrata una cosa strana e abbiamo capito che l'acqua fredda ha cambiato la nostra sensazione quando abbiamo toccato l'acqua calda.

## **6° ESPERIMENTO: l'evaporazione**

Viene condotto un esperimento che impegna tutti i bambini per qualche settimana per mettere in evidenza il fenomeno dell'evaporazione dell'acqua: una prefissata quantità di acqua viene messa in un cilindro graduato e si prende nota del livello iniziale; a distanza di sette giorni si determina il nuovo livello raggiunto per diverse settimane; infine si riportano le misurazioni su un grafico a colonne (in ascissa vengono riportati il giorno in cui sono state eseguite le rilevazioni, in ordinata il livello di acqua).

In un secondo contenitore si aggiunge all'acqua un cucchiaino di sale che in essa si scioglie e si attende che l'acqua sia tutta evaporata. I bambini osservano i cristalli di sale che si sono formati sul fondo del recipiente e insieme riflettiamo riguardo a cosa può essere successo e perché.

Sulla scheda per osservare i bambini scrivono come segue.

*Descrizione dal quaderno degli studenti*

### **Cosa faccio?**

Prendiamo un contenitore graduato; in esso versiamo 275 ml di acqua.

Versiamo quindi nell'acqua un grosso cucchiaino di sale e mescoliamo fino a quando il sale è tutto sciolto.

### **Cosa osservo?**

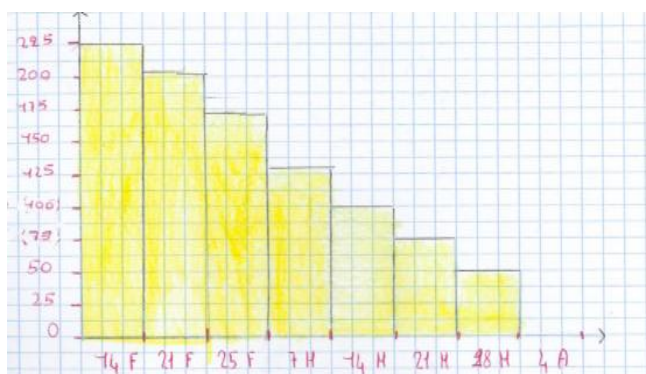
Nell'acqua il sale non è visibile.

Se assaggiamo l'acqua essa risulta molto salata.

Decidiamo di rilevare il livello dell'acqua nel contenitore ogni lunedì all'inizio della lezione e di registrare il risultato sulla nostra scheda in una tabella.

Facciamo infine un grafico a colonna.

Durante gli ultimi giorni della rilevazione osserviamo un lento ricomparire dei cristalli di sale sul fondo del contenitore. Quando l'acqua è del tutto scomparsa il sale incrosta la parte bassa del contenitore e sul fondo si forma una crosta di sale piena di crepe e di placche che si staccano.



*Fig. 6.3.3: Il grafico realizzato da uno studente dove sono riportati i dati della tabella.*

### **Cosa capisco?**

L'acqua è scomparsa dal contenitore; questo fatto è avvenuto molto lentamente, infatti ci sono volute circa sette settimane. Ciò è dovuto all'evaporazione dell'acqua stessa a causa del calore presente nella nostra aula (il contenitore stava nei pressi del calorifero e veniva colpito dai raggi del sole che penetrano dalla finestra).

Durante l'evaporazione (trasformazione dell'acqua dallo stato liquido a quello di vapore) non abbiamo osservato vapore acqueo, come era invece successo nell'esperimento con il bollitore. Ma anche l'evaporazione dai prati e dalle acque di superficie avviene così; infatti, di solito, non ce ne accorgiamo. Il sale, disciolto nell'acqua, non è evaporato, perciò è rimasto sul fondo del contenitore.

Abbiamo capito che le saline funzionano così: si riempiono di acqua marina grandi vasche appositamente costruite, si lascia che evapori e si raccoglie il sale che rimane sul fondo delle vasche.

### *Obiettivi, metodi e strumenti lato studente*

Si rimanda alla lettura della tabella contenuta alla fine del paragrafo 6.3.1 mettendo in evidenza solo alcune integrazioni o correzioni che sono da apportare ad essa.

- In corrispondenza alla colonna *Metodi*, riga *Osservare* al posto dell'utilizzo del registro narrativo va sostituito l'utilizzo del contributo dell'esperto.
- In corrispondenza alla colonna *Strumenti*, riga *Osservare* vanno tolti: il secchiello per la raccolta dell'acqua, i cartelloni, la macchina fotografica.
- In corrispondenza alla colonna *Metodi* riga *Confrontare* va aggiunta la tecnica di brainstorming, le domande poste sono riferite agli esperimenti.
- In corrispondenza alla colonna *Metodi*, riga *Collaborare* va aggiunto che le attività vengono svolte a gruppi.
- In corrispondenza alla colonna *Strumenti*, riga *Misurare* ed *Eseguire* vanno messi i materiali necessari per eseguire gli esperimenti.
- In corrispondenza alla colonna *Conoscenze*, riga *Confrontare* va aggiunto: sa cogliere distinzioni tra fasi diverse di tipo sperimentale e tra ipotesi diverse di spiegazione.

### **6.3.4 UA4: le chiuse di Leonardo Da Vinci**

In questa unità viene studiato l'intervento operato dall'uomo per sfruttare l'acqua, solo accennato nella seconda unità didattica; abbiamo visto per esempio l'utilizzo dell'acqua per irrigare i campi, ma anche come via di trasporto. Abbiamo utilmente richiamato alla memoria dei bambini l'uscita al Naviglio, in particolare facendo notare come nel passato i Navigli fossero utilizzati come vie di comunicazione per trasportare le merci. Inoltre l'argomento è stato approfondito anche da un punto di vista storico, illustrando le invenzioni di Leonardo da Vinci legate ai Navigli, in particolare le *chiuse* e le opere di irrigazione e di bonifica da lui perfezionate. Con il maestro Paolo ho scelto di spiegare il funzionamento delle *chiuse* adottando il registro recitativo, ovvero sotto forma di dialogo tra Leonardo, impersonato dal maestro, e una bambina di 8 anni, impersonata da me; contemporaneamente ho proiettato le immagini di alcuni disegni e opere di Leonardo e un filmato che mostra come funziona una *chiusa*.

Le foto di questa attività sono riportate nella cartella *foto Leonardo in scena*. Il testo del dialogo si trova nella cartella Leonardo Da Vinci (file *Testo Leonardo in scena*) dove si trova anche il file della *registrazione* e le slide proiettate (*slide Leonardo Da Vinci*).



Fig. 6.3.4: Il maestro Paolo che impersona Leonardo Da Vinci

#### *Obiettivi, metodi e strumenti lato studente*

Si rimanda alla lettura della tabella contenuta alla fine del paragrafo 6.3.1 mettendo in evidenza solo alcune integrazioni o correzioni che sono da apportare ad essa.

- In corrispondenza alla colonna *Strumenti*, riga *Osservare*: al posto del secchiello per la raccolta dell'acqua, dei cartelloni e della macchina fotografica occorre sostituire: il proiettore e le mappe o i disegni grafici.
- In corrispondenza alla colonna *Metodi*, riga *Osservare* va aggiunto l'utilizzo del contributo dell'esperto e del registro recitativo.
- In corrispondenza alla colonna *Strumenti*, riga *Collaborare*: vanno aggiunte anche le mappe.
- In corrispondenza alla colonna *Metodi*, riga *Confrontare* va aggiunta la tecnica di brainstorming.

#### **6.3.5 UA5: il ciclo dell'acqua**

Paolo spiega il ciclo dell'acqua facendo riferimento a tutto quanto è stato appreso in particolare attraverso gli esperimenti. In questa prospettiva un po' inconsueta rispetto all'approccio generalmente adottato dai libri di testo (in cui si presenta lo schema del ciclo dell'acqua senza che i bambini abbiano avuto occasione di fare esperienza di quello di cui si parla), il ciclo dell'acqua assume il significato di una sintesi di tutto il percorso sperimentale realizzato evitando un apprendimento nozionistico o astratto.

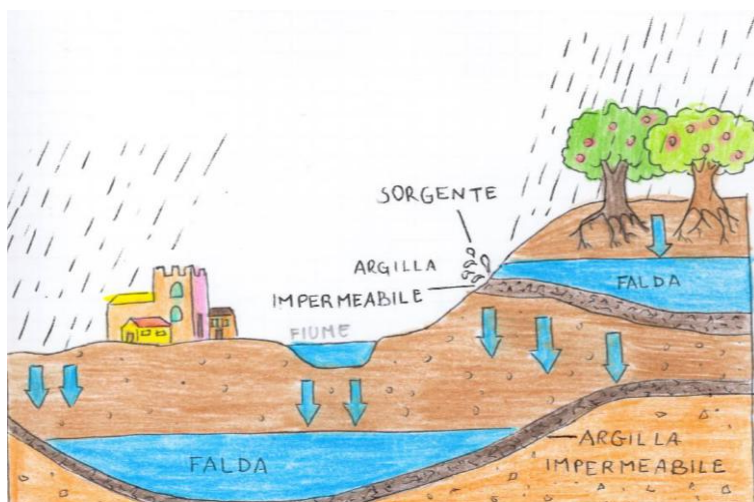


Fig. 6.3.5: Disegno di uno studente della falda acquifera.

### *Gli esperimenti sulla permeabilità del terreno*

Prima di procedere a descrivere gli esperimenti svolti sulla permeabilità del terreno è opportuno precisare che essi seguono la stessa impostazione degli esperimenti sui passaggi di stato dell'acqua anche se in questo caso ho ritenuto superfluo mostrare le schede dettagliate degli esperimenti, che sono però recuperabili nella cartella *Incontrare l'acqua* nella cartella scanner quaderno <sup>603</sup>.

Per aiutare i bambini a rispondere alla domanda *Cosa capisco?* pongo due quesiti che li aiutano a individuare gli aspetti su cui porre l'attenzione, uno relativo alla granulosità del terreno, l'altro relativo al tempo di discesa dell'acqua misurato con il cronometro.

L'argomento è introdotto dal maestro Paolo con uno schema da lui predisposto che fa capire ai bambini che l'acqua piovana viene filtrata da strati di terreno sempre più

<sup>603</sup> Ci stiamo riferendo in particolare ai file f 23-f 28 dove sono descritti anche gli esperimenti che riguardano il funzionamento dell'elettropompa. Da questi file, che rappresentano la scansione del quaderno di un allievo, abbiamo tratto le immagini che seguono.



profondi che la rendono più pulita, fino ad arrivare allo strato di argilla impermeabile dove si costituisce la falda acquifera. I bambini vengono di nuovo suddivisi in gruppi.

Ogni gruppo ha a disposizione un cilindro graduato in cui inserisce, attraverso un imbuto, una certa quantità di sabbia, di argilla, di terreno di bosco e di ghiaia opportunamente inumidita con acqua (nel caso della sabbia, del terreno di bosco e della ghiaia si è reso necessario arrestare il passaggio di questi materiali dal foro dell'imbuto mediante dei piccoli sassolini).

Il compito di ogni gruppo consiste nel misurare ogni 10 secondi la quantità d'acqua filtrata da ciascun tipo di terreno, ripetendo la misura per 6 volte.

I bambini riportano i risultati delle misure sulla propria scheda, ora utilizzando come unità di misura il secondo e il millilitro, adeguatamente introdotte dal maestro Paolo.

Dopo aver riordinato il lavoro svolto nell'ambito dei diversi gruppi si costruisce una tabella sintetica che evidenzia la quantità di acqua filtrata dai diversi tipi di terreno.

Tempo (s)	Ghiaia (ml)	Terreno sabbioso (ml)	Terreno argilloso (ml)	Terreno di bosco (ml)
10	140	110	100	150
20	275	220	250	300
30	450	400	325	400
40	650	770	485	575
50	850	1170	815	780
60	1150	1595	865	950

Infine, con questi dati, viene prodotto un grafico a colonne che riporta la quantità totale di acqua passata attraverso i diversi terreni in 60 secondi. Da esso si evidenzia, con più immediatezza che non dalla tabella, quale strato è più permeabile.



Fig. 6.3.6: Grafico di rappresentazione della permeabilità dei diversi tipi di terreno e commenti di alcuni studenti della classe in base ai dati riportati nella tabella.

A un gruppo infine si propone di costruire un modello di falda.

Si taglia una bottiglia di plastica in orizzontale lungo un lato in modo da creare un contenitore. Si dispongono in successione dal fondo la sabbia, l'argilla (nell'immagine i bambini che lavorano l'argilla), la ghiaia e infine il terreno di bosco.

Col taglierino si creano due ampie fessure in corrispondenza della parte superiore dello strato argilloso (fessura A) e sabbioso (fessura B). Successivamente si dispone un becker sotto ogni fessura, per raccogliere l'acqua che, versata dall'alto lentamente (500 ml), fuoriesce; si misura la quantità di acqua filtrata e l'acqua non filtrata per differenza rispetto alla quantità di acqua versata in partenza.

Per mettere a fuoco la strategia risolutiva da applicare propongo a tutta la classe un quesito matematico: *come si è suddivisa tutta l'acqua versata?* Il vantaggio di procedere in questo modo è che i bambini capiscono l'utilità che ha la matematica nelle situazioni reali.

Secondo il modello costruito, l'acqua che fuoriesce dalla fessura B rappresenta l'acqua della falda acquifera.



*Fig. 6.3.7: Foto del modello di falda realizzato dai bambini.*

### *L'acquedotto*

Il percorso si conclude illustrando come è intervenuto l'uomo per risolvere il problema della distribuzione dell'acqua prelevata dalle falde acquifere.

A tal scopo vengono eseguiti due esperimenti dimostrativi.

Nel primo, il maestro Paolo aspira l'acqua con una siringa, per far comprendere, per analogia, il funzionamento delle pompe utilizzate per prelevare l'acqua dalla falda.

Nel secondo si realizza un modello, che ogni bambino ha raffigurato nel proprio quaderno (vedi), che serve per far capire il principio fisico elementare su cui si basa la distribuzione dell'acqua dell'acquedotto. Come è illustrato nelle immagini che seguono il modello è costituito da un recipiente contenente acqua a cui è applicato un tubo in corrispondenza del foro praticato sul recipiente posto al di sotto del livello dell'acqua.

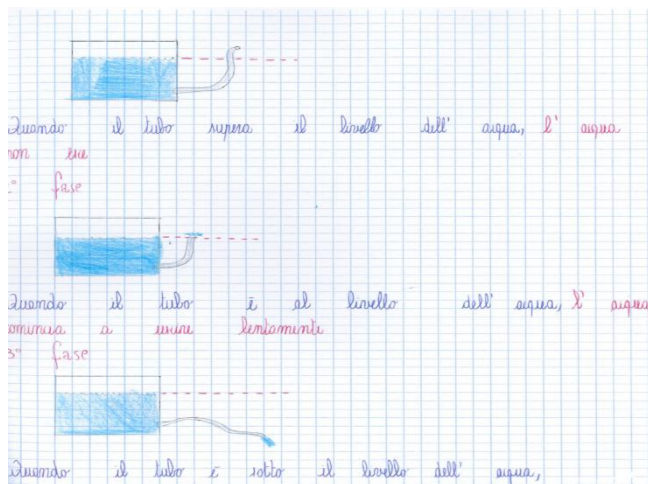
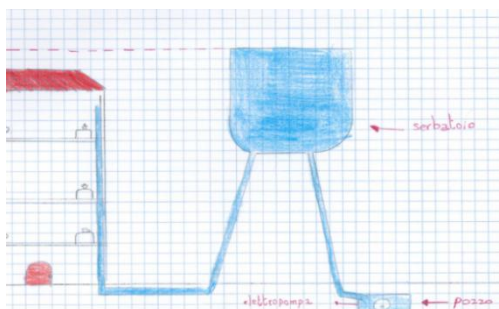


Fig.6.3.8: Disegni di uno studente che illustrano l'elettropompa e il suo funzionamento.

### Obiettivi, metodi e strumenti lato studente

Si veda quanto esposto nell'unità 6.3.3.

## 6.4 Proseguimento in quarta del percorso (nell'ottica della verticalità): il galleggiamento

Anche in questo caso, prima di procedere col descrivere gli esperimenti svolti, devo precisare che le schede dettagliate degli esperimenti sono recuperabili nella cartella *Incontrare l'acqua* nella cartella *Scanner galleggiamento*.

Lo scopo di questo lavoro, centrato esclusivamente su attività sperimentali, è stato quello di far emergere i nessi esistenti tra i contenuti del percorso *Incontrare l'acqua* e il successivo, affrontato in quarta, che ha come tema *Il Galleggiamento* e che è stato portato avanti autonomamente dal maestro. Questo per contribuire ad una formazione unitaria delle conoscenze che, nell'ottica della verticalità e della ricorsività, abbia come esito lo sviluppo di **competenze** che ora dettaglieremo in forma discorsiva<sup>604</sup>.

Richiamando ai bambini le conoscenze già acquisite l'anno precedente, essi stessi possono arrivare a una definizione di volume di una sostanza. Attraverso gli esperimenti che propongo (in particolare quello che riguarda i vasi comunicanti e il cubetto di ghiaccio immerso in acqua o olio) riescono, attraverso le loro osservazioni sperimentali con la guida del maestro, a capire che gli oggetti galleggiano in modo diverso a seconda

<sup>604</sup> Questo tema è stato approfondito nel paragrafo 3.3.1 del capitolo 3, perciò non ci dilungheremo ulteriormente.

del liquido in cui sono immersi; infatti constatano che gli oggetti si posizionano ad altezze diverse a seconda della diversa densità del liquido.

#### 6.4.1 Esperimenti attinenti al volume

- 1) In un cilindro graduato viene versata una certa quantità di acqua di cui si misura il volume (300 ml).

Una forma di das di 500 g viene divisa a metà. Una parte di essa viene modellata in modo tale che assuma una forma molto frastagliata. I bambini devono fare ipotesi riguardo a quale delle due forme, secondo il loro giudizio, risulta avere volume maggiore. L'ipotesi viene in seguito verificata misurando il volume delle due forme introdotte nel cilindro contenente l'acqua (l'aumento del livello dell'acqua fornisce la quantità desiderata). In questo modo i bambini chiariscono che il volume dei due oggetti è lo stesso sebbene quello molto frastagliato apparentemente a molti sembra avere un volume maggiore.

- 2) Si utilizzano due cilindri graduati uguali. In uno cilindro si versano 50 ml d'acqua, nell'altro 50 ml di olio. Vengono immersi due cubetti di ghiaccio e introdotti nei due cilindri graduati, misurando il volume dei cubetti sempre con lo stesso metodo adottato in precedenza. Successivamente si lasciano cadere dentro all'acqua e all'olio altri oggetti piccoli di diverso materiale con lo scopo di verificare se galleggiano (se la risposta è affermativa nella tabella viene scritto "Si", se è negativa compare "No") e di tentare di motivare come mai questo accade. Qui di seguito vengono presentati i risultati ottenuti.

Oggetto immerso nel liquido	Acqua	Olio
Cubetto di ghiaccio	Si	No
Turacciolo di sughero	Si	Si
Tappo di bottiglia di plastica	Si	No
biglia	No	No
conchiglia	No	No
Pezzetto di cera	Si	Sospeso a metà

*Descrizione dal quaderno degli studenti*

*Con sorpresa abbiamo osservato che il cubetto di ghiaccio e il tappo di plastica galleggiano solo nell'acqua, il pezzetto di cera galleggia sull'acqua mentre rimane sospeso nell'olio. Questo accade perché l'olio è più denso dell'acqua.*

#### **6.4.2 Esperimento coi vasi comunicanti**

L'anno scolastico precedente si era osservato che versando l'acqua dentro a un contenitore formato da ampole tutte comunicanti tra loro, la misura dell'altezza raggiunta dall'acqua era sempre la stessa.

Attraverso questo esperimento viene verificato cosa succede se si versa, oltre all'acqua, un liquido non miscibile (cioè che non si mescola con l'acqua), come per esempio l'olio (prestando attenzione a versarlo lentamente per evitare turbolenze). Si osserva prima di tutto che l'olio “galleggia” sull'acqua. In secondo luogo che l'altezza raggiunta dai due liquidi nelle diverse ampole in questo caso non è più la stessa.

#### **Conclusioni**

Dopo aver descritto il lavoro svolto con gli studenti della scuola primaria mi sembra opportuno esporre alcune considerazioni conclusive riportando alcune riflessioni del maestro Paolo Moraschini contenute nella sua relazione:

«La difficoltà che abbiamo incontrato all'inizio nel descrivere e spiegare gli esperimenti eseguiti, è stata quella di concatenare la loro successione in modo significativo e dentro un contesto pieno di senso. L'aiuto dell'esperto (l'autore di questo scritto) mi ha permesso di affrontare domande e incertezze, di avere maggiori occasioni di sperimentazione. L'utilizzo della misurazione in molti esperimenti ha posto alcuni problemi: l'uso di unità di misura convenzionali non ancora studiate; la questione della precisione delle misurazioni; la costruzione e la lettura di grafici. Queste complessità hanno comunque arricchito il lavoro scolastico, sia togliendo la pretesa di capire tutto e subito, sia costringendo a una riflessione sulle osservazioni e sui dati rilevati. I bambini non avevano in precedenza svolto un lavoro divisi in gruppi. Dopo aver superato un primo momento di impaccio e aver imparato a controllare il volume della voce, si sono organizzati sia distribuendo i compiti all'interno del gruppo, sia manipolando il materiale con una certa attenzione, sia registrando quanto osservato. Mi ha positivamente colpito la serietà dei bambini nei confronti del lavoro richiesto; in particolare alcuni alunni, spesso in difficoltà di attenzione e concentrazione, hanno mostrato un interesse vivo e una presenza vivace. La difficoltà maggiore emersa

durante la gestione dei gruppi è stata la contemporaneità degli stessi; questo fatto ha obbligato a coinvolgere fino a quattro insegnanti della classe (in particolare l'insegnante di sostegno di un alunno disabile, inserito in un gruppo). In positivo, lo svolgimento del lavoro contemporaneamente da parte dei diversi gruppi ha migliorato la compattezza e perciò la comprensività del percorso. Molto interessante è stato anche il momento dell'esposizione alla classe dei risultati di ciascun esperimento da parte di ogni gruppo: il lavoro serviva a tutti e la fatica di spiegare era temperata da un giusto orgoglio.»

## 6.5 Le unità di apprendimento del percorso *Il moto dei Pianeti nel sistema solare*

### **Descrizione**

Il rapporto tra conoscenze matematiche e tecnologiche nel contesto storico-sociale che ha condotto allo sviluppo della teoria eliocentrica.

**Insegnante:** Maria Micheletti

Attraverso questo percorso si intende far acquisire agli studenti le seguenti **competenze**.

- Conoscere il motivo per cui si alternano le stagioni.
- Dedurre la posizione del Sole e della Luna rispetto alla Terra nel modello materiale costruito conoscendo la posizione apparente del Sole e della Luna osservata dalla Terra e vice-versa.
- Comprendere come e perché l'ombra dello gnomone cambia durante il dì e nelle diverse stagioni.
- Conoscere il metodo utilizzato da Eratostene per calcolare il raggio della Terra.
- Conoscere il metodo utilizzato da Aristarco per calcolare la distanza della Terra dalla Luna.
- Conoscere le tappe principali del percorso storico che ha portato alla teoria eliocentrica e alla formulazione delle prime due leggi di Keplero che descrivono il moto dei Pianeti.
- Conoscere le caratteristiche geometriche principali di un'ellisse.
- Applicare correttamente le conoscenze matematiche relative alle proporzioni per rappresentare in scala le orbite ellittiche dei pianeti.

Procedo ora col descrivere in modo sintetico il percorso. I paragrafi che seguono costituiscono le unità di apprendimento del percorso. Diversamente dal percorso precedente, che era più lungo e articolato <sup>605</sup>, ho preferito non ripetere per ogni unità di apprendimento le conoscenze e abilità acquisite, sintetizzandole in un'unica tabella che riguarda l'intero percorso.

Il percorso comprendeva anche due uscite didattiche (a cui abbiamo già accennato nel paragrafo *Pre-requisiti conoscitivi*) che hanno favorito la comprensione dei contenuti proposti. La prima uscita, al planetario, ha consentito l'osservazione della simulazione del percorso del sole nelle varie stagioni, con qualche approfondimento sul movimento apparente delle stelle. La seconda uscita, presso un osservatorio astronomico, ha reso possibile l'osservazione del cielo stellato prima a occhio nudo; poi, servendosi di un telescopio, si è potuto vedere in modo più particolareggiato alcuni pianeti, i loro satelliti e alcune stelle della Via Lattea.

Metto in evidenza che anche per quanto riguarda questo percorso sono presenti alcuni allegati raccolti nella cartella *Sistema solare* che documentano nei dettagli il lavoro svolto. In essa sono si possono recuperare:

- le cartelle *Lezione 1,2,3* contenenti il materiale proposto in visione agli studenti durante le mie lezioni (slide e filmati) e la spiegazione del contenuto delle lezioni che è stata distribuita ai ragazzi per favorire lo studio (i file *Lezione 29-2; 07-03; 21-03*);
- il file *Relazione Micheletti* che descrive l'esperienza di formazione effettuata dall'insegnante (di cui abbiamo già parlato nel paragrafo 6.2.4).

I due articoli che descrivono il percorso e che sono pubblicati sulla rivista sono invece recuperabili alla fine di questo testo nell'*Archivio degli articoli Emmeциquadro ordinati*

---

<sup>605</sup> Il motivo per cui tale percorso è più breve rispetto a quello della primaria dipende sostanzialmente da due aspetti: il primo è che gli studenti della secondaria hanno bisogno di tempi inferiori per acquisire aspetti concettuali importanti, perciò è necessario meno frequentemente ricorrere al supporto di attività pratiche, le quali, oltretutto, sono eseguite con maggior scioltezza, autonomia e velocità dagli studenti. Il secondo è che la docente non desiderava soffermarsi per più tempo su questo tema, che poteva essere certamente sviluppato in modo più approfondito. Questo riteniamo dipenda dalla difficoltà che hanno spesso i docenti di abbandonare una modalità molto diffusa nella scuola italiana di affrontare tanti argomenti spesso senza riuscire ad andare a fondo dei contenuti attraverso un approccio sperimentale e investigativo. Quest'ultimo aspetto già in altre occasioni evidenziato (si veda il paragrafo 5.3 e 5.7 del capitolo 5), emerge anche dalle ricerche TIMSS e dipende anche da un numero limitato di ore a disposizione per le Scienze nella Secondaria di primo grado.



in base alle categorie culturali e didattiche individuate con il titolo: *Percorsi Secondaria di Primo grado*<sup>606</sup>.

### 6.5.1 UA1: la costruzione del modello

L'insegnante con i ragazzi ha costruito un modello «materiale»<sup>607</sup> del sistema Terra-Luna-Sole con mezzi poveri e facilmente reperibili (mappamondo che si muove su un vassoio girevole, posizionato su uno skate board, una fascia di alluminio che rappresenta l'orbita terrestre, vasi di plastica, aste di ferro filettate; cemento a presa rapida; calamite; fili di elastico giallo per simulare i raggi del Sole; lampada da terra e faretto di luce polarizzata come sorgente della luce solare).



Fig. 6.5.1: Fotografia del modello Terra-Luna-Sole.

Diversi sono i vantaggi offerti da questo modello rispetto a quelli presenti in commercio; in particolare è possibile osservare bene l'alternanza delle stagioni, gli eclissi di Sole e di Luna e le fasi lunari; questo grazie alle dimensioni del modello e all'utilizzo di una fonte di luce che permette di individuare chiaramente sia le ombre che si formano sulla Luna e sulla Terra durante i loro moti di rotazione e rivoluzione, sia l'inclinazione dei raggi solari sulla Terra alle diverse latitudini.

<sup>606</sup> Ci stiamo riferendo a Correale N. Z[2012a] e Z[2012b].

<sup>607</sup> Ricordiamo che l'utilizzo dei modelli in generale non avviene per attuare una strategia didattica ma per favorire l'acquisizione di una mentalità scientifica. A questo proposito si possono riprendere i contenuti approfonditi nel paragrafo 1.3.2 del capitolo 1 e 3.2.2 del capitolo 3.

### 6.5.2 UA2: le stagioni

Utilizzando il modello si è osservato che dall'inclinazione dell'asse terrestre rispetto alla perpendicolare al piano dell'eclittica dipende sia che il circolo di illuminazione (ovvero la parte di superficie terrestre illuminata) non passa dai poli; sia che i raggi del Sole ai due poli, ai due tropici e all'equatore sono diversamente inclinati nei due equinozi e nei due solstizi (cioè i tempi in cui hanno inizio le quattro stagioni). Tale inclinazione è stata misurata dai ragazzi col goniometro (ipoteticamente nell'ora di mezzogiorno) ai due tropici, ai poli e all'equatore nei due equinozi e nei due solstizi. Gli studenti hanno avuto modo di rendersi conto concretamente di quello che avviene durante il moto di rivoluzione della Terra e perciò è stato possibile sradicare l'errata convinzione molto diffusa secondo cui l'alternanza delle stagioni sia dovuta alla diversa distanza del Sole dalla Terra.

*Dal quaderno di uno studente*

#### **Il moto di rivoluzione della Terra e l'alternarsi delle stagioni**

Per mostrare il moto di rivoluzione della Terra abbiamo utilizzato il modello Terra-Sole. Il mappamondo, che rappresenta la Terra (fissato su un piedistallo di metallo appoggiato su uno skateboard) viene fatto muovere su una rotaia di ferro che rappresenta la traiettoria della Terra intorno al Sole, denominata eclittica. L'eclittica ha la forma di un'ellisse poco schiacciata (si dice con bassissima «eccentricità»). Il Sole nel nostro modello ha forma cilindrica per poter mostrare che i raggi di luce (rappresentati dagli elastici gialli) che arrivano sulla Terra sono fra loro paralleli.

Il moto di rivoluzione avviene in 365 giorni, il nostro anno solare.

Le stagioni che si susseguono durante l'anno hanno inizio in quattro giorni particolari dell'anno: nel solstizio d'estate e d'inverno e nell'equinozio di primavera e di autunno. Abbiamo compreso che le stagioni ci sono a causa del movimento di rivoluzione della Terra e dell'inclinazione dell'asse di rotazione della Terra. Usando il nostro modello abbiamo osservato cosa succede in questi giorni, ipoteticamente nell'ora di mezzogiorno.

### 6.5.3 UA3: le fasi lunari

In un secondo momento l'insegnante ha spiegato le fasi lunari simulando il moto di rivoluzione della Luna sempre con il modello materiale e individuando le sue quattro principali posizioni rispetto alla Terra e al Sole. Si è compreso così, il motivo per cui la Luna appare illuminata in modo crescente fino a diventare *piena*, e illuminata in modo decrescente, fino a non essere più visibile (*nuova*)

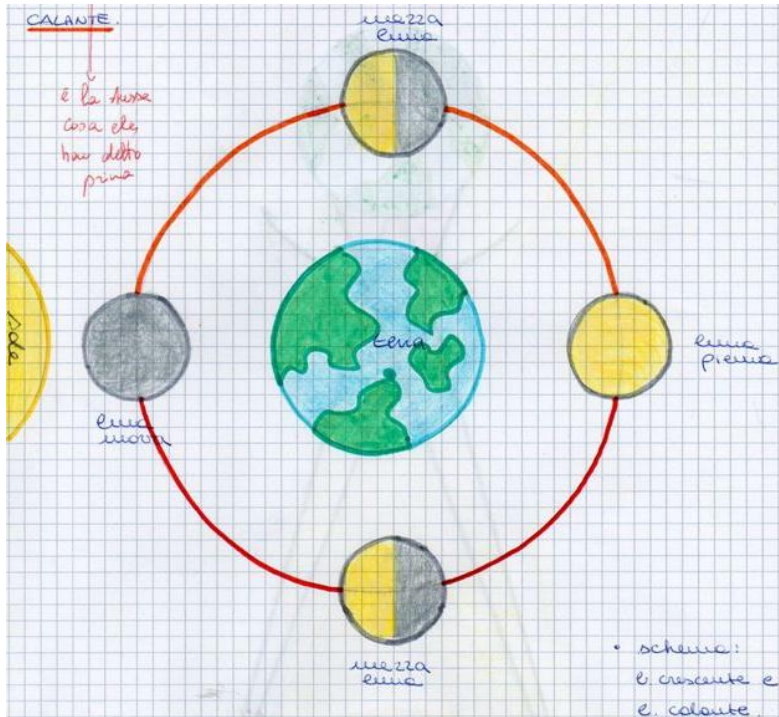


Fig. 6.5.2: Le fasi lunari - disegno dei ragazzi

*Dal quaderno di uno studente*

### Le fasi lunari

Le fasi lunari sono generate dal moto di rivoluzione della Luna attorno alla Terra. Muovendo la Luna del nostro modello abbiamo potuto osservare cosa accade. Prima di tutto abbiamo scoperto che noi possiamo osservare la Luna perché essa viene illuminata dal Sole. Infatti, essendo un satellite, non può emettere luce propria come invece fanno le stelle. Però la Luna è ben visibile solo di notte perché durante il dì la luce del Sole è troppo intensa. Il suo moto di rivoluzione avviene in 27 giorni terrestri circa. Poiché la Luna nel frattempo ruota anche intorno al proprio asse nello stesso tempo (1 giorno lunare è uguale a 27 giorni terrestri) succede che essa rivolge verso la Terra sempre la stessa faccia. La parte di Luna che non osserviamo mai è quella più esposta a meteoriti. Per questo motivo le fotografie scattate dai satelliti mostrano molti più crateri.

Anche l'orbita della Luna, come quella terrestre, è di forma ellittica ed è inclinata di 5 gradi rispetto all'eclittica.

Descriviamo ora le quattro fasi lunari:

- Luna nuova: la Luna non si vede, si trova tra la Terra e il Sole.

- Mezza Luna (crescente): è illuminata *per metà*.
- Luna piena: è completamente illuminata, si trova dal lato della Terra opposto al Sole.
- Mezza Luna (calante): è illuminata *per metà*.

#### 6.5.4 UA4: le eclissi

Infine si sono osservati anche le eclissi di Luna (quando la Terra è situata tra il Sole e la Luna) e di Sole (quando è la Luna a frapporsi tra il Sole e la Terra adombrando il Sole).

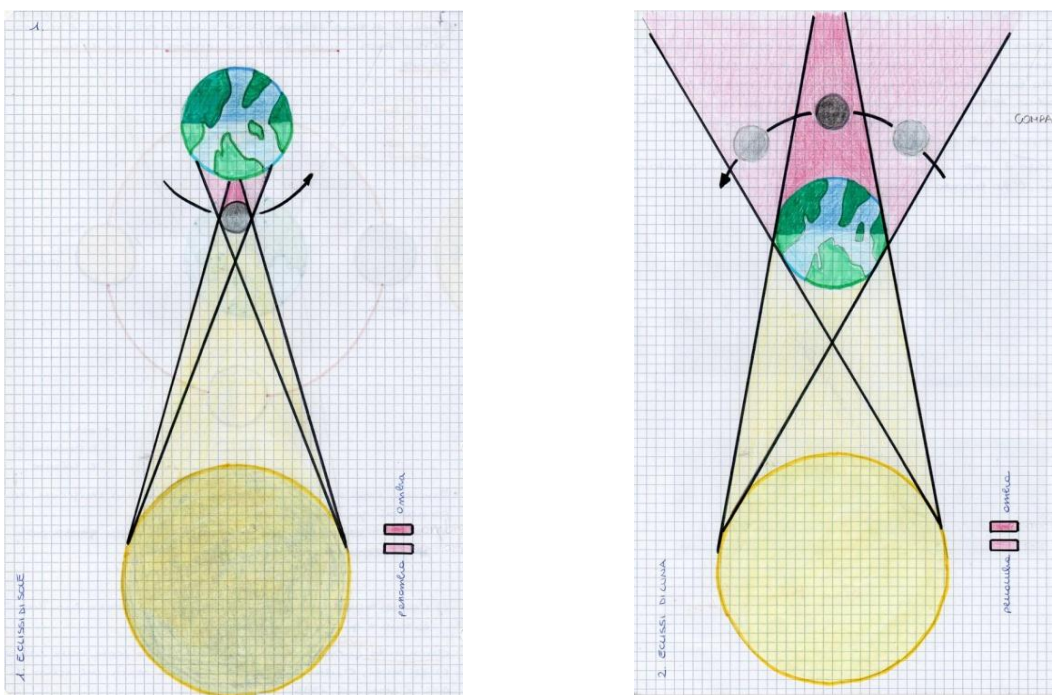


Fig. 6.5.3: Disegni dei ragazzi dell'eclissi di Sole (prima immagine) e di Luna (seconda immagine).

#### 6.5.5 UA5: i movimenti apparenti del Sole

Viene osservata e misurata la variazione della lunghezza dell'ombra di un ago fissato sul modello della Terra durante il moto di rotazione intorno al Sole in un dato momento dell'anno, nel nostro caso l'equinozio di primavera. Tale osservazione viene confrontata in seguito con quella ottenuta (nel giorno di equinozio di primavera) misurando la lunghezza dell'ombra di una penna

illuminata da una lampada che simula il movimento apparente del Sole. Durante questa attività si è potuto anche mostrare cosa accade nell'equinozio di autunno e nei solstizi. Infatti si può osservare la variazione della lunghezza e dell'inclinazione dell'ombra in corrispondenza della diversa traiettoria del Sole al susseguirsi delle stagioni. In alternativa si sarebbero potute eseguire osservazioni e misure all'aperto relative all'ombra di un'asta, posta nel giardino della scuola, illuminata dal Sole. Queste osservazioni hanno consentito di verificare la correttezza del modello Terra-Sole-Luna.

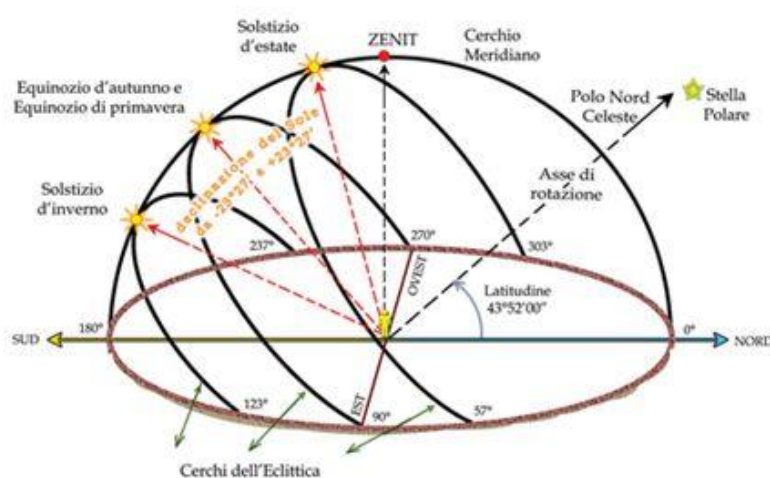


Fig. 6.5.4: Posizione del Sole nelle diverse stagioni nell'ora di mezzogiorno.

*Dal quaderno di uno studente*

### La rotazione terrestre

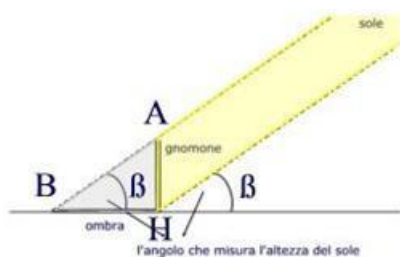
Ai poli della Terra nel nostro modello sono stati applicati due fili di ferro che rappresentano l'asse terrestre. In questo modo si osserva bene che l'asse terrestre è inclinato di 67 gradi rispetto all'eclittica. La Terra gira attorno all'asse terrestre durante il suo moto di rotazione.

Abbiamo posizionato un bastoncino in corrispondenza dell'Italia e abbiamo osservato le ombre che si formano sul globo terrestre. Per osservare l'ombra del bastoncino è stato utilizzato un faretto che simula il Sole. La Terra si muove in senso anti-orario, perciò da Ovest verso Est (per questo vediamo sorgere il Sole a Est e tramontare a Ovest). In ogni momento del giorno c'è una parte della Terra che è illuminata e una che non lo è. La delimitazione di queste due zone lungo la circonferenza di tutto il globo terrestre si chiama circolo di illuminazione e nel modello è rappresentata da una fascia di metallo, che segue la curvatura della Terra in senso trasversale. Abbiamo poi immaginato che il bastoncino fosse un «omino» a cui piace osservare il cielo. Quando si sveglia il Sole sorge a Est e la sua ombra è in direzione opposta. Al

ruotare della Terra attorno al Sole, l'ombra si accorcia fino ad arrivare a mezzogiorno quasi sotto i suoi piedi (scompare del tutto al solstizio d'estate). Quando tramonta il Sole l'«omino» vedrà le stelle muoversi eccetto una: la stella polare.

### Il moto apparente del Sole

In un'aula buia abbiamo osservato l'ombra, proiettata su un foglio, di un pennarello illuminato dalla luce di una lampada, che rappresentava il Sole. L'insegnante spostava la lampada simulando il moto del Sole: il Sole durante il giorno percorre un arco nel cielo in senso orario sorgendo a Est e calando a Ovest. Abbiamo notato che l'ombra del pennarello era sempre in direzione opposta a quella della lampada mentre l'ombra aveva la stessa direzione dei raggi del Sole. La lunghezza dell'ombra è massima al mattino quando il Sole è più basso sull'orizzonte, poi decresce fino a essere minima a mezzogiorno quando il Sole raggiunge la sua massima altezza; poi l'ombra cresce di nuovo fino a essere massima quando il Sole tramonta. L'angolo formato dalla lunghezza dell'ombra e dalla linea che congiunge l'estremità dell'ombra all'estremità del pennarello, indica l'inclinazione dei raggi solari.



*Fig. 6.5.5: L'angolo formato dalla lunghezza dell'ombra e dalla linea che congiunge l'estremità dell'ombra all'estremità dello gnomone, indica l'inclinazione dei raggi solari.*

Queste osservazioni hanno consentito di verificare la correttezza del modello Terra-Sole-Luna.

Alla fine della lezione ho posto ai ragazzi la seguente domanda: Secondo voi prima dell'utilizzo dei satelliti come si sarebbe potuto provare il moto di rotazione della Terra attorno al Sole? Per rispondere al quesito in modo esauriente si è compreso che era necessario un ulteriore approfondimento che sarà descritto in seguito (nel percorso storico che riguarda la maturazione della teoria eliocentrica e nell'attività che riguarda la rappresentazione grafica delle orbite).

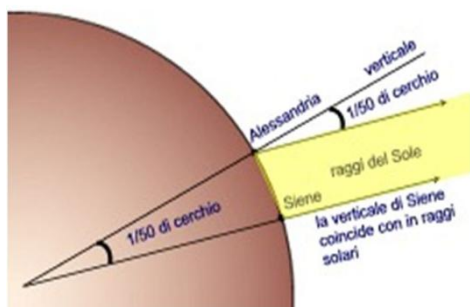
### 6.5.6 UA6: il percorso storico

Ho presentato poi brevemente due protagonisti della storia dell'astronomia, in genere poco conosciuti: Eratostene e Aristarco da Samo; è stato possibile mostrare ai ragazzi i loro metodi di misura perché fondati sulla geometria euclidea a loro nota.

## Eratostene

Il procedimento seguito da Eratostene per calcolare il raggio terrestre è stato presentato con il supporto di alcune slide. Si è mostrato come ha ottenuto la misura dell'angolo di inclinazione dei raggi del Sole a mezzogiorno nel solstizio estivo, nella città di Alessandria che si trova a nord di Syene “quasi” sul Tropico del Cancro. Abbiamo potuto notare che la modalità seguita da Eratostene è la stessa utilizzata precedentemente studiando il moto apparente del Sole, come è mostrato in figura. In questo modo si ha l'occasione di mostrare un'applicazione diversa dei concetti appresi precedentemente.

La misura dell'angolo di inclinazione dei raggi di luce trovato da Eratostene corrisponde alla misura dell'angolo tra la verticale ad Alessandria e la verticale a Syene, in quanto nel Solstizio estivo il Sole è perfettamente perpendicolare a Syene. Questo angolo, come mostra la figura seguente, equivale anche a quello formato dal raggio della Terra che ha per estremo Alessandria e dal raggio che ha per estremo Syene.



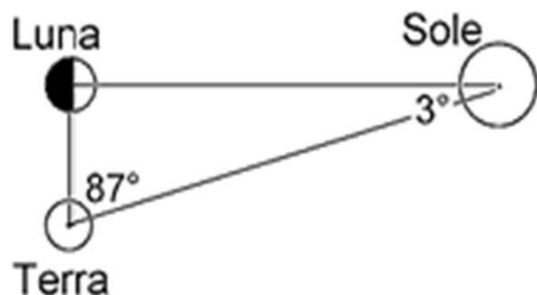
*Fig. 6.5.6: il disegno mostra la diversa inclinazione dei raggi solari nelle due posizioni prese in considerazione da Eratostene,*

Nota la distanza tra le due città, attraverso una proporzione è possibile calcolare la lunghezza della circonferenza terrestre e, di conseguenza, del suo raggio.

## Aristarco



Il calcolo di Aristarco del rapporto tra la distanza Luna-Sole e la distanza Terra-Sole è stato presentato partendo da un'immagine che mostra la Luna posta di fronte al Sole come è mostrato in figura 6.12:



*Fig.6.5.7: il disegno mostra la posizione della Luna (denominata L) rispetto alla Terra (denominata T) e al Sole (S) scelta da Aristarco per eseguire il suo calcolo.*

In questa particolare posizione accade che l'angolo TLS è di 90 gradi, perciò è possibile stimare le ampiezze degli altri due angoli del triangolo rettangolo ottenuto congiungendo i tre astri. Nonostante il ragionamento di Aristarco fosse corretto si fa notare agli studenti che senza strumenti dotati di una certa precisione (che Aristarco non poteva certo avere a disposizione) risulta difficile misurare esattamente l'angolo formato fra il Sole e la Luna e osservare l'istante in cui la parte illuminata della Luna è proprio la metà.

I ragazzi hanno poi riprodotto il metodo di misura adottato da Aristarco con carta e matita su un foglio di carta millimetrata.

Infine ho utilizzato una simulazione al computer dell'oscillazione del pendolo di Foucault nelle ventiquattro ore, in cui si osserva che il piano di oscillazione del pendolo ruota lentamente in senso orario nell'emisfero boreale e in senso antiorario nell'emisfero australe (all'equatore invece il piano non ruota). Questo comportamento consente di comprendere che questa è stata una delle prove del moto di rotazione della Terra.

### *Dalla teoria geocentrica a quella eliocentrica*

Per sviluppare questo tema ho proposto un percorso di tipo storico avvalendomi del supporto di slide e filmati che ho proiettato durante la spiegazione. Ho incominciato

ponendo agli studenti delle domande per agganciarli a quanto loro già sapevano riguardo a come l'uomo interpretava il moto dei pianeti del sistema solare fino al periodo rinascimentale. Ho fatto notare che prima dell'utilizzo dei telescopi (e dei satelliti artificiali), cioè nel periodo storico considerato, solo alcuni pianeti (Marte, Venere e Giove) erano osservabili ad occhio nudo abbastanza bene: Mercurio si avvista per pochi giorni all'anno e in certe condizioni particolari, mentre i pianeti esterni, eccetto Saturno, sono stati scoperti dopo che fu provata la correttezza della teoria eliocentrica (Urano fu avvistato per la prima volta nel 1781 da Frederick William Herschel, Nettuno nel 1846 da Johann Gottfried Galle). A questo punto ho illustrato in breve il sistema tolemaico. Osservando dalla Terra, ritenuta immobile, i pianeti allora noti, si notava che essi compivano moti complessi: la loro rotazione si sviluppava da ovest ad est, ma talora "tornavano indietro». Il sistema tolemaico interpretava il moto retrogrado, supponendo che il moto dei pianeti fosse composto di una traiettoria circolare intorno alla terra detta *deferente* e di circonferenze più piccole, detti *epicicli*, centrate in un punto del deferente.

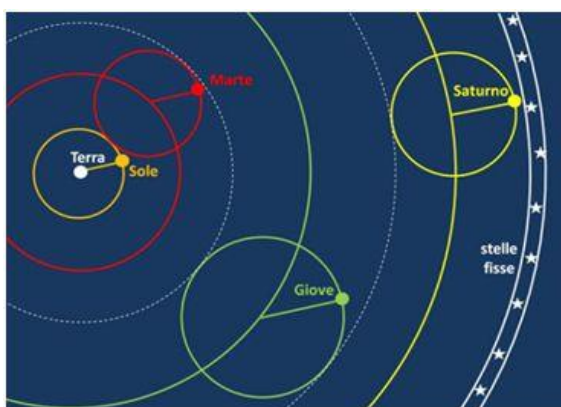


Fig.6.5.8: Il moto dei pianeti osservato dalla Terra.

Si pensava dunque che sia gli epicicli sia la traiettoria attorno alla Terra fossero delle circonferenze e che la velocità seguita dai pianeti fosse costante, come ho mostrato attraverso un filmato. Quando capitava che le previsioni del sistema tolemaico non corrispondevano alle osservazioni eseguite, veniva aggiunto un epiciclo per far tornare i conti.

Successivamente ho descritto in sintesi la teoria eliocentrica basata sull'ipotesi che i moti del Sole e degli altri pianeti osservati dalla Terra siano apparenti e che tutti i

pianeti, compreso il nostro (non più considerato un sistema di riferimento fisso), ruotino attorno al Sole. Per raggiungere questo obiettivo ho illustrato le tre concezioni, copernicana, galileiana e kepleriana, evidenziando la maturazione delle conoscenze avvenuta nel corso del tempo attraverso metodi e strumenti sempre più precisi e rigorosi.

### *Nikolas Copernico (1473 - 1543)*

Copernico sosteneva l'ipotesi della rotazione e rivoluzione terrestre, riprendendo il pensiero di Aristarco di Samo, astronomo dell'antica Grecia che avevamo già incontrato. Tuttavia le osservazioni astronomiche su cui si basavano i suoi calcoli matematici erano molto imprecise, a tal punto che in base ad esse sembrava più plausibile la teoria geocentrica. Inoltre gli astronomi dell'epoca e Copernico stesso, presumevano che i pianeti percorressero traiettorie circolari con velocità costante.

### *Galileo Galilei (1564 - 1642)*

Anche Galilei, come Copernico, era convinto che le traiettorie seguite dai pianeti fossero circolari; tuttavia l'approccio da lui seguito era molto diverso: convinto assertore del modello copernicano, cercava delle prove sperimentali a suo sostegno; per questo utilizzò uno strumento mai puntato prima verso il cielo, il cannocchiale.

Ho descritto col supporto di alcune slide e video, le principali osservazioni effettuate da Galilei a partire dal 1609 grazie a questo prezioso strumento: le montagne della Luna generate dai detriti di meteoriti, il numero enorme di stelle che compongono la Via Lattea, gli anelli di Saturno (che però gli apparvero come due corpi laterali) e le macchie solari.

Attraverso le sue osservazioni più particolareggiate della Luna e del Sole divenne evidente che i corpi celesti non erano di natura diversa rispetto alla Terra, e che gli astri non erano immutabili come si pensava in passato (in questo senso anche l'astronomo danese Tycho Brahe aveva fortemente contribuito con l'osservazione di una supernova). Inoltre Galilei poté cogliere con maggior evidenza ulteriori differenze fra le stelle e i pianeti, non legate solo al tipo di moto seguito (si era osservato che i pianeti, come è già

stato detto, seguivano talvolta un moto retrogrado), ma anche al fatto che i pianeti con il cannocchiale apparivano come delle piccole sfere, mentre le stelle mantenevano il loro aspetto puntiforme. L'aspetto che, però, ho messo principalmente in evidenza riguarda le osservazioni di Galilei che fornirono validi elementi a sostegno della teoria eliocentrica: le fasi di Venere e l'esistenza di quattro satelliti di Giove.

Grazie a queste osservazioni sembrava più convincente pensare che il moto degli altri pianeti fosse del tutto analogo a quello della Terra.

Le osservazioni di Galilei sono state sintetizzate agli studenti attraverso uno schema che favorisse la loro memorizzazione.

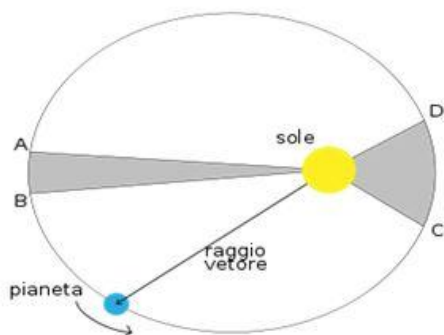
### *Johannes Kepler (1571 – 1630)*

Le osservazioni di Galilei e le leggi di Keplero sono all'incirca contemporanei, ma in questo percorso ho scelto di esporre prima il lavoro di Galilei e poi quello di Keplero.

Ho preferito seguire questo ordine, in quanto esso mette a tema specificamente il moto seguito dai pianeti correttamente descritto dalle prime due leggi di Keplero; queste saranno riprese con precisione anche nell'attività che sarà descritta in seguito.

Agli studenti ho raccontato brevemente come Keplero nel 1605 riuscì a comprendere che l'orbita seguita da Marte è ellittica, avendo a disposizione le osservazioni di Tycho Brahe, a quel momento le più rigorose e sistematiche mai eseguite nella storia per mezzo del suo attrezzatissimo osservatorio in Danimarca. Ho fatto notare agli studenti che Keplero impiegò quattro anni per scoprire questa legge, anche perché le orbite differiscono molto poco da una circonferenza.

Per illustrare la seconda legge di Keplero, ho proiettato un video che simula il moto dei pianeti attorno al Sole nel caso in cui la traiettoria sia circolare, come pensava Galilei erroneamente, o ellittica, come definito correttamente dalla legge kepleriana. In questo caso ho potuto mostrare che la velocità di ogni pianeta aumenta al perielio e diminuisce all'afelio, restando costante la velocità areolare lungo tutta la traiettoria.



*Fig. 6.5.9: Velocità dei pianeti nel loro moto di rivoluzione.*

A conclusione del percorso storico appena descritto, ho potuto constatare che gli studenti hanno compreso l'importanza delle prove sperimentali affinché una teoria che spiega un fenomeno venga accettata dalla comunità scientifica. Infatti è stato possibile accertare la correttezza della teoria eliocentrica in modo incontrovertibile solo in tempi molto più recenti rispetto al periodo storico considerato (1726), quando fu possibile annotare con precisione le diverse posizioni assunte nel tempo da alcune stelle, che descrivono annualmente una piccola ellisse (aberrazione stellare), che può considerata la prova del moto della Terra intorno al Sole. Se pensiamo, poi, alle leggi di Keplero, occorsero più di trenta anni, prima che esse venissero prese in considerazione e usate da Newton per la sua deduzione della forza gravitazionale.

Inoltre gli studenti hanno potuto rendersi conto di come, nell'epoca in cui sono vissuti Galilei e Keplero, le osservazioni astronomiche fossero meno rigorose a causa di strumenti a disposizione poco precisi rispetto a quelli di cui oggi possiamo disporre; possono perciò constatare che il progresso scientifico è strettamente legato anche a quello tecnologico.

Infine possono immedesimarsi nelle problematiche affrontate dagli scienziati comprendendo con maggiore profondità e interesse i metodi e i procedimenti che li hanno condotti a determinate conclusioni.

### **6.5.7 UA7: Il grafico delle orbite ellittiche**

Le attività qui descritte sono state proposte allo scopo di capire più a fondo le prime due leggi di Keplero.

Dopo aver fornito una spiegazione di base riguardo alle caratteristiche principali di un'ellisse e al modo in cui può essere costruita, abbiamo rappresentato graficamente le orbite ellittiche dei pianeti del sistema solare (escludendo Plutone che, oltre ad essere molto lontano e molto particolare, non si trova sullo stesso piano dell'eclittica come gli altri pianeti) utilizzando un tappeto trasparente 6m x 6m steso a terra. Il motivo per cui sono state scelte queste dimensioni, più ampie di quelle di un foglio, è per visualizzare con più accuratezza le orbite ellittiche dei pianeti, anche quando «a occhio» sembrano delle circonferenze, nel caso in cui i fuochi sono molto vicini. Prima di procedere, ho fornito agli studenti una tabella contenente i dati numerici della distanza massima e minima reale di ogni pianeta dal Sole. Infine abbiamo ragionato sui criteri da utilizzare per scegliere il rapporto di scala adeguato che ci consentisse di riportare sul telo le orbite ellittiche rispettando le proporzioni delle misure reali.

Abbiamo poi riflettuto insieme su come potevamo costruire le orbite sul nostro telo con gli strumenti che avevamo a disposizione: uno spago, un pennarello, due chiodi di cui uno fissato nella posizione del Sole, che occupa uno dei due fuochi dell'ellisse; un'asta di legno per fissare il secondo chiodo mobile che segna la posizione del secondo fuoco dell'orbita di ogni pianeta; per le orbite più piccole dei pianeti interni si sono sostituiti i due chiodi con due puntine fissate su un foglio e lo spago con un filo.

Gli studenti per casa hanno eseguito lo stesso esercizio su un foglio di carta millimetrata con l'aiuto di indicazioni fornite dall'insegnante della classe per la scelta del rapporto di scala opportuno.

Una volta disegnate le orbite di tutti i pianeti ho chiesto a uno studente di simulare il moto di uno di essi applicando la seconda legge di Keplero, in modo analogo a quanto avevamo visto nel filmato: lo studente, su una delle traiettorie disegnate, camminava più o meno velocemente, mentre gli altri compagni dovevano aiutarlo nell'esecuzione del moto, fornendo suggerimenti in base alle conoscenze acquisite.

Di seguito riporto la descrizione dell'attività svolta, tratta dalla relazione di uno studente.

### La rappresentazione delle orbite ellittiche dei pianeti

Lo scopo della nostra attività è quello di descrivere il percorso seguito dai pianeti nel loro periodo di rivoluzione attorno al Sole, sapendo che esso ha la forma di un'ellisse e che uno dei suoi fuochi è occupato dal Sole (come è descritto dalla prima legge di Keplero).

Gli elementi principali di un'ellisse sono: i due fuochi, l'asse maggiore e l'asse minore.

Per quanto riguarda la traiettoria dei pianeti esistono due posizioni particolari che essi occupano nel loro percorso: l'afelio, che corrisponde al punto di distanza massima del pianeta dal fuoco occupato dal Sole, il perielio, che corrisponde al punto di distanza minima del pianeta dal fuoco occupato dal Sole. Se tracciamo una retta che unisce il perielio con l'afelio otteniamo l'asse maggiore dell'ellisse.

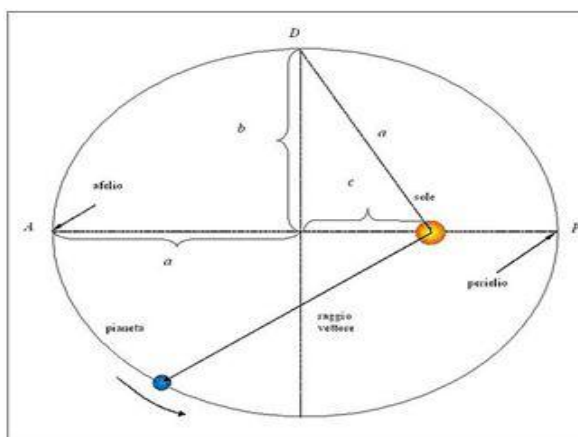


Fig.6.5.10: L'orbita seguita dai pianeti con il perielio e l'afelio messi in evidenza.

Per disegnare le orbite abbiamo proceduto in questo modo: abbiamo calcolato per ogni pianeta la distanza tra i due fuochi e la lunghezza della corda, che corrisponde alla misura dell'asse maggiore dell'ellisse. Osservando il disegno ci accorgiamo che il primo parametro è dato dalla differenza tra la distanza massima e minima del pianeta dal Sole:

$$F_1P - F_2P = F_1F_2 \text{ (distanza tra i due fuochi)}$$

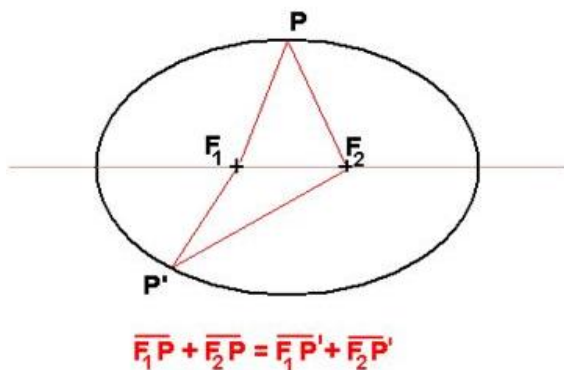


Fig.6.5.11: Il valore ottenuto sommando la distanza fra il Sole e la posizione P occupata dal pianeta con quella tra il secondo fuoco e P è sempre costante.

La lunghezza della corda (cioè  $F_1P + F_2P$  che è sempre costante, come mostra la figura precedente) è data dalla somma della distanza massima e minima del pianeta dal Sole (lo si vede bene nel caso particolare in cui la corda è posizionata in modo tale da essere allineata al punto di afelio e di perielio). La distanza massima e minima di ogni pianeta dal Sole ci è stata fornita dall'insegnante. L'insegnante ci ha mostrato come ha calcolato velocemente, usando excel,  $F_1F_2$  e l'asse maggiore in base alle formule appena scritte.

**LEGENDA:**

PS = Distanza del pianeta quando occupa il punto di Perielio dal Sole  
 AS = Distanza del pianeta quando occupa il punto di Afelio dal Sole  
 UA = unità astronomica = 150 milioni di Km

PIANETA	Distanza media dal Sole (milioni di Km)	PS (milioni di Km)	AS (milioni di Km)	AS + PS (mil. di Km)	AS - PS (mil. di Km)	PS in UA	AF in UA
MERCURIO	58	45	70	115	25	0,3	0,47
VENERE	108	108	110	218	2	0,72	0,73
TERRA	149	147	152	299	5	0,98	1,01
MARTE	228	206	249	455	43	1,37	1,66
GIOVE	778	740	816	1556	76	4,9	5,44
SATURNO	1.427	135	1509	1644	1374	0,9	10,06
URANO	2.870	2742	3013,5	5755,5	271,5	18,28	20,09
NETTUNO	4.497	4470	4549,5	9019,5	79,5	29,80	30,33

*Fig. 6.5.12: la tabella riporta la distanza media dei pianeti dal Sole, la distanza dal Sole in afelio e perielio, la distanza tra i fuochi e l'asse maggiore delle orbite dei pianeti.*

In seguito abbiamo calcolato la distanza dei fuochi in scala nel caso del pianeta più esterno da noi considerato (Nettuno) conoscendo la lunghezza massima del telo (6 m), a cui abbiamo fatto corrispondere la lunghezza della corda. Abbiamo dunque impostato la seguente proporzione introducendo i valori di  $F_1F_2$  e di  $F_1P + F_2P$  relativi a Nettuno riportati nella tabella:

$$6m : (F_1P + F_2P) = x : F_1F_2$$

Abbiamo potuto ricavare la costante di proporzionalità da utilizzare per disegnare tutte le altre orbite sul telo (la lunghezza della corda e la distanza tra i fuochi da riportare sul disegno si ottengono moltiplicando i due parametri reali per la costante).

Per disegnare le diverse ellissi abbiamo teso con cura la corda fissata ai due fuochi facendo scorrere la matita o il pennarello che via via tracciava la curva sul telo.

Per compito a casa abbiamo disegnato le orbite dei pianeti su un foglio di carta millimetrata, impostando una nuova proporzione in base alle nuove misure del foglio che abbiamo utilizzato.

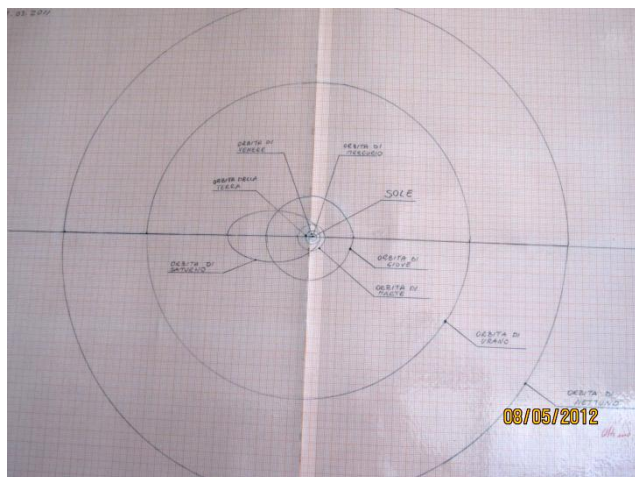


ORBITE	Periello(P)	Px0,8	Afello(A)	Ax0,8	P+A=D+	(P+A)x0,8	P-A	(P-A)x0,8
Unità di Misura	UA	Cm	UA	Cm	UA	Cm	UA	Cm
MERCURIO	0,3	0,24	0,47	0,38	0,77	0,62	0,17	0,14
VENERE	0,72	0,576	0,73	0,58	1,45	1,16	0,01	0,01
TERRA	0,98	0,784	1,01	0,81	1,99	1,59	0,03	0,02
MARTE	1,37	1,096	1,66	1,33	3,03	2,42	0,29	0,23
GIOVE	4,9	3,92	5,44	4,35	10,34	8,27	0,54	0,43
SATURNO	0,9	0,72	10,06	8,05	10,96	8,77	9,16	7,33
URANO	18,28	14,624	20,09	16,07	38,37	30,70	1,81	1,45
NETTUNO	29,8	23,84	30,33	24,26	60,13	48,10	0,53	0,42

ORBITE	Periello (P)	Px0,6	Afello (A)	Ax0,6	P+A=D+	(P+A)x0,6	P-A	(P-A)x0,6
Unità di misura	UA	Cm	UA	Cm	UA	Cm	UA	Cm
MERCURIO	0,3	0,6	0,47	0,28	0,77	0,46	0,17	0,10
VENERE	0,72	0,432	0,73	0,44	1,45	0,87	0,01	0,01
TERRA	0,98	0,588	1,01	0,61	1,99	1,19	0,03	0,02
MARTE	1,37	0,822	1,66	1,00	3,03	1,82	0,29	0,17
GIOVE	4,9	2,94	5,44	3,26	10,34	6,20	0,54	0,32
SATURNO	0,9	0,54	10,06	6,04	10,96	6,58	9,16	5,50
URANO	18,28	10,968	20,09	12,05	38,37	23,02	1,81	1,09
NETTUNO	29,8	17,88	30,33	18,20	60,13	36,08	0,53	0,32

Fig. 6.5.13: Tabella contenente i valori necessari a costruire le orbite su carta millimetrata.

La tabella precedente è stata ottenuta da uno studente utilizzando excel. Essa contiene i valori necessari per la rappresentazione delle orbite su carta millimetrata. P corrisponde alla distanza del pianeta dal Sole quando si trova nel punto di periello; A corrisponde alla distanza del pianeta dal Sole quando si trova nel punto di afello; il valore 0,8 corrisponde alla costante di proporzionalità calcolata per rappresentare le orbite sul foglio.



*Fig. 6.5.14: Disegno su carta millimetrata delle orbite dei pianeti in scala.*

Gli aspetti interessanti di questa attività ai fini dell'apprendimento, sono molteplici. Ne suggerisco alcuni. Prima di tutto gli studenti hanno modo di imbattersi nello studio di una nuova curva geometrica, l'ellisse, venendo a conoscenza di alcune sue caratteristiche, quali: l'asse minore e maggiore, i due fuochi e l'eccentricità, di cui constatano l'aumento di valore quando l'ellisse «si schiaccia». Da questo punto di vista possono rendersi conto che, per esempio, l'orbita terrestre in effetti appare quasi una circonferenza nei disegni eseguiti in scala (al contrario di quello che di solito mostrano le illustrazioni che si trovano sui libri di testo differisce molto poco da una circonferenza) mentre l'orbita di Saturno e Mercurio appare molto schiacciata. Di conseguenza il modello con traiettoria a forma di circonferenza, soprattutto se si ha a disposizione un foglio da disegno di dimensioni standard, è un'approssimazione accettabile che semplifica molto le cose; basta porre la distanza tra Terra e Sole pari all'unità cioè considerare tale distanza come unità di misura di riferimento (che corrisponde all'Unità astronomica, UA) e impostare le altre proporzioni per trovare le distanze degli altri pianeti. Ecco perché ha senso parlare di distanza media dal Sole senza considerare i parametri tipici dell'ellisse. In questo senso potrebbe valere la pena eseguire anche un disegno assumendo che le orbite siano circolari e adottando lo stesso rapporto in scala scelto per la rappresentazione delle orbite ellittiche; in tal modo potrebbero essere confrontati i due modelli.

Gli studenti attraverso il lavoro che abbiamo descritto hanno potuto rendersi conto dell'enorme diversità di distanze esistente tra i pianeti interni ed esterni rispetto al Sole. Inoltre hanno la possibilità di utilizzare strumenti matematici alla loro portata, le proporzioni, con cui calcolare la distanza massima e minima (o la distanza media se si considerano le orbite circolari) dei pianeti dal Sole in base al rapporto di scala scelto. Il vantaggio di applicare le conoscenze matematiche nelle scienze è che se ne comprende meglio l'utilità, avendo l'occasione di cogliere i nessi tra le due discipline e favorendo l'acquisizione degli strumenti matematici in modo non meccanico e procedurale.

*Obiettivi, metodi, strumenti lato studenti*

	<b>Conoscenze</b>	<b>Abilità</b>	<b>Strumenti</b>	<b>Metodi</b>
<b>Osservare</b>	sa cogliere aspetti essenziali dei fenomeni naturali e li rappresenta anche sotto forma di disegni schematici o modelli (eclissi di Luna e di Sole, le fasi lunari, la diversa inclinazione dei raggi solari che determina l'alternanza delle stagioni)	sa produrre tabelle, griglie, sequenze ordinate di dati, elementi o caratteristiche; è attento; sa annotare le osservazioni compiute	quaderno o foglio, lavagna, LIM, cartelloni, telescopio	Uscite o attività con gli strumenti scelti che aiutano la spiegazione/osservazione; utilizzo del contributo dell'esperto; Utilizzo di registri comunicativi narrativo/recitativo
<b>Eeguire</b>		sa maneggiare il materiale a disposizione secondo procedure prestabilite	materiale dell'esperimento/attività	gli strumenti scelti che consentono l'esecuzione (es.:compilazione di tabelle, disegno)
<b>Misurare</b>	Comprendere il significato di incertezza della misura, uso di approssimazione, cifre significative.	sa utilizzare gli strumenti di misurazione.	goniometro e riga	gli strumenti scelti che consentono la misurazione.
<b>Descrivere</b>	sa comunicare e scrivere correttamente; sa utilizzare rapporti e proporzioni per calcolare le orbite ellittiche dei pianeti e per dedurre la posizione del Sole.	sa descrivere e interpretare aspetti della realtà attraverso linguaggi anche non verbali (grafici, schemi, disegni) o metodi (solo per la secondaria) deducendo relazioni matematiche.	quaderno o foglio	Ripetizione di parole chiave e di concetti per memorizzarli; produzione scritta e orale;
<b>Collaborare</b>		sa coordinare le proprie mansioni con quelle degli altri collaborando positivamente coi compagni.	materiale dell'esperimento/attività (cartelloni, mappe)	Partecipazione costruttiva con i compagni di classe.
<b>Confrontare</b>	sa cogliere e dedurre relazioni causali e analogie con altri contenuti trattati anche provenienti da altre discipline; sa cogliere distinzioni tra fasi diverse di tipo		diversificati	Ricorsivo; tecnica di brainstorming; sollecitazione con domande; esempi che consentono di scoprire analogie tra i contenuti.

	sperimentale e tra ipotesi diverse di spiegazione. Conosce l'evoluzione storica della teoria eliocentrica da Aristarco a Keplero.			
--	---	--	--	--

## 6.6 Elenco articoli di *Emmeciquadro* selezionati

Alla fine della nostra esposizione elenchiamo gli articoli che ci sono parsi più significativi rispetto all'argomento trattato in questo capitolo. Essi sono riportati nell'*Archivio degli articoli Emmeciquadro ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate* con il titolo: *Percorsi Primaria e secondaria di primo grado*.

## 7. Ulteriori esperienze di formazione scientifica

### Introduzione

In questo capitolo vengono presentati ulteriori esperienze di formazione docenti.

Le competenze che ho maturato durante la collaborazione con la rivista e la frequentazione dei gruppi di ricerca sono state fondamentali per consentire di cimentarmi nella stesura dei percorsi che mi accingo a descrivere, compresi quelli che non ho potuto monitorare, di cui parlerò tra poco. La dimostrazione di questo è che la loro impostazione di fondo dal punto di vista dei contenuti e dei metodi è sostanzialmente la stessa dei percorsi presentati nel capitolo precedente e rispecchia i criteri esposti nel capitolo 3, che riepilogo in modo essenziale.

In primo luogo viene dato uno spazio importante alle attività sperimentali mediante cui gli studenti sono coinvolti personalmente nello studio dei fenomeni, guidati e sollecitati dall'insegnante attraverso domande chiave che stimolano il gusto della scoperta. In secondo luogo includono la dimensione storica, che si ritiene fondamentale sostanzialmente per due motivi: favorisce la personalizzazione dell'apprendimento degli studenti che hanno l'occasione di immedesimarsi negli scienziati grazie all'utilizzo del registro recitativo (scambio di ruoli) e narrativo; agevola, inoltre, l'assimilazione di una mentalità scientifica e attraverso esperimenti storici. In terzo luogo i percorsi didattici esposti vanno concepiti come tessere di un mosaico più ampio nell'ottica della verticalità, come abbiamo documentato soprattutto nel percorso *Incontrare l'acqua*, che è proseguito affrontando l'argomento del galleggiamento<sup>608</sup>.

Procedo ora col raccontare in breve in quale contesto hanno avuto origine le esperienze di formazione che descriverò a partire dal paragrafo seguente. La prima (dal titolo: *La matematica nei fenomeni naturali*) è nata rispondendo all'esigenza di alcuni docenti della scuola secondaria di primo grado di guidare gli studenti alla scoperta di alcuni nessi importanti tra la matematica e i fenomeni naturali. La seconda esperienza che descrivo è scaturita dalla collaborazione al Progetto PON Educazione Scientifica in

---

<sup>608</sup> Per vedere un'esemplificazione sintetica di come sono utilizzati questi criteri all'interno dei percorsi si può leggere il percorso in appendice che tratta l'argomento dell'elettricità nel punto: *Originalità della proposta*.

qualità di autore di due percorsi multimediali <sup>609</sup> (*Galileo: il peso dell'esperimento e Il calore: energia o sostanza?*). Tali percorsi sono stati caricati sulla piattaforma ANSAS ex-INDIRE e sono usufruibili dai docenti di Scienze della scuola secondaria di primo grado che aderiscono al progetto frequentando i corsi organizzati dai responsabili del progetto stesso <sup>610</sup>. La caratteristica generale dei percorsi del PON è che essi si avvalgono del supporto di strumenti informatici, video, simulazioni per facilitare sia i docenti che i loro studenti. I docenti per qualsiasi chiarimento, spiegazione o consiglio hanno la possibilità di contattare gli autori dei percorsi (perciò anche la sottoscritta) <sup>611</sup>. Nel descrivere i percorsi del PON, ho ritenuto opportuno adattare e personalizzare la struttura uniformandola a quella del precedente capitolo. Anche in questo caso, dunque, come nella descrizione dei percorsi precedenti non specificherò nuovamente i prerequisiti, gli obiettivi lato docente e le competenze in quanto si potrà far riferimento a quanto esposto nel paragrafo 6.3 del capitolo 6 che descrive la struttura generale dei percorsi. Di conseguenza all'inizio di ogni percorso saranno presentate solo le competenze attese dagli studenti relative ai contenuti particolari affrontati, mentre gli strumenti e metodi adottati (che nel capitolo 6 avevo descritto insieme agli obiettivi lato studente) saranno descritti quando vengono esposti i percorsi, anche perché in questo caso hanno meno rilevanza, in quanto questi percorsi rappresentano una proposta rivolta ai docenti che esige di essere ancora sperimentata. Per quanto riguarda le competenze specifiche attese dal docente ricordiamo che esse sono costituite (come avevamo specificato anche nel capitolo 6) dalla capacità e dall'efficacia dimostrata nel comunicare e accompagnare gli studenti durante le attività che descriveremo.

### *Percorsi non monitorati*

Un'altra esperienza che ho portato avanti autonomamente, è stata quella di stilare diversi percorsi di tipo scientifico (prevalentemente adatti a studenti della scuola

---

<sup>609</sup> Nell'appendice di questo capitolo è presente anche il percorso *L'energia elettrica generata dalla pila e nei processi di elettrolisi* da me presentato ai fini della selezione degli autori del progetto PON Educazione Scientifica.

<sup>610</sup> Per ulteriori dettagli si faccia riferimento a quanto esposto nel paragrafo 4.3.4 del capitolo 4 su tale progetto e agli allegati al capitolo 4 ivi menzionati e contenuti nella cartella *PON*. In questa sede ricordiamo semplicemente che i percorsi del PON non sono stati effettivamente realizzati nelle classi, in quanto essi costituiscono materiale di consultazione in prima battuta per i tutor che guidano i corsi di formazione, in seconda battuta per i docenti che frequentano i corsi.

<sup>611</sup> *Ibidem*.

secondaria di primo grado) e matematico (destinati a docenti della secondaria di secondo grado) che non sono stati sperimentati nelle scuole ma che potrebbero essere proposti in futuro <sup>612</sup>. Essi sono contenuti nella cartella *Percorsi matematici non sperimentati* (che contiene i due percorsi: *Infinito e infinitesimi* <sup>613</sup>, *I paradossi relativi al concetto di Infinito: una questione sempre aperta* <sup>614</sup>) e nell'appendice al capitolo *Percorsi scientifici non monitorati* (che comprende i seguenti percorsi: *Il modello di propagazione rettilinea della luce*, *La storia della chimica dalla concezione aristotelica alla tavola di Mendeleieff*, *Il moto dei corpi dai gravi ai corpi celesti*; infine *L'energia elettrica generata dalla pila e nei processi di elettrolisi* <sup>615</sup>).

Mi sembra opportuno precisare che il percorso sulla luce e quello sull'energia elettrica sono stati svolti rispettivamente in una classe seconda e due terze (di Scuola secondaria di primo grado) quando ero ancora in servizio (presso la s.m.s. E. Montale di Bollate). Quando ho lasciato le mie classi per iniziare il Dottorato, la mia sostituta ha proseguito il lavoro che avevo impostato in base alle mie indicazioni. Tuttavia la collega non ha mostrato interesse nel proseguire il nostro rapporto nell'ottica di un proseguimento della propria formazione. Per questo motivo alcuni dei ragazzi non si sono neppure impegnati nella stesura della relazione che riguardava gli esperimenti perché non è stata trasmessa loro l'importanza che riveste questo aspetto del lavoro <sup>616</sup>. Oltretutto la docente non ha neppure ritenuto necessario valutare le relazioni. L'unica cosa che ho potuto fare per valorizzare gli studenti che avevano lavorato con diligenza, è stata quella di esporre le relazioni migliori durante l'iniziativa *Scienza in Piazza* (svoltasi presso la Piazza Solferino di Bollate a cui hanno partecipato molte scuole della città <sup>617</sup>) e durante la festa finale della scuola a cui ho partecipato. Ciò dimostra che i docenti, oltre a non concepirsi come persone bisognose continuamente di formazione, solitamente non

---

<sup>612</sup> Ho ritenuto opportuno non riportare tali percorsi di Matematica ma semplicemente allegarli per due motivi. Il primo: al momento essi non sono stati sperimentati nelle classi o non mi risulta siano stati utilizzati da docenti. Il secondo: in questa trattazione rivoliamo in particolare l'attenzione ai percorsi scientifici.

<sup>613</sup> Tale percorso è stato presentato a conclusione del corso che ho seguito durante il primo anno di Dottorato *Introduzione ai temi della logica e Visioni della matematica* della durata di 60 ore complessive tenuto dal Prof. R. Ferro.

<sup>614</sup> Questo percorso è stato presentato ad alcuni docenti ed in seguito pubblicato sulla rivista *Nuova Secondaria* nel mese di Ottobre 2012.

<sup>615</sup> La stesura di questo percorso (di cui ho modificato la struttura per uniformarla agli altri percorsi presentati) mi ha consentito di essere selezionata tra gli autori del Progetto PON Educazione Scientifica.

<sup>616</sup> Per approfondimenti sugli aspetti sperimentali si può consultare il paragrafo 3.2 del capitolo 3 e 6.2.4 dove descrivo le relazioni sperimentali.

<sup>617</sup> Per ulteriori dettagli riguardo a questa iniziativa si veda Origi A. U[2006].

ritengono necessario valutare l'aspetto sperimentale secondo le modalità che abbiamo già descritto in particolare nel capitolo 6<sup>618</sup>. Prediligono, infatti, le forme tradizionali di verifica, come è stato accertato anche da numerose ricerche<sup>619</sup>. Uno dei principali rischi di questa visione un po' ridotta, è che si instaura una dicotomia tra teoria e pratica che oltretutto è totalmente estranea al metodo scientifico a cui si dovrebbero educare i ragazzi insegnando le Scienze.

Dopo queste considerazioni e in base a tutte le esperienze di accompagnamento nel lavoro dei docenti nelle classi, possiamo trarre un giudizio generale: la collaborazione del docente e la sua disponibilità nel condividere a pieno le finalità e gli obiettivi dei percorsi didattici che si propongono agli studenti, sono condizioni indispensabili per ottenere un successo formativo. Nei percorsi che sono stati dettagliati in precedenza (nel capitolo 6) si è verificato come tale condivisione, oltretutto nell'ambito di esperienze rivolte agli allievi continuative nel tempo, abbia giocato a favore di un'efficacia sia da un punto di vista della formazione dei docenti, che dal punto di vista degli apprendimenti riscontrati negli studenti, come testimoniano le relazioni dei docenti coinvolti.

Un altro aspetto importante che voglio mettere in evidenza è il seguente. Esaminando attentamente il percorso *Galileo: il peso dell'esperimento* – che riguarda gli esperimenti effettuati da Galileo del piano inclinato e del pendolo e che descriveremo in seguito – si può notare che esso è strettamente correlato a quello che abbiamo descritto nel capitolo 6: *Il moto dei pianeti nel sistema solare*. Il nesso che li unisce è la presa di coscienza progressiva, nel corso della storia, degli effetti della forza di gravità sui corpi: dopo la scoperta della legge del moto dei gravi attratti dalla Terra, si passa ad intuire che può esistere una legge più generale che include il moto di tutti i corpi celesti. Tali percorsi si prestano, dunque, per essere svolti in anni successivi. Riporto questa considerazione ora che sto descrivendo i percorsi scientifici non monitorati perché fra di essi è possibile trovare il percorso sulla gravità (titolo del file: *Percorso gravità per docenti*) che dettaglia e approfondisce in modo meno sommario di quanto abbia appena fatto, tutto il percorso completo. Esso è stato presentato in forma sintetica ad alcuni docenti durante

---

<sup>618</sup> Ibidem.

<sup>619</sup> A questo proposito si può consultare il paragrafo 5.7 del capitolo 5.



un seminario <sup>620</sup> come esempio di percorso che può essere sviluppato in anni successivi nell'ottica della verticalità nella scuola secondaria di primo grado.

### *Collaborazione a progetti di ricerca presso l'Università*

Prima di procedere nel descrivere analiticamente i percorsi di formazione da me proposti, ho ritenuto necessario esporre brevemente anche alcune attività a cui ho collaborato presso l'Università di Bergamo che hanno una stretta attinenza con l'argomento che stiamo trattando. Questo per delineare un'idea complessiva del lavoro da me svolto su più fronti, che mi ha permesso di acquisire in modo proficuo le competenze necessarie nell'ambito della formazione docenti. Durante il secondo anno di dottorato ho collaborato ad un Progetto di ricerca dell'Ufficio Scolastico di Bergamo dal titolo: *La valenza educativa e orientativa dell'insegnamento disciplinare e il ruolo didattico dell'esperienza e del lavoro. Ricerca quanti-qualitativa nelle scuole pubbliche della provincia di Bergamo* coordinata dal Professore Giuseppe Bertagna. L'indagine statistica condotta sul territorio ha dato origine a un'analisi dettagliata. Il lavoro è stato suddiviso in base ai livelli di scuola e io mi sono occupata della secondaria di primo grado. Inoltre ho fatto parte del Comitato scientifico del bando di concorso regionale rivolto alle scuole secondarie di secondo grado dal titolo: *Scienziati, tecnici e inventori lombardi tra ottocento e novecento. Un percorso per la diffusione della scienza e della tecnologia attraverso proposte culturali e formative di implementazione della didattica laboratoriale*. Gli obiettivi di tale iniziativa erano di diffondere e consolidare la didattica laboratoriale come strumento per promuovere e rafforzare l'apprendimento in area tecnico-scientifiche; di favorire il superamento delle barriere esistenti tra sapere umanistico e sapere scientifico tecnologico.

Infine ho prodotto alcuni articoli, recensioni o interviste che sono stati pubblicati principalmente (ma non solo <sup>621</sup>) sulla rivista CQIA dell'Università di Bergamo, su *Nuova Secondaria* e sul sito *Il sussidiario.net* nella sezione di Scienze che mi sono stati

---

<sup>620</sup> Faccio riferimento al Seminario che ho tenuto al Convegno Incontri con la matematica XXV a Castel S. Pietro Terme dal 4 al 6 novembre 2011.

<sup>621</sup> Un mio dossier è stato pubblicato anche sulla rivista di Adapt, il cui Direttore è Michele Tiraboschi. Una recensione su *Libertà di Educazione*, un mio articolo sulla rivista *Informatica umanistica*.

richiesti dal Direttore della rivista *Emmeciquadro* Mario Gargantini <sup>622</sup>. Tali produzioni sono riportate fra gli allegati nel file *Articoli vari*.

## 7.1 Il percorso *La dimensione matematica nei fenomeni naturali*

### Descrizione

Il rapporto tra conoscenze matematiche e fenomeni naturali; il contesto storico-sociale nel cui ambito si è reso possibile lo sviluppo della matematica come linguaggio delle scienze della natura.

**Insegnante:** Anna Origgi, Antonella Martini

### Ordine di scuola

Secondaria di I grado, classe terza

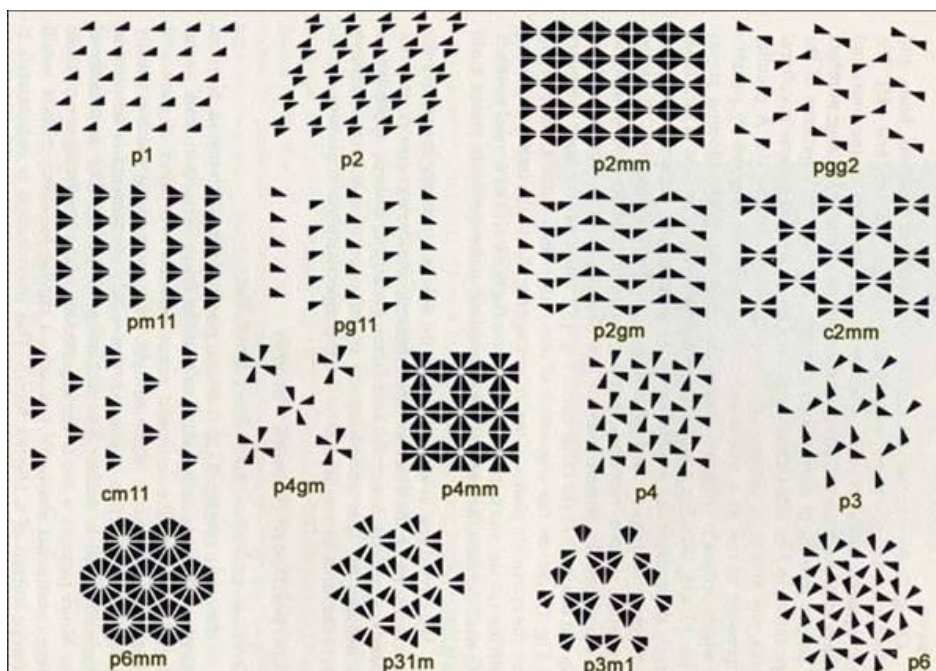
Questo percorso (presentato in tre scuole: l'Istituto Comprensivo Piazza Costa di Cinisello Balsamo, la S.m.s. L. Da Vinci-Montale di Bollate e l'Istituto Pastor Angelicus di Milano) è stato da me realizzato in seguito all'esperienza che ho avuto nel ruolo di guida per la mostra *Da uno a infinito* presentata presso la Villa Tittoni, allestita dall'associazione Diesse <sup>623</sup>. Prendendo spunto dai contenuti trattati nella mostra, il mio percorso illustra esempi in cui la matematica si dimostra adatta a descrivere alcuni aspetti osservati nell'ambito dei fenomeni fisici e della musica oppure dell'arte. In ogni scuola in cui è stato presentato, ho scelto di approfondire solo uno dei seguenti argomenti:

- per quanto riguarda i fenomeni fisici: il principio di Archimede, la legge del moto di una pallina (soggetta alla forza di gravità) che rotola su uno scivolo, le onde elettromagnetiche, luminose e sonore (da cui il nesso con la musica), sfruttando l'analogia con le corde vibranti;

<sup>622</sup> Gli articoli qui menzionati non sono rivolti esclusivamente ai docenti. Tuttavia fanno parte di quelle attività che ineriscono la diffusione di una cultura scientifica secondo i criteri caratteristici precedentemente espressi per la rivista *Emmeciquadro*.

<sup>623</sup> Questa mostra è stata portata in diversi luoghi d'Italia ripetutamente negli anni 2010 e 2011, in particolare in occasione del Festival della Scienza di Bergamo del 2011. Migliaia di studenti di scuola secondaria di primo e secondo grado hanno potuto visitarla.

- per quanto riguarda l'arte: le trasformazioni matematiche di tipo geometrico (riflessione, rotazione, traslazione o la combinazione di queste) presenti nei fregi, nei mosaici, nei rosoni, ma anche nella natura;



*Fig. 7.1.1: Questa immagine mostra i 17 possibili mosaici che possono essere composti con un certo modulo scelto (in questo caso un triangolo).*

- per quanto riguarda l'approfondimento del metodo matematico viene mostrato come ipoteticamente Pitagora può essere giunto alla dimostrazione del teorema che prende il suo nome.

A tutte le classi sono stati proposti un paio di problemi matematici da risolvere, calati in situazioni reali, che permettessero di evidenziare alcune caratteristiche fondamentali del metodo matematico, come per esempio l'utilizzo di lettere o simboli, oltre ai numeri, per la generalizzazione delle formule applicabili a più contesti. Il percorso è proseguito con una introduzione storica che descrive alcune significative tappe dell'evoluzione dei contenuti e del pensiero matematici.

Ho avuto anche l'opportunità di esporre tale percorso durante un Convegno per la formazione di docenti di matematica <sup>624</sup> evidenziando, attraverso degli esempi, le differenze di metodo, concettuali e linguistiche, tra percorsi proposti nella scuola primaria (dalla terza classe in poi), nella classe prima e terza secondaria di primo grado nell'ottica della verticalità e della ricorsività.

Molti docenti che erano presenti al seminario dopo la mia esposizione, hanno dimostrato interesse e desiderio di approfondire.

Gli argomenti che ho trattato si prestano per essere affrontati nella classe terza quando determinate conoscenze matematiche di base (rapporti, proporzioni, figure geometriche piane e solide) si presume siano ormai consolidate. In questo senso l'intervento è rivolto agli studenti, ma si offre come occasione puntuale per il docente di matematica e scienze della classe, che è invitato a partecipare attivamente alla lezione, avendo la possibilità anche di verificare se le conoscenze degli studenti si sono trasformate in competenze: si tratta essenzialmente di elaborare strategie risolutive per risolvere le situazioni problematiche proposte. La lezione non è infatti di tipo frontale ma è composta da attività di laboratorio in cui gli studenti si trovano impegnati a rispondere ai quesiti posti. Durante le attività gli studenti fanno esperienza dell'utilità della matematica in ambiti che non avrebbero considerato.

In base a quanto abbiamo esposto, diversamente dagli altri percorsi presentati nel precedente capitolo e da quelli che seguono dopo questo, va precisato che in questo caso la lezione stessa può essere considerata una verifica delle **competenze** che mi accingo ad esporre:

- risolvere situazioni problematiche sfruttando metodi e procedimenti logico-matematici, dimostrando di essere consapevoli che la matematica descrive e spiega i fenomeni naturali;
- conoscere e saper descrivere attraverso procedimenti matematici e geometrici alcune proprietà rintracciabili nelle note musicali, nelle opere artistiche, nella natura;
- intuire che il modo in cui si propaga il suono, la luce e i fenomeni elettromagnetici può essere simile a quello di un'onda;

---

<sup>624</sup> Faccio riferimento al Seminario che ho tenuto al Convegno *Incontri con la matematica XXV* tenutosi a Castel S. Pietro Terme dal 4 al 6 novembre 2011.

- saper dedurre, a partire dal calcolo dell'ampiezza degli angoli interni, quali pavimentazioni è possibile realizzare utilizzando come piastrelle un tipo di poligono regolare e successivamente utilizzando la composizione di due, tre e infine 4 poligoni regolari;



*Fig. 7.1.2: Le pavimentazioni che è possibile realizzare utilizzando un poligono regolare.*

- dimostrare di essere in grado di costruire poliedri regolari a partire dalle pavimentazioni con piastrelle della forma di un poligono regolare;
- essere consapevoli che possono esistere più vie risolutive dei problemi proposti individuando quale fra queste è più semplice e veloce;

- generalizzare semplici leggi matematiche (trovate risolvendo i problemi) usando il linguaggio simbolico;
- conoscere il metodo deduttivo matematico (attraverso il racconto di come Pitagora può aver scoperto il Teorema) e in quale contesto ha avuto origine;
- attraverso alcune tappe storiche fondamentali, imparare che il pensiero matematico si evolve e si arricchisce nel tempo.

Per quanto riguarda i docenti, hanno avuto la possibilità di riflettere sul proprio operato in classe o sugli argomenti o aspetti metodologici presi in considerazione. E' stato loro richiesto di mettere per iscritto tali riflessioni rispondendo alle domande di un questionario <sup>625</sup>. In questo modo ho potuto anche evidenziare i punti di forza e di debolezza del mio intervento <sup>626</sup>. I questionari completati dai docenti che ho menzionato possono essere reperiti nella cartella *Questionario matematica nei fenomeni naturali*.

In conclusione mi sembra valga la pena approfondire ulteriormente il differente approccio adottato in questa esperienza di formazione rispetto alle altre. Prima di tutto in questo caso l'intervento non ha richiesto un incontro preliminare col docente per deciderne l'impostazione; né è seguita una riflessione successiva come, invece, avviene nell'ambito dei gruppi di ricerca. Questo fatto costituisce un limite non indifferente. Se, infatti, il lavoro in classe non viene costantemente impostato secondo determinati criteri, un intervento del genere non produce alcun effetto significativo. Inoltre solitamente i docenti concepiscono l'intervento dell'esperto come un'attività a sé stante, per quanto arricchente, a cui non vengono collegate riflessioni, esperienze ulteriori entro un quadro organico significativo. Per questo stesso motivo accade che, anche quando i docenti propongono interessanti attività diverse dalla lezione frontale – intendo dunque non solo incontri con esperti ma anche uscite, visite a laboratori, ecc. – se i ragazzi non vengono aiutati in seguito a prendere consapevolezza di quanto osservato e incontrato come invece abbiamo esposto nei percorsi descritti nel capitolo 6, si perdono importanti occasioni di costruire nuove conoscenze o consolidarle. I risultati dei miei interventi

---

<sup>625</sup> I Questionari rivolti ai docenti che sono stati coinvolti nell'iniziativa di formazione, si trovano nel file allegato *Questionari Matematica*.

<sup>626</sup> Si veda il paragrafo 6.1 per maggiori dettagli. In sintesi possiamo richiamare che la compilazione del questionario oppure, meglio ancora, l'elaborato steso dal docente hanno duplice intento di stimolarlo a riflettere sul lavoro svolto da un lato; dall'altro consentono all'esperto e al docente stesso di evidenziare i punti di forza e di debolezza per un continuo miglioramento ed efficacia formativa.

sono stati modesti se concepiti semplicemente come eventi isolati a cui non è seguito un lavoro portato avanti dal docente <sup>627</sup>. La situazione appena descritta si è verificata quando per esempio il docente non ha attribuito importanza alla richiesta di compilare il questionario che era stato fornito e quando la docente si è allontanata dalla classe durante le attività lamentando poi una mancanza di partecipazione da parte della classe. Da quanto esposto emerge che la docente non ha compreso che il coinvolgimento degli studenti va costruito insieme all'esperto, soprattutto se quest'ultimo si trova nella situazione svantaggiosa di non conoscere gli studenti che ha occasione di vedere una sola volta. Sebbene l'incontro in sé non si sia svolto in modo proficuo, in seguito la docente coinvolta ha assimilato nel tempo molti criteri dell'impostazione proposta grazie ad una frequentazione col gruppo di ricerca e alla lettura della rivista *Emmeciquadro*. Di conseguenza si può affermare che anche quando non ci sono le condizioni per un lavoro efficace, come in questo caso, può succedere che l'intervento si trasformi in un'occasione per iniziare una fruttuosa collaborazione.

Solo nel caso dell'intervento presso la scuola *Pastor Angelicus* la docente si è coinvolta attivamente durante l'intervento sollecitando personalmente gli studenti. Inoltre, una volta diventata Dirigente scolastico nell'anno successivo, stimolata probabilmente anche dall'assunzione di questo nuovo ruolo, ha considerato estremamente importante per il suo Istituto scolastico usufruire di stimoli volti ad ampliare le competenze sia degli studenti che dei docenti attraverso il supporto di agenzie di formazione docenti o di docenti universitari. Infine si è posta in un atteggiamento critico nei confronti del proprio modo di insegnare. In questo senso lo scopo dell'intervento è stato raggiunto a pieno.

Per ulteriori dettagli sul contenuto degli interventi rimandiamo agli allegati di questo capitolo dove si trova la cartella *Seminario S. Pietro Terme* in cui sono contenuti gli atti del seminario e le slide che ho presentato e che illustrano dettagliatamente il percorso.

## **7.2 Il percorso Galileo: il peso dell'esperimento per il Progetto PON**

---

<sup>627</sup> Per ulteriori considerazioni riguardo all'importanza di condividere criteri per la progettazione di percorsi didattici, si rimanda al paragrafo 6.1 e a quanto esposto in questo capitolo nel punto *Percorsi non monitorati*.

Come è stato già esplicitato nell'introduzione a questo capitolo, i percorsi che mi accingo a descrivere in questo paragrafo e nel successivo sono finalizzati alla formazione culturale dei docenti. Essi sono stati caricati sulla piattaforma dell'ANSAS ex-indire su richiesta del comitato scientifico del Progetto PON Educazione scientifica per essere utilizzati nei corsi di formazione destinati ai docenti di Scienze. Occorre dunque tenere presente che alcuni dei contenuti e approfondimenti trattati non potranno essere utilizzati durante le lezioni così come sono, data la loro complessità, a meno di operare opportune semplificazioni. Mi sto riferendo, per esempio, per quanto riguarda il percorso seguente, alla differenza tra massa gravitazionale e inerziale, alla lettura dei testi di Galileo o alle analogie tra moto del pendolo e dei gravi sul piano inclinato; per quanto riguarda il percorso successivo sul calore alla lettura dei testi degli autori proposti che richiederebbero quanto meno un adattamento. Sarà da questo punto di vista il docente a valutare, in base agli studenti a cui si rivolge e ad altre considerazioni personali, quali contenuti è opportuno proporre e in base a quale modalità.

**Descrizione**

Attraverso gli esperimenti eseguiti da Galileo del piano inclinato (su cui si fanno rotolare palline di diversa massa e volume) e del pendolo, si intende descrivere le caratteristiche generali del moto dei corpi soggetti a forze, in particolare dei gravi.

**Nucleo Tematico** Percorsi di storia su Forze, deformazioni e movimento

**Ordine di scuola** Secondaria primo grado

**Livello/i scolastico/i** Classe seconda

Prima di procedere con l'esposizione delle unità di apprendimento di questo percorso elenco le **competenze** che si intende far acquisire agli studenti:

- Conoscere la relazione matematica tra spazio percorso da un grave e tempo impiegato a percorrerlo (legge oraria del moto uniformemente accelerato), comprendendone l'importanza.



- Riconoscere le variabili che determinano il cambiamento della velocità del grave (variazione dell'inclinazione del piano) e quali invece non influiscono (massa e volume del grave se l'attrito dell'aria non incide).
- Individuare intuitivamente alcuni nessi intercorrenti tra il fenomeno del moto di una pallina sul piano inclinato e del moto del pendolo (facoltativo).
- Comprendere che un corpo qualsiasi, se sottoposto ad una forza, è sempre sottoposto ad un'accelerazione costante sebbene non sempre osservabile, a causa dell'attrito (dell'aria o delle superfici dove appoggiano i corpi) mai eliminabile del tutto nella realtà naturale.
- Comprendere che il moto di un grave in caduta libera in assenza di attrito ha sempre la stessa accelerazione costante (come già detto la massa e il volume del corpo non incidono sul moto).

Ricordo inoltre che le registrazioni delle citazioni dei personaggi storici presenti in questa attività e in quella successiva sono contenute nella cartella *registrazioni* che è recuperabile nella cartella *materiali PON* di questo capitolo.

### **7.2.1 Confronto tra le pre-conoscenze degli studenti e le convinzioni degli antichi sul moto**

Durante la prima attività vengono poste delle domande agli studenti per sondare le loro pre-conoscenze. Il loro senso comune viene messo a confronto con l'interpretazione data dagli antichi. Vengono forniti cenni storici relativi al tentativo da parte di alcuni studiosi medievali di superare l'interpretazione del moto che proveniva dal mondo antico. Dopo aver mostrato/proiettato delle immagini:



*Fig. 7.2.1: Macchina spinta.*



*Fig. 7.2.2: Sollevamento pesi.*



*Fig. 7.2.3: la fune tirata.*

Vengono poste agli studenti le seguenti domande:

Perché la macchina, il masso e la fune si muovono?

Quali azioni sono state compiute nelle tre situazioni osservate?

Perché è stato utilizzato un carrello per muovere la macchina?

Cambia la velocità se aumenta il numero di persone che la muovono e se sì, in che modo?

Attraverso le risposte degli studenti emerge in generale un'idea intuitiva di movimento tale per cui occorre spingere con maggior forza se si vuole che il corpo si muova più velocemente. Se una persona spinge un oggetto (nel nostro caso la macchina) molto pesante da solo, la velocità è certamente inferiore rispetto a quando lo aiuta qualcuno. Il senso comune suggerisce dunque che la velocità è essenzialmente legata all'azione continua di spingere, sollevare o tirare, come è stato osservato attraverso le immagini. Com'è noto ai lettori di gialli polizieschi, un falso indizio imbroglia le cose e ritarda la

soluzione. Così è avvenuto nel caso del moto: il ragionamento suggerito dall'intuizione condusse a false idee che prevalsero nei secoli. Inoltre occorre tener presente che il metodo sperimentale si affermò definitivamente solo a partire da Galileo e solo attraverso di esso è possibile svincolarsi da conclusioni intuitive basate sull'osservazione immediata, che possono condurre fuori strada. Per molto tempo, fino al medioevo si continuò a credere che la forza accompagna il moto durante tutto il tempo in cui esso avviene. Infatti Nella *Meccanica* attribuita ad Aristotele si legge:

*Il corpo in moto si arresta, allorché la forza che lo spinge non può più agire più oltre in modo da spingerlo.*

Galileo comprese dove l'intuizione sbaglia: la tendenza spontanea di un corpo in movimento libero da forze che lo ostacolano è di continuare a muoversi per sempre, al contrario di quel che credevano i filosofi aristotelici. Nella terza attività è riportato un dialogo scritto da Galileo in cui è spiegato nei dettagli questo passaggio.



*Fig. 7.2.4: Galileo mentre esegue l'esperimento del piano inclinato.*

Un'altra convinzione degli antichi era che tutti i corpi tendessero spontaneamente a raggiungere il proprio "luogo naturale", determinato dalla loro forma sostanziale: corpi leggeri tenderanno quindi a salire e corpi pesanti a scendere, con una velocità proporzionale al loro peso.

Osserva però Galileo:

«Ma se questo è, ed è insieme vero che una pietra grande si muove, per esempio, con otto gradi di velocità, ed una minore con quattro, adunque congiungendole ambedue insieme, il composto di loro si muoverà con velocità minore di otto gradi: ma le due pietre, congiunte insieme, fanno una pietra maggiore che quella prima, che si muoveva con otto gradi di velocità; adunque questa maggiore si muove meno velocemente che la minore; che è contro vostra supposizione.»<sup>628</sup>

Attraverso questo ragionamento, riportato in originale, Galileo contesta il principio aristotelico secondo cui gli oggetti cadono con velocità proporzionali alla loro massa. Si giungerebbe, infatti ad una contraddizione: la somma di due corpi congiunti, certamente più pesante di entrambi presi isolatamente, dovrebbe, in base a tale principio, muoversi con velocità superiore ad entrambi, mentre invece se non considerati come un corpo unico, l'esperienza ci dice che la composizione di essi si muoverà con una velocità intermedia a quella dei due corpi.

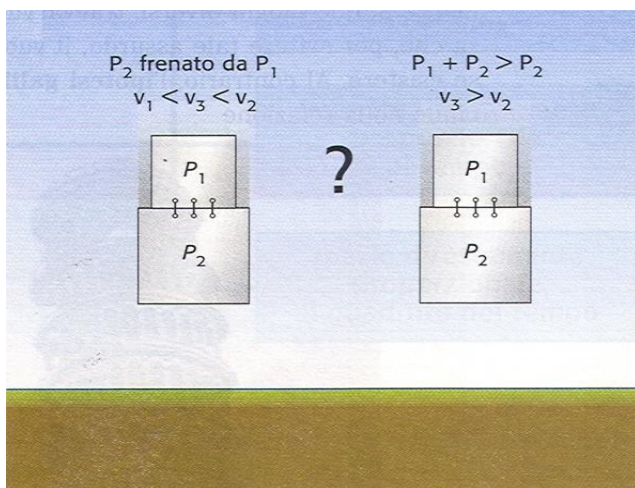


Fig. 7.2.5: La caduta di due corpi uniti di diversa massa. Il disegno illustra la domanda che si è posto Galileo: se ha ragione Aristotele, quando due oggetti di massa diversa vengono uniti quale sarà la velocità totale del corpo somma dei due?

Ma allora quando due oggetti di massa diversa vengono uniti quale sarà la velocità totale?

<sup>628</sup> Citazione tratta da: Galilei G. A[1638], p. 37; registrazione: galileo - caduta corpi.

### *L'eredità della tradizione medievale*

In questa sezione vengono forniti cenni storici relativi al tentativo da parte di alcuni studiosi medievali di superare l'interpretazione del moto che proveniva dal mondo antico. Il metodo scientifico galileiano, il cui fondamento è l'esperienza, nasce dunque nell'alveo della tradizione medievale. Secondo la visione cristiana il mondo è creato da Dio in un atto libero di amore. Di conseguenza prima di tutto esso è donato e genera stupore e meraviglia per la sua bellezza. In secondo luogo è ordinato e le leggi della natura che lo governano sono a noi comprensibili ed esprimibili in un linguaggio razionale che è quello matematico.

Scrive Galileo nella Lettera a Belisario Vinda:

«Et sì come sono di infinito di infinito stupore, così infinitamente rendo grazie a Dio, che si sia compiaciuto di far me solo primo osservatore di cosa ammiranda, et tenuta a tutti i secoli occulta.»<sup>629</sup>

Nel medioevo alcuni studiosi come Giovanni Buridano (1295-1358), ritenevano che i corpi indipendentemente dalla loro massa, cadessero tutti alla stessa velocità senza l'effetto dell'aria. Inoltre i corpi lanciati si muovevano attraverso l'aria perché era dato loro un certo "impeto" iniziale e non per effetto del moto dell'aria, come sosteneva Aristotele. Nicola d'Oresme (1320/1325-1382) aveva esposto un enunciato sulla relatività del moto e fu il primo a scoprire la "legge dei numeri dispari" relativa al moto uniformemente accelerato che avremo occasione di descrivere nella terza attività che riguarda gli esperimenti condotti da Galileo che utilizzano il piano inclinato.

---

<sup>629</sup> Galilei G. A[1610], p. 280.

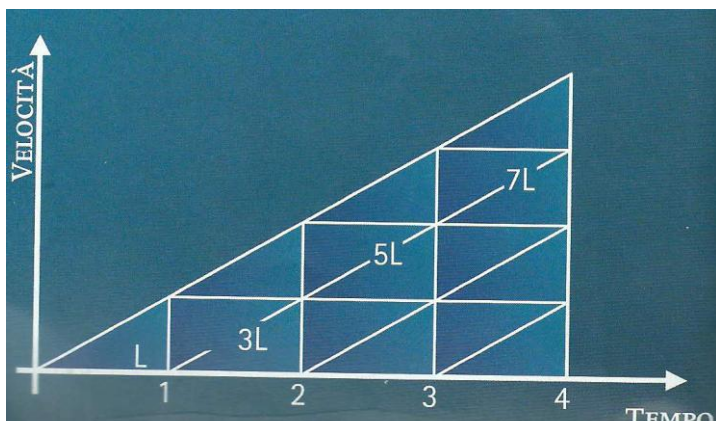


Fig. 7.2.6: Grafico della legge dei numeri dispari: nel primo intervallo di tempo il corpo percorre uno spazio  $L$ , nel secondo intervallo uno spazio  $3L$  e così via. Poiché la somma delle aree dà lo spazio totale percorso, ne segue che lo spazio totale percorso in un certo tempo è proporzionale al tempo al quadrato.

### 7.2.2 Primo esperimento: la velocità di caduta di un grave dipende dalla sua forma?

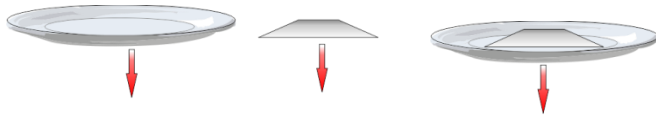
In questa sezione vengono descritti gli esperimenti che possono essere proposti agli studenti <sup>630</sup>. Si consiglia di favorire un apprendimento collaborativo attraverso lavori di gruppo adottando strategie di *problem solving* o *web quest* e devono coordinarsi nelle mansioni da svolgere; comunicare i risultati dell'esperimento del proprio gruppo ai compagni. Ogni gruppo potrebbe eseguire un esperimento diverso: uno potrebbe effettuare le misurazioni sul piano inclinato con palline di diversa massa e volume, uno potrebbe cambiare l'inclinazione del piano, l'altro potrebbe verificare la dipendenza dalla forma o dalla massa di oggetti in caduta libera, uno sperimenta col pendolo. Gli esperimenti potrebbero essere proposti sotto forma di *web quest* del tipo: "Devi partecipare a un concorso in cui devi presentare il tuo brevetto e realizzarlo in collaborazione con tre compagni che costituiscono la tua squadra di lavoro" (in alternativa si può prevedere un'uscita didattica al Museo Galileo di Firenze dove c'è un laboratorio per studenti)

<sup>630</sup> Per maggiori dettagli sulla struttura consigliata per la relazione sperimentale da assegnare agli studenti si consulti il paragrafo 6.2.4 del capitolo 6.

**Procedimento:** Un foglio di carta appallottolato e uno disteso presi dallo stesso quaderno vengono fatti cadere alla stessa altezza

**Osservazione:** I due corpi toccano il pavimento in due momenti diversi.

**Spiegazione del fenomeno:** La velocità di caduta dipende dalla sua forma. L'ipotesi è che ciò dipenda dalla resistenza dell'aria, pensando a certi esempi (paracadute) o anche osservando attentamente cosa succede al foglio disteso. Si può anche far riferimento alla caduta di un piatto di plastica nelle diverse situazioni qui sotto illustrate:



*Fig. 7.2.7: Caduta di un piatto di plastica in posizione orizzontale piano, rovesciato fondo.*

Cambia qualcosa se i due piatti partono insieme uno sopra l'altro (terza figura) ?

### 7.2.3 Secondo esperimento: la velocità di caduta di un grave dipende dalla sua massa?

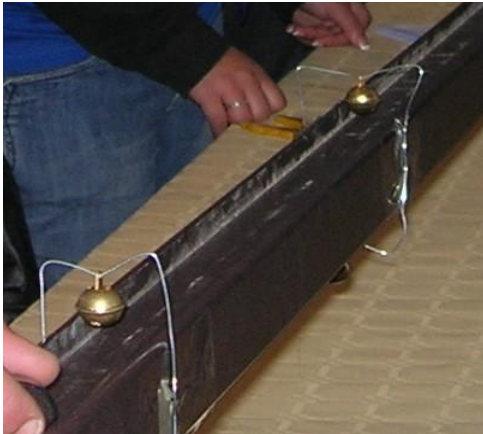
**Procedimento:** Più palline uguali per forma ma diverse per materiale (da ping-pong, di legno, di plastica piena, di acciaio, di vetro) e quindi per massa, vengono lasciate cadere dallo stesso punto.

**Osservazione:** I corpi toccano il pavimento non cadono proprio nello stesso momento, quindi non impiegano esattamente lo stesso tempo per compiere lo stesso percorso.

**Spiegazione del fenomeno:** La velocità di caduta dei gravi sembrerebbe dipendere in minima parte dalla massa, ma la differenza è piccola, soprattutto se la massa delle palline aumenta. Occorre perciò ricorrere a qualche altro metodo per comprendere meglio il fenomeno ed essere sicuri di rispondere correttamente al quesito posto.

### 7.2.4 Terzo esperimento: il moto di una pallina su un piano inclinato

La forza che spinge una pallina a rotolare lungo un piano inclinato è la stessa che attrae un oggetto verso il basso se viene lasciato cadere verticalmente. Perciò, se ci si serve di un piano inclinato che rallenta il movimento rispetto alla caduta libera, diventa possibile misurare più precisamente i tempi impiegati a percorrere un certo spazio (lunghezza del piano inclinato), quindi anche di osservare e misurare piccole differenze di velocità di palline di diversa massa. Questo è il motivo per cui Galileo ha ideato questo tipo di esperimento.



*Fig. 7.2.8: Esperimento del piano inclinato.*

Di seguito riporto, solo per avere un'idea, il materiale occorrente che può essere utilizzato <sup>631</sup>:

- Un'asta di alluminio quadrangolare lunga 4,7 m e larga 4 cm (si trova dove vendono porte e finestre in alluminio anodizzato; costo circa 60 euro);
- le campanelle in un negozio per pescatori (2 euro l'una);
- fil di ferro (circa 3 euro) in qualunque Brico Center;
- carta gommata trasparente (circa 2 euro) in un qualunque Brico Center;
- una sfera, possibilmente di acciaio

In ultimo fornisco un simpatico spunto di lavoro: utilizzando un programma software di tipo audio (alcuni, come Nero Start Smart, sono scaricabili anche gratis da Internet), si può registrare il suono dei campanellini e in seguito automaticamente misurare gli

---

<sup>631</sup> Tali suggerimenti sono stati tratti dal sito EPP M[1].



intervalli di tempo intercorrenti tra i suoni, che dovrebbero risultare (se il piano è stato costruito con cura) costanti.

**Procedimento:** Fissata l'inclinazione del piano due biglie di diversa massa vengono fatte rotolare lungo un piano inclinato. Si misura il tempo che i corpi impiegano a percorrere il piano.

**Osservazione:** Il tempo impiegato è lo stesso e la velocità delle palline aumentano (attenzione! La velocità cambia: si incrementa lungo il piano). Si può approfondire la questione determinando il tempo impiegato dalla pallina per cadere da diverse altezze e costruendo il grafico dello spazio percorso in funzione del tempo. Inoltre può essere variato l'angolo di inclinazione del piano per vedere se cambiano i risultati sperimentali.

**Spiegazione del fenomeno:** Tutti i corpi sono soggetti alla stessa variazione di velocità indipendentemente dalla loro massa. Questo è certamente strano perché apparentemente sembrerebbe che più aumenta la massa più aumenta anche la velocità di caduta in quanto l'attrazione esercitata dalla gravità su un corpo è tanto maggiore quanto maggiore è la sua massa gravitazionale, cioè la proprietà per cui i corpi "sentono" la gravità); se questo non succede è solo perché i corpi hanno anche un'altra proprietà (la massa inerziale) che si oppone al movimento e che è esattamente uguale alla massa gravitazionale. Perciò allo stesso tempo, aumentando la massa di un oggetto, aumenta proporzionalmente anche la sua resistenza a muoversi. Attraverso l'utilizzo di excel, che permette di scegliere quale funzione approssima meglio i dati, oppure dalla tabella dei dati stessi, è possibile guidare i ragazzi alla scoperta della legge ed eventualmente produrre un ulteriore grafico del tempo al quadrato impiegato e dello spazio percorso per visualizzare l'andamento lineare delle due variabili in gioco. In questo modo diventa anche più chiara la connessione che si vuole mettere in risalto con l'esperimento del pendolo che segue. Si può inoltre mostrare che le due grandezze sono legate da una legge di proporzionalità diretta, la cui costante di proporzionalità è rappresentata dall'accelerazione di gravità.

Per avere suggerimenti riguardo a come costruire il grafico del tempo impiegato al quadrato rispetto allo spazio percorso, si consulti la simulazione eseguita con *geo gebra* sotto la voce "misure"<sup>632</sup>. Può essere proposto anche agli studenti di consultare tale sito

---

<sup>632</sup> Recuperabile sul sito GG M[1].

per esercitazioni a casa, per vedere come cambia il moto al variare dell'inclinazione del piano.

### 7.2.5 Quarto esperimento: il moto del pendolo

Attraverso questo esperimento vogliamo capire da cosa dipende il periodo di oscillazione di un pendolo: se dalla massa del grave, dalla lunghezza della corda, o dall'ampiezza dell'angolo di oscillazione iniziale.

**Procedimento:** Legare una corda a un supporto stabile con altezza regolabile. All'altra estremità della corda collegare con un chiodo (o un perno di metallo, in tal caso occorre aggiungere per il calcolo della lunghezza della corda anche la lunghezza del perno) una pallina (di gomma, di plastica o di legno).

Misurare con un metro a nastro la lunghezza della corda opportunamente variata. (NB la lunghezza dell'arco, per l'esattezza, è data dalla somma della corda più il raggio della pallina, che va dunque misurato.)

Far oscillare la pallina misurando con un cronometro digitale il tempo impiegato.

Note tecniche: i tempi di oscillazione vengono cronometrati a partire dalla terza o quarta oscillazione in quanto le prime oscillazioni sono di assestamento; occorre inoltre stare attenti che il moto oscillatorio si svolga rigorosamente in un piano verticale e che non descriva un'ellisse. Per rendere le misure più precise, sarebbe opportuno ripetere il calcolo del tempo delle oscillazioni – per ogni lunghezza di corda, di pallina utilizzata e di ampiezza di oscillazione – più volte (5 per esempio) e calcolare la media delle misure ottenute.

**Osservazione:** Il periodo di oscillazione dipende dalla lunghezza della corda: aumentando la corda, aumenta il periodo. Non dipende dalla massa del grave e dall'angolo iniziale, se è piccolo. Questa caratteristica si chiama isocronismo del pendolo.

*Il grafico:* Per capire il motivo per cui si sceglie di costruire il grafico del periodo di oscillazione al quadrato in funzione alla lunghezza della corda, può essere utile la

seguinte domanda guida: se esiste una relazione fra spazi e tempi per il piano inclinato e la caduta libera, non è che per caso esiste una relazione analoga anche per quanto riguarda il pendolo? Occorre però individuare i nuovi elementi in gioco: nel caso del pendolo infatti la lunghezza che consideriamo non è quella di uno spazio percorso, bensì quella della corda, e il tempo è rappresentato da un'oscillazione.

Riportando i valori su un grafico ( $T^2;L$ ) si dovrebbe trovare una retta che conferma la proporzionalità diretta fra la lunghezza del pendolo e il suo periodo elevato al quadrato. Utilizzando il grafico ( $T^2;L$ ) e calcolando la pendenza della retta, è anche possibile ricavare il valore dell'accelerazione di gravità.

**Spiegazione del fenomeno:** Anche in questo caso esiste una legge che mette in relazione il quadrato del tempo, in questo caso il periodo di oscillazione della pallina, con la lunghezza, in questo caso della corda a cui è attaccata la pallina. Inoltre anche in questo caso si verifica che queste due grandezze sono legate dalla stessa costante di proporzionalità (a meno della costante  $\pi$ ), che è rappresentata dall'accelerazione di gravità. Per ulteriori precisazioni riguardo alle analogie intercorrenti tra il moto della pallina sul piano inclinato e sul pendolo, si veda quanto esposto nel successivo paragrafo.

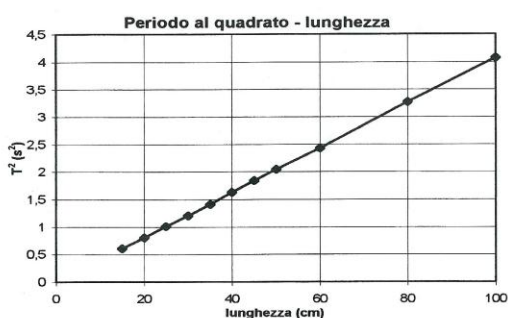


Fig. 7.2.9: Tabella e grafico in excel del periodo al quadrato in funzione della lunghezza della corda.

### 7.2.6 Immedesimiamoci nel modo di pensare di Galileo

Attraverso questa attività si ha l'occasione di consolidare le conoscenze acquisite durante l'esecuzione degli esperimenti ripercorrendo l'interpretazione dei fenomeni da parte di Galileo attraverso immagini, video e testi tratti dalle sue opere.

Viene ricostruito il modo secondo il quale Galileo trae la legge matematica che descrive il moto di caduta dei gravi partendo dall'ipotesi che nel moto dei gravi l'accelerazione è costante con riferimento all'esperimento del piano inclinato. Viene utilizzato il filmato del museo commentato con relativi approfondimenti. Seguono due registrazioni di citazioni di Galileo tratte dal *Dialogo sopra ai massimi sistemi*). La prima mette a fuoco l'aspetto dell'attrito che rallenta sempre il moto:

«SALV. Parmi dunque sin qui che voi mi abbiate espliciti gli accidenti d'un mobile sopra due diversi piani; e che nel piano inclinato il mobile grave spontaneamente scende e va continuamente accelerandosi, e che a ritenerlo in quiete bisogna usarvi forza; ma sul piano ascendente ci vuol forza a spingervelo ed anco a fermarlo, e che il moto impressogli va continuamente scemando, sì che finalmente si annichila. [...] Ora ditemi quel che accadrebbe del medesimo mobile sopra una superficie che non fusse né acclive né declive. [...] SIMP. Io non ci so scorgere causa di accelerazione né di ritardamento, non essendoci né declività né acclività. SALV. Sì. Ma se non vi fusse causa di ritardamento, molto meno vi dovrebbe esser di quiete: quanto dunque vorreste voi che il mobile durasse a muoversi?

SIMP. Tanto quanto durasse la lunghezza di quella superficie né erta né china.

SALV. Adunque se tale spazio fusse interminato, il moto in esso sarebbe parimente senza termine, cioè perpetuo. [...]

Qualunque velocità impressa ad un mobile è per sua natura invariabile, fintantoché ogni causa esterna di accelerazione o di ritardazione è assente; condizione questa che si verifica soltanto sui piani orizzontali, poiché su piani discendenti agisce una causa di accelerazione e nei piani ascendenti una causa di ritardo, donde parimenti segue che il moto sul piano orizzontale dura in eterno poiché, in quanto uniforme, non aumenta, né diminuisce e tanto meno cessa.»<sup>633</sup>

Galileo attraverso questo dialogo spiega che non è necessaria una forza per mantenere un corpo in moto, ma solo per arrestarlo; inoltre non è la velocità o il movimento dell'oggetto che caratterizza l'azione di una forza, ma l'accelerazione. Il fatto (in sé vero) che noi dobbiamo sempre applicare una forza per mantenere un corpo in movimento non dipende da una tendenza intrinseca del corpo a fermarsi, ma dalla necessità di compensare l'attrito che ostacola il movimento. Per convincere il suo interlocutore della veridicità della sua ipotesi, Galileo utilizza l'esempio del moto di un

---

<sup>633</sup> Galilei G. A[1638], p. 243.

grave su un piano inclinato: se il suo moto sappiamo che è accelerato nei piani in discesa e decelerato nei piani in salita, ne consegue che nei piani orizzontali, in cui non c'è nessuna pendenza, dovrà permanere con velocità non variabile. Colgo l'occasione per evidenziare che non sempre, come in questo caso, si possono effettuare esperimenti per verificare l'ipotesi che presumiamo essere la spiegazione del fenomeno, in quanto l'attrito non è mai completamente eliminabile. Per questo motivo Galileo si è avvalso di un esperimento ideale, che non prescinde dall'osservazione, ma, attraverso il ragionamento, va oltre di essa. Il testo che è stato riportato sopra, non è altro che una descrizione di un esperimento ideale.

Si può inoltre osservare che, se è possibile coi mezzi odierni eliminare completamente l'attrito dell'aria creando il vuoto e quindi mostrare che oggetti non di diversa forma e massa cadono contemporaneamente, come mostra questo breve filmato che consiglio di mostrare agli studenti <sup>634</sup>; la stessa cosa non è consentita per gli oggetti trascinati su una superficie: il loro attrito non sarà mai completamente eliminabile.

La seconda registrazione riguarda la legge dei numeri dispari, che esprime la proporzionalità diretta tra frazioni di spazio percorso dalla pallina sul piano inclinato al quadrato e frazioni di tempo impiegato a percorrerlo (da cui si deduce che lo spazio percorso cambia come il quadrato del tempo impiegato a percorrerlo). Nel testo Galileo scrive che alla metà del tempo impiegato rispetto alla discesa del grave di tutto il piano, corrispondeva la quarta parte della lunghezza del piano e così via. Questo rapporto tra tempo impiegato e lunghezza si mantiene invariato anche se viene cambiata l'inclinazione del piano:

«Fatta e stabilita precisamente tale operazione, facemmo scender la medesima palla solamente per la quarta parte della lunghezza di esso canale; e misurato il tempo della sua scesa, si trovava sempre puntualissimamente esser la metà dell'altro: e facendo poi l'esperienze di altre parti, esaminando ora il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà, o con quello delli duo terzi o de i 3/4, o in conclusione con qualunque altra divisione, per esperienze ben cento volte replicate sempre s'incontrava, gli spazii passati esser tra di loro come i quadrati e i tempi, e questo in tutte le inclinazioni del piano, cioè del canale nel quale si faceva scender la palla; dove osservammo ancora, i tempi delle scese per diverse inclinazioni mantener esquisitamente tra di loro quella proporzione che più a basso troveremo essergli assegnata e dimostrata dall'Autore.» <sup>635</sup>

---

<sup>634</sup> Si veda il sito: YTJ M[1].

<sup>635</sup> Galilei G. A[1632], p. 87.

Galileo trova la legge dei numeri dispari (vedi grafico dell'esperimento). Ripetendo la misura per distanze diverse, Galileo deduce che lo spazio percorso è sempre proporzionale al quadrato del tempo impiegato a percorrerlo. In altri termini, se i tempi sono rappresentati da 1, 2, 3, 4, 5 ecc. gli spazi percorsi sono rispettivamente rappresentati da 1, 4, 9, 16, 25 ecc. Questa è la prima descrizione del tipo di moto definito, da Galileo in poi, "uniformemente accelerato".

Infine suggerisco la visione di un filmato <sup>636</sup> che descrive come Galileo eseguì l'esperimento attraverso le sue stesse parole contenute sempre nel testo *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* <sup>637</sup>.

Riporto di seguito i testi dei brani più significativi contenuti nel filmato. Nel primo Galileo descrive il suo esperimento del piano inclinato specificando con dovizia di particolari il materiale utilizzato, le loro misure, gli accorgimenti tecnici (la superficie deve essere liscia, la palla ben arrotondata):

«In un regolo, o vogliàn dir corrente, di legno, lungo circa 12 braccia, e largo per un verso mezo braccio e per l'altro 3 dita, si era in questa minor larghezza incavato un canaletto, poco più largo d'un dito; tiratolo drittissimo, e, per averlo ben pulito e liscio, incollatovi dentro una carta pecora zannata e lustrata al possibile, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo, ben rotondata e pulita; costituito che si era il detto regolo pendente, elevando sopra il piano orizzontale una delle sue estremità un braccio o due ad arbitrio, si lasciava (come dico) scendere per il detto canale la palla.»

Nel secondo si descrive lo strumento utilizzato da Galileo per misurare il tempo: l'orologio ad acqua. All'epoca di Galileo non esistevano orologi né cronometri e i metodi disponibili non avevano la precisione necessaria a calcolare il tempo di caduta delle sfere dal piano inclinato.

Inizialmente per misurare il tempo di caduta, Galileo aveva utilizzato il battito del polso:

«il tempo che consumava nello scorrerlo tutto, replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo, nel quale non si trovava mai differenza né anco della decima parte d'una battuta di polso.»

---

<sup>636</sup> YTG M[1].

<sup>637</sup> Ibidem.

In seguito, poiché si rese conto che occorre strumenti che fornissero misurazioni più precise, Galileo progettò e realizzò un orologio ad acqua:

«Quanto poi alla misura del tempo, si teneva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil cannellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo d'acqua, che s'andava ricevendo con un piccol bicchiere per tutto 'l tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi dell'acqua, in tal guisa raccolte, s'andavano di volta in volta con esattissima bilancia pesando, dandoci le differenze e proporzioni de i pesi loro le differenze e proporzioni de i tempi; e questo con tal giustezza, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento.»

L'orologio ad acqua consentiva dunque di misurare con una bilancia la massa di liquido fluito nel tempo di discesa attraverso un piccolo tubo. Questa misura permetteva di dedurre quanto tempo fosse trascorso. La visione del video proposto permette di farsi un'idea concreta del suo funzionamento. Si può notare da questo testo e da altri precedenti come per Galileo fosse importante la ripetizione dell'esecuzione dell'esperimento più volte, per essere sicuro che le sue deduzioni delle proprietà quantitative dei fenomeni studiati non fossero imprecise o tratte in modo casuale.

Galileo, essendo anche un buon musicista, batteva facilmente un ritmo mantenendo perfettamente il tempo probabilmente con precisione maggiore di quella con cui un qualsiasi dispositivo ad acqua poteva misurare il tempo. Perciò si presume che prima dell'utilizzo dell'orologio ad acqua, abbia sfruttato questa dote. Alcuni studiosi hanno accertato che aveva disposto sul percorso del piano inclinato delle sbarrette mobili trasversali di budello, del tipo usato nei primi strumenti a corde. Quando la sferetta veniva fatta rotolare giù per il canaletto e passava su una sbarretta, produceva un lieve clic. Galileo correggeva poi la posizione delle sbarrette di budello in modo che una palla liberata nella parte più alta del piano inclinato colpisse le sbarrette con un tempo regolare. Una volta che Galileo, grazie al suo orecchio musicale, aveva individuato le posizioni corrispondenti a intervalli di tempo abbastanza esatti, tutto quel che doveva fare era misurare le distanze fra le sbarrette. Queste diventavano sempre maggiori quanto più la palla acquistava velocità, illustrando la progressione 1, 3, 5, 7, ecc. (ecco perché si chiama legge dei numeri dispari) e permettendogli di comporre l'esperimento più complesso descritto nei Discorsi. Descrivendo le strategie utilizzate da Galileo per

misurare il tempo viene sottolineata l'importanza di misure di precisione per giungere a leggi significative.

Un ultimo aspetto che si può sottolineare è quello affrontato nell'attività 2 di tipo sperimentale che riguarda l'analogia tra il moto della pallina sul piano inclinato e del pendolo. Galileo aveva notato che se si mettono due piani inclinati uno di fronte all'altro e si osserva una pallina muoversi in modo continuativo avanti e indietro, tale moto può suggerire, in effetti, il moto del pendolo. Se si osserva l'immagine qui riportata, Galileo considerava l'arco come equivalente a un insieme infinito di piani inclinati e studiò anche questo tipo di movimento. Esiste dunque, come abbiamo già constatato verificando la legge che lega le grandezze in gioco, un nesso tra questi due tipi di fenomeni.



Fig. 7.2.10: *discesa brachistocrona.*

Si può infine consultare il sito del Museo Galileo di Firenze <sup>638</sup> che contiene, oltre che delle immagini del piano inclinato, anche un filmato su di esso.

### 7.3 Il percorso *Il calore: energia o sostanza?* per il Progetto PON <sup>639</sup>

#### **Descrizione**

Attraverso gli esperimenti eseguiti da Benjamin Thompson (1753 – 1814) e James Prescott Joule (1818 – 1889) per trovare l'equivalente meccanico, si intende approfondire il significato di calore da un punto di vista scientifico, misurando sperimentalmente

<sup>638</sup> Si veda il sito: MG M[1].

<sup>639</sup> Prima di procedere nella lettura di questo paragrafo si tengano presente le precisazioni esposte all'inizio del paragrafo precedente.



anche il calore assorbito da diversi tipi di sostanze.

**Livello/i scolastico/i** Classe prima/seconda

Attraverso questo percorso si intende far acquisire agli studenti le seguenti **competenze**:

- Comprendere e memorizzare la legge del calore assorbito dal corpo e la relazione tra energia cinetica e termica (equivalente meccanico).
- Individuare le variabili che determinano la variazione di calore assorbito da un corpo (la massa, il calore specifico, la variazione di temperatura).
- Comprendere il concetto di dissipazione o degradazione dell'energia.
- Comprendere i cambiamenti di interpretazione del significato di calore nel corso della storia fino ad arrivare a quella attuale (forma di energia che si trasforma e si conserva).

### **Introduzione storica**

Frequentemente succede che gli studenti non sono accompagnati ad approfondire il significato del concetto di calore e rimane perciò negli studenti la concezione erronea dettata dal senso comune secondo cui calore e temperatura siano la stessa cosa. La confusione è alimentata dal fatto che una tendenza comune è quella di bruciare le tappe introducendo senza adeguata preparazione il livello microscopico della materia col risultato che viene associato direttamente al movimento degli atomi e delle molecole l'energia cinetica esercitata sul sistema e l'aumento di temperatura. A parte l'eccessiva semplificazione e riduzione della spiegazione dei fenomeni che non consente la comprensione profonda di essi, vengono totalmente omessi dei passaggi concettuali intermedi. Da questo punto di vista ripercorrere le tappe storiche che nel corso del tempo hanno permesso di approfondire in ambito scientifico il concetto di calore, permette di rendersi conto di molte cose. Prima di tutto il fatto che la teoria in base a cui è il moto eccitato e caotico degli atomi e delle molecole che crea nel nostro corpo una sensazione di caldo o freddo, è un'idea relativamente moderna che si afferma solo a partire dal XIX secolo, momento storico in cui l'esistenza degli atomi era ancora messa in discussione da molti scienziati. Infatti la teoria del calorico, in base a cui il calore fosse un fluido imponderabile, che passava dal corpo più caldo a quello più freddo attraverso lo sfregamento o per mezzo della combustione (disperdendosi in ultimo

anche nell'aria), per quanto oggi possa apparire alquanto sorprendente, sopravvisse per lungo tempo e fu estremamente difficile da sradicare. Faccio notare che anche la teoria atomica più antica che si rintraccia nella storia e che risale a Democrito, assumeva l'esistenza di atomi di calore.

I primi scienziati (o filosofi) che avevano ipotizzato che il calore fosse legato a qualche forma di moto corpuscolare, in base ad una concezione meccanicista che si andava a poco a poco affermando, erano (per citare i più famosi) Cartesio (1596-1650), Francis Bacon (1561-1626), Robert Boyle (1627-1691), Robert Hooke (1635-1703), Galileo Galilei (1564 - 1642) e Isaac Newton (1642 - 1727) sebbene non riuscirono a fornire prove sperimentali esaurienti di questa loro convinzione.

Per documentare questo riporto tre brevi citazioni di Galileo, Boyle e Newton <sup>640</sup>:

«Inclino assai a credere che il calore sia di questo genere, e che quelle materie che in noi producono e fanno sentire il caldo, le quali noi chiamiamo con nome generale fuoco, siano una moltitudine di corpicelli minimi, in tal e tal modo figurati, mossi con tanta e tanta velocità; li quali, incontrando il nostro corpo, lo penetrino con la lor somma sottilità, e che il lor tocco, fatto nel lor passaggio per la nostra sostanza e sentito da noi, sia l'affezione che noi chiamiamo caldo, grato o molesto secondo la moltitudine e velocità minore o maggiore d'essi minimi che ci vanno pungendo e penetrando.»

#### G. Galilei, *Il Saggiatore*

«Una volta che l'Universo è stato strutturato da Dio e sono state determinate le leggi del movimento, sorrette dal suo incessante aiuto e dalla generale provvidenza, i fenomeni del mondo così costituiti sono prodotti dalle affezioni meccaniche delle parti della materia e dalle loro reciproche operazioni secondo le leggi della meccanica.»

#### R. Boyle, *About the excellency and grounds of the mechanical hypothesis*

«Molte cose mi inducono infatti a sospettare che tutti i fenomeni dipendano da certe forze per opera delle quali le particelle dei corpi, per cause ancora sconosciute, o sono spinte l'una verso l'altra o si connettono in figure regolari oppure si respingono e si allontanano l'una dall'altra.»

#### I. Newton *Philosophia naturalis principia mathematica*

Perfino Kelvin (1824-1907) per molto tempo si dimostrò molto dubbioso riguardo alla natura del calore. Questo soprattutto per via dell'influenza del pensiero di Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) che aveva definito qualche anno prima (1824) in

---

<sup>640</sup> Le citazioni sono tratte da Bergamaschini M.E., Marazzini P., Mazzoni L. E[2001], p. 7.

termini matematici il limite superiore di efficienza della macchine a vapore dell'epoca a partire dalla teoria del calorico. Fu solo più tardi che contemporaneamente a Clausius, sviluppando gli studi di Carnot, elaborò il secondo Principio della Termodinamica a prescindere dalla teoria del calorico (questo aspetto di proposito non viene approfondito perché esula dal nostro percorso). Prima di Kelvin, il padre della chimica moderna Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), aveva definitivamente provato l'inesattezza della teoria del flogisto, un fluido immateriale che si pensava si trasmettesse da un corpo all'altro. Egli spiegò infatti in termini analoghi a quelli attuali, che era l'ossigeno che innescava quella che oggi chiamiamo la reazione di combustione. Pur tuttavia era convinto che il calore e la luce fossero sostanze, al pari degli elementi veri e propri, che entravano in gioco nella reazione, a testimonianza del fatto che sopravviveva pervicacemente la convinzione dell'esistenza del calorico. In conclusione, fu solo quando James Clerk Maxwell (1831-1879) e più tardi Ludwig Boltzmann (1844-1906) elaborarono le loro teorie cinetiche dei gas attraverso gli strumenti matematici della meccanica statistica, che si affermò la teoria atomica abbandonando definitivamente quella del calorico. Tuttavia ancora esistevano molte resistenze e contrasti non privi di conseguenze che impedivano di accettare l'esistenza di atomi non solo in senso convenzionale, dal momento che questo fu uno dei motivi che probabilmente portarono Boltzmann al suicidio. La lunga disputa ebbe fine solamente nella prima decade del XX secolo quando Jean Perrin – attraverso una lunga serie di esperimenti che provarono la correttezza della teoria formulata da Albert Einstein per spiegare il moto Browniano che era fondata su quella atomica – dimostrò in maniera inoppugnabile l'esistenza degli atomi. Tutta questa carrellata storica molto veloce che abbiamo rammentato mi è parsa doverosa per far percepire con cognizione di causa quanto sia stato lungo e faticoso il percorso che ha condotto all'attuale concezione di calore e temperatura, che coinvolge anche conoscenze del comportamento della materia anche a livello microscopico. Per questo motivo mi sembra più utile e adeguato per gli studenti della secondaria di primo grado affrontare tale argomento con la dovuta gradualità riproponendo (come dettaglieremo in seguito) alcuni degli esperimenti più importanti – comprensibili su scala macroscopica – che hanno contribuito a chiarire la differenza tra calore e temperatura e il principio di equivalenza, piuttosto che anticipare conoscenze che non potrebbero neppure essere apprezzate nella loro complessità e profondità perché

richiedono di possedere categorie concettuali di tipo matematico e strumenti sperimentali più sofisticati. Questo approccio permette inoltre agli studenti di immedesimarsi nelle domande a cui gli scienziati intendevano rispondere coinvolgendosi in prima persona. Prima di procedere con l'esposizione di questo percorso val la pena fornire qualche breve informazione riguardo all'utilizzo del calore prima del XVIII secolo. Se si va a ritroso ancora più indietro nel tempo, si rimane stupefatti da quanti oggetti, utensili e strumenti sono stati prodotti fin dai tempi delle civiltà antiche che presuppongono conoscenze tecniche sulla fusione dei metalli e sul fissaggio dei colori ad alte temperature su terracotta; basti pensare ai preziosi gioielli e ai vasi decorati che risalgono agli antichi persiani nel VII a. C., sebbene non fossero noti i principi termodinamici, non essendo chiari neppure concetti fondamentali come la differenza tra temperatura e calore, (cosa che è avvenuta solo nel XVII secolo). Ancora più stupefacente l'invenzione dell'*aeolipila* ad opera degli antichi greci nel I secolo d.C. che utilizzava l'azione del getto di vapore per ottenere la rotazione di una sfera. Una macchina termica analoga ad essa ricomparve solo nel XVII e XVIII secolo per azionare delle grossolane pompe per l'acqua. A questo punto era però finalmente stato compreso il suo principio di funzionamento attraverso la legge di conservazione dell'energia (di cui tratteremo in seguito).

### 7.3.1 Temperatura e calore

Agli studenti vengono poste delle domande per sondare le pre-conoscenze dopo l'osservazione di semplici situazioni in cui il movimento di oggetti produce sensibilmente un effetto di calore (esempio: sfregamento delle mani, movimento della gomma sul foglio mentre cancella). Gli studenti percepiscono attraverso il tatto un aumento di calore (e di temperatura, al momento non entriamo nei dettagli sulla loro differenza) e questo consente loro di capire che il calore passa da un corpo ad un altro. Dopo un po' di tempo però la gomma si raffredda. L'esperienza del raffreddamento di un corpo caldo è ben nota: il cibo caldo dopo un po' si raffredda, noi stessi ci raffreddiamo in ambienti meno riscaldati. Si può cercare di riflettere sul motivo per cui questo avviene e sul fatto che questo fenomeno suggerisce che il passaggio di calore non avviene per sempre: ad un certo punto si arresta. Tutto questo verrà approfondito

attraverso gli esperimenti della seconda attività introducendo il concetto di equilibrio termico. Un'altra cosa di cui ci si rende conto è che abbiamo bisogno di strumenti di misura precisi perché le nostre sensazioni possono ingannarci. Riguardo a questo aspetto basta fare l'esempio di quello che succede quando proveniamo da un ambiente molto freddo e molto caldo: all'inizio le nostre sensazioni di temperatura sono "sfalsate". Oppure si può eseguire in classe o a casa un'esperienza molto semplice: far toccare per un minuto circa dei cubetti di ghiaccio e notare la differenza di sensazione percepita toccando la gomma sfregata sul foglio prima e dopo tale operazione.

In seguito si fa riferimento al percorso storico che ha consentito la comprensione di quali sono le grandezze macroscopiche da cui dipende il calore, vale a dire la quantità o massa della sostanza, il suo calore specifico e la variazione temperatura.

Joseph Black (chimico-fisico scozzese 1728-1799) diede importanti contributi per quanto riguarda la comprensione del concetto di calore, chiarendo per primo la differenza intercorrente tra calore e temperatura. Introdusse la definizione di calore latente, come si può desumere dalla lettura di questo stralcio da lui scritto che descrive le sue osservazioni riguardo ai passaggi di stato dell'acqua:

«Quando il ghiaccio, per esempio, o qualunque altra sostanza solida viene liquefatta dal calore, io credo che essa riceva una quantità di calore molto più grande di quella che è percepibile mediante il termometro. Una maggior quantità di calore fluisce in essa, in tale caso, senza farla apparentemente riscaldare [...] Questo calore, tuttavia, deve essere introdotto in essa, per darle la forma del fluido e io ritengo che questa grande aggiunta di calore è la principale e più immediata causa della fluidità indotta.»

Più avanti spiega come la stessa cosa avvenga nel passaggio dello stato liquido a quello di ebollizione, evidenziando come

«il calore sia assorbito dall'acqua ed entri nella composizione del vapore da essa prodotto. E, come in quest'ultimo caso l'effetto visibile del calore non consiste nel riscaldamento dei corpi circostanti ma nel rendere liquido il ghiaccio, così, nel caso dell'ebollizione il calore assorbito non riscalda i corpi circostanti ma converte l'acqua in vapore. In entrambi i casi non siamo in grado di percepire la presenza calore, causa del riscaldamento nascosto, o latente e gli ho dato il nome di calore latente.»<sup>641</sup>

Ho ritenuto importante parlare, seppur brevemente, di questo particolare tipo di calore che si rintraccia solo quando avvengono i passaggi di stato (che in questa sede non

---

<sup>641</sup> J.Black, *Lectures on the elements of chemistry*. Citazione tratta da: Bergamaschini M.E., Marazzini P., Mazzoni L. E[2001], p.24.

affrontiamo). Questo aspetto è infatti emblematico per mostrare agli studenti la differenza tra calore e temperatura perché accade addirittura che non viene neppure apprezzata variazione di temperatura sebbene il calore sia stato fornito al corpo. Per i docenti che volessero approfondire l'argomento, si potrebbero anche proporre esperimenti attraverso cui gli studenti possono rendersi conto attraverso le loro misurazioni di questo fenomeno.

Una curiosità che mi sembra interessante riportare è che J. Black poté individuare il calore latente cercando di rispondere alla domanda che gli posero alcuni distillatori scozzesi locali dello Scotch whiskey <sup>642</sup>. Essi erano interessati a conoscere la quantità minima di combustibile necessaria per la distillazione (che richiede l'ebollizione del liquido alcolico e successivamente la sua refrigerazione senza disperderne i vapori). Il modo in cui è avvenuta questa scoperta è particolarmente istruttivo perché permette di rendersi conto che spesso la conoscenza dei fenomeni avviene quasi per caso nel tentativo di rispondere a problemi molto concreti. Inoltre questo esempio consente di mostrare il fatto che esistono da sempre interazioni proficue e costruttive tra ricerca scientifica, innovazione tecnologica e produzione industriale.

Egli scrisse:

«Con l'uso di questo strumento (il termometro) abbiamo imparato che se prendiamo anche mille e più differenti specie di materia, quali metalli, pietre, sali, legni, piume, lana, acqua e altri fluidi diversi, le quali sostanze abbiano inizialmente calori (N.B. Il termine corretto oggi sarebbe temperatura) differenti e se le collochiamo insieme in una stanza non riscaldata e nella quale non dà il sole, il calore verrà comunicato dai più caldi di questi corpi ai più freddi.» <sup>643</sup>

In Natura, dunque, avviene sempre spontaneamente il passaggio di calore dai corpi più caldi ai corpi più freddi. Tale passaggio avviene fino a quando i corpi raggiungono la stessa temperatura e in termini scientifici corretti si dice che viene raggiunto l'equilibrio termico. Questo principio fondamentale è alla base anche del funzionamento del termometro classico al mercurio utilizzato per misurare la temperatura corporea o dell'ambiente. Tali termometri – oggi sostituiti in gran parte da quelli digitali – sono costituiti da un tubicino sottile graduato di vetro che contiene una colonna di mercurio. Il mercurio è l'unico metallo che a temperatura ambiente rimane allo stato liquido e si

---

<sup>642</sup> Informazione tratta da CW M[1].

<sup>643</sup> Citazione tratta da Einstein A., Infeld A. A[1938], p. 48. File allegato: *registrazione*, Black.

dilata, come tutti i metalli, ma in modo molto marcato all'aumentare della temperatura. Se dunque il bulbo del termometro è posto a contatto del corpo di una persona, esso acquista la stessa temperatura, misurabile attraverso la scala graduata. L'invenzione del termometro fu resa possibile dalla scoperta oltre che della dilatazione dei liquidi all'aumentare della temperatura, anche del valore costante della temperatura di fusione e di ebollizione delle sostanze. Queste due proprietà sono fondamentali per costruire la scala di un termometro. Infatti occorrono due punti di riferimento fissi e facilmente riconoscibili che corrispondono al livello del mercurio quando il bulbo del termometro è posto a contatto col ghiaccio al momento in cui comincia a fondere e il livello del mercurio quando il bulbo è posto a contatto con l'acqua in ebollizione. Nella scala Celsius viene indicato con 0 gradi il primo punto e con 100 gradi il secondo. Per questo motivo la scala adottata si definisce centigrada.

Per lo svolgimento di questa attività suggerisco di mostrare/proiettare delle slide che è recuperabile tra il materiale allegato a questo capitolo <sup>644</sup>.

### **7.3.2 Il calore assorbito dipende dal tipo di sostanza o dalla sua quantità?**

Questo esperimento permette di chiarire la differenza tra calore e temperatura. Gli studenti svolgono gli esperimenti a gruppi. Il primo esperimento consiste nel calcolare – utilizzando la formula – il calore assorbito dai diversi liquidi (acqua, olio, aceto) di due diverse quantità (per semplicità una doppia dell'altra) dopo averli riscaldati con una stessa fonte di calore (che perciò non varia per i diversi liquidi) fino a raggiungere una certa temperatura stabilita, per esempio 40 gradi centigradi. A tal scopo possono essere utilizzati scaldabiberon elettrici o bollitori facilmente recuperabili. Gli studenti possono verificare che il calore assorbito dipende sia dalla quantità di liquido che dal tipo di sostanza, contrariamente alla temperatura. Ai ragazzi si può far notare che il calore viene trasmesso ai corpi attraverso la resistenza del bollitore e che la quantità di esso aumenta in modo proporzionale al tempo di esposizione alla sorgente di calore. Una volta eseguiti gli esperimenti, ogni gruppo svolge una relazione – corredata se possibile, di grafico che riporti per ogni sostanza utilizzata il calore assorbito al variare della massa del liquido – e la espone al docente, che ha modo di apportare le dovute

---

<sup>644</sup> File allegato: attività 1 calore recuperabile nella cartella *materiali PON* di questo capitolo.

correzioni, e agli altri studenti in modo tale che il lavoro svolto diventi patrimonio comune. Inoltre in questa fase si possono formulare considerazioni di tipo quantitativo; ad esempio si può notare che con una quantità doppia di liquido anche la quantità sia di tempo che di calore necessario per raggiungere la stessa temperatura raddoppia. Queste osservazioni potrebbero indurre ad effettuare nuove misure per vedere cosa succede con una quantità tripla o quadrupla ecc. e per eventualmente effettuare delle previsioni (occorrono termometri che arrivano a misurare almeno 50 gradi centigradi). Per quanto riguarda la costruzione dei grafici, può essere utilizzato excel. Si noti che potrebbero effettuare misure del calore assorbito anche da parte di un solido.

### 7.3.3 Gli esperimenti di Thompson e Joule

Il senso comune degli studenti viene messo a confronto con l'interpretazione del calore data da Thompson e Joule.

Riflettendo su quanto è stato verificato sperimentalmente durante le attività sperimentali precedenti, emerge che il calore può fluire da un corpo ad un altro. Tuttavia se fosse possibile isolare perfettamente dall'ambiente esterno una sostanza, presumibilmente il calore contenuto in essa non dovrebbe variare. E' possibile riprodurre una situazione del genere, con un certo grado di approssimazione, ponendo la sostanza in un Thermos. La domanda che si potrebbe porre agli studenti è a questo punto la seguente: il calore in essa contenuto si conserva qualunque cosa succeda all'interno del Thermos? Dopo aver lasciato libero spazio alle ipotesi degli studenti, si può confrontare quanto emerge dalla discussione con le risposte date dagli studiosi nel passato. Per molto tempo, fino al XIX secolo, era fortemente radicata la convinzione che il calore, in base alla teoria del calorico (di cui abbiamo parlato nell'introduzione) al pari di ogni sostanza, non potesse essere né creato né distrutto. Benjamin Thompson (1798), un espatriato dalle colonie americane di Inghilterra (gli attuali Massachusetts e New Hampshire) che in Baviera ottenne il titolo di conte Rumford, inferse un duro colpo a questa concezione.

Si può apprendere direttamente da questo testo il racconto delle osservazioni di Thompson mentre le canne di cannone venivano perforate nell'arsenale di Monaco in Baviera:



«Avviene frequentemente che nelle ordinarie faccende e occupazioni della vita si presenti l'occasione di assistere a talune fra le più curiose operazioni della Natura [...], sono persuaso che l'abitudine di tenere gli occhi aperti su tutto ciò che avviene nel corso ordinario della vita ha condotto [...] a utili quesiti e a sensati divisamenti d'indagine e di perfezionamento, assai più spesso che non le più profonde meditazioni dei filosofi durante le ore dedicate allo studio [...].

Trovandomi recentemente impegnato nel dirigere la foratura di cannoni nelle officine dell'arsenale di Monaco, fui sorpreso dal considerevolissimo grado di calore che in breve tempo, un cannone di ottone acquista con la foratura, nonché dall'ancora più intenso calore (assai superiore a quello dell'acqua bollente come constatai sperimentalmente) dei trucioli metallici che il trapano separa dal cannone [...]. Dove proviene il calore effettivamente prodotto durante l'operazione meccanica suddetta? È esso fornito dai trucioli separati col trapano dalla massa solida del metallo? Se così fosse, allora secondo la moderna dottrina del [...] calorico, la capacità [oggi calore specifico] dovrebbe non soltanto essere modificata, ma la modificazione da essi [i trucioli] subita dovrebbe essere abbastanza grande per dare ragione di tutto il calore prodotto. Ma nessuna modificazione del genere si era prodotta [...]: accertai che l'acqua nella quale erano immersi i trucioli non appariva né più né meno scaldata di quell'altra, nella quale erano immerse le fettine di metallo.»<sup>645</sup>

Thompson poté in questo modo dedurre che il calore contenuto nei trucioli di ferro prodotti proveniva dal processo meccanico di perforazione. Infatti la loro temperatura era così elevata che il calore contenuto in essi non poteva essere nel metallo prima di subire l'alesatura, come asseriva la teoria del calorico. In base ad essa si sarebbe dovuta apprezzare una diminuzione della capacità termica dei trucioli rispetto al blocco originario di bronzo, cosa che non era stata rilevata da Thompson. In lui inoltre maturò l'ipotesi che la propagazione del calore avvenisse per effetto di un moto.

La lezione più generale offerta da Thompson che emerge da questa lettura, è che nessuna teoria può giustificarsi da sola senza il vaglio sperimentale: ogni ragionamento è accompagnato da una verifica quantitativa condotta con cura (per quello che era consentito con i mezzi a disposizione). Thompson infatti calcolò anche la quantità di lavoro equivalente al calore, però non con la precisione con cui venne calcolato più tardi da Joule. Questo racconto permette anche di constatare come, nell'ambito del contesto storico che consideriamo, risultasse difficile abbandonare la teoria del calorico in base a cui il calore era considerato un fluido contenuto nei materiali e caratteristico di essi. In

---

<sup>645</sup> Citazione tratta da: Einstein A., Infeld A. A[1938], p. 52. File allegato *registrazione*: thompson.

effetti quanto affermato da questa teoria non è del tutto sbagliato, nel senso che attraverso gli esperimenti precedenti si è giunti a comprendere che il calore dipende dal tipo di materiale considerato. Quello che non è corretto è concepire il calore come un fluido, ossia come una sostanza immagazzinata immutabilmente in un corpo, quando invece è energia e in quanto tale non solo si trasferisce da un corpo all'altro, ma anche può essere trasformata, come è successo nell'esperienza di Thompson in cui l'energia meccanica è diventata energia termica.

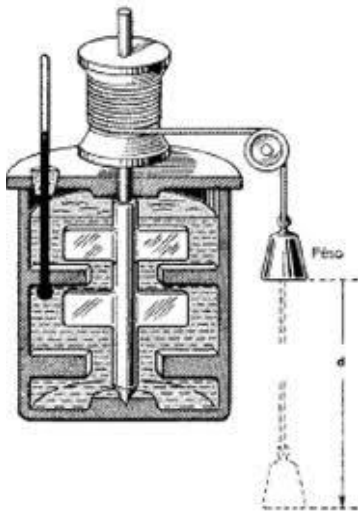
Prima di procedere con la descrizione dell'esperimento di Joule, fornisco un sintetico quadro storico che dimostra come le scoperte e le nuove idee abbiano bisogno di tempo per diffondersi e sedimentarsi, oltre che della condivisione di esperienze e ragionamenti nella cerchia dei ricercatori. Julius Robert Mayer (1814-1878) nel 1842 pubblicò una relazione sulla generale equivalenza di tutte le forme di energia, fornendo una prima previsione dell'equivalente meccanico del calore. Tuttavia la sua ipotesi sulla conservazione dell'energia non fu accettata. Fu James Joule a eseguire la serie definitiva ed approfondita di esperimenti che dimostravano la convertibilità dell'azione meccanica in un equivalente calorico. Sebbene Joule avesse iniziato nel 1843 a pubblicare e a tenere conferenze sul suo lavoro, fu solo il 27 giugno del 1847, durante una lezione tenuta presso l'Università di Oxford, che le sue idee iniziarono ad essere condivise. In quella sede, l'uomo dell'establishment William Thomson (1824-1907), più noto come Lord Kelvin, rimase impressionato dal serio lavoro di Joule sull'equivalente meccanico del calore contribuendo a chiarirgli le sue ipotesi che lo condussero alla formulazione del Secondo Principio della Termodinamica.

Attraverso l'esperimento di Joule del 1847, che viene descritto avvalendosi anche di proiezione di un filmato <sup>646</sup>, viene trovato con precisione l'equivalente meccanico, ovvero il numero fisso che permette il passaggio dall'una all'altra forma di energia e che da un punto di vista matematico non è altro che il rapporto tra l'energia meccanica sviluppata dalla macchina in movimento e il calore assorbito.

Si può inoltre far notare agli studenti che, come il calore fluisce sempre spontaneamente in unica direzione (dal corpo caldo al corpo freddo) allo stesso modo, quando un oggetto si muove, qualunque movimento compia, una parte della sua energia cinetica sarà sempre degradata e dispersa (nel senso di inutilizzabile) in calore.

---

<sup>646</sup> Il filmato è recuperabile dal sito: YTJ M[1].



*Fig.7.3.1: Immagine dell'esperimento di Joule.*

Riporto di seguito, essendo in inglese, la traduzione del filmato:

*Joule scoprì che il lavoro meccanico eseguito su un sistema era proporzionale al calore prodotto. L'equivalente meccanico del calore è la quantità di lavoro che deve essere fornita per produrre una quantità unitaria di calore.*

*Viene mostrato l'esperimento di Joule per determinare l'equivalente meccanico del calore. Joule utilizzò un calorimetro cilindrico di rame chiuso ermeticamente da un coperchio forato dotato di termometro. Fissò due carrucole ai lati del cilindro e avvolse su di esse una corda a cui appese due pesi equivalenti. La corda era avvolta a sua volta su un asse ruotante su sé stesso posto verticalmente al centro del cilindro in corrispondenza del foro. All'asse erano attaccate delle pale messe in movimento durante la discesa delle due masse esterne. L'altezza a cui esse cadevano era calcolata mediante una scala graduata. Una manovella collegata all'asse centrale permetteva di variare l'altezza di caduta delle masse esterne. Dopo aver introdotto una certa quantità d'acqua nel calorimetro e aver misurato l'aumento di temperatura prodotto dalla messa in azione delle pale all'interno del cilindro, fu in grado di calcolare l'equivalente meccanico (che abbiamo già definito essere il rapporto tra l'energia meccanica sviluppata dalle pale in movimento e il calore assorbito). L'energia meccanica si ottiene calcolando la differenza tra energia potenziale delle due masse che cadono e l'energia cinetica, ma ha senso specificare questi dettagli solo se i ragazzi hanno già affrontato questi argomenti (di solito nel terzo anno). Il valore da lui trovato, necessario per innalzare di un grado centigrado la temperatura di un Kg di acqua, fu 4,173 kJ/kcal (il valore più accurato trovato in seguito è 4,1855). In sintesi, cosa è successo? L'energia potenziale delle masse è stata convertita in energia cinetica delle pale e infine in energia termica.*

Mi pare importante infine fornire alcune precisazioni riguardo agli accorgimenti molto accurati di tipo sperimentale adottati da Joule (informazioni contenute nei suoi appunti del 1850) <sup>647</sup>. Senza questo rigore, tenuto conto degli strumenti che si avevano a disposizione all'epoca, non sarebbe stato possibile il calcolo così preciso dell'equivalente meccanico con questo tipo di apparato.

Joule usò due masse di valore complessivo pari a 26,318 kg, a cui però ebbe l'accortezza di sottrarre le forze di attrito associate ai perni del sistema rotante (pari a 1,8 N). Calcolò la velocità di caduta delle due masse (pari a 0,0615) che si sviluppava su un tratto di 1,6 m ripetendo la misura per 20 volte. Contemporaneamente l'acqua contenuta nel calorimetro, di massa 6 Kg, subiva un salto termico di 0,313°C (rilevabile attraverso un termometro dotato di un notevole grado di precisione considerando soprattutto l'epoca). Il valore così esiguo misurato permette di comprendere il motivo per cui erano necessarie delle masse e un calorimetro di queste dimensioni. Per calcolare il calore trasferito all'acqua, aggiunse alla massa dell'acqua anche quella dell'equivalente delle palette e delle pareti del calorimetro, che misurò essere pari a 0,275 Kg.

#### **7.3.4 L'esperimento: l'equivalente meccanico e l'energia termica**

Il secondo esperimento richiede l'uso di un calorimetro per ripetere l'esperienza di Joule con uno strumento più moderno. Occorrerebbe informarsi sul territorio se un museo della Scienza o un'università di Fisica o un Istituto dotato di Laboratorio di Scienze può mettere a disposizione lo strumento. In questo caso si tenga presente che spesso il calorimetro utilizzato è quello elettrico.

In alternativa si può provare a riprodurre l'esperimento di Joule con l'aiuto del docente di Tecnologia ricordandosi che il contenitore in cui si misura la temperatura di acqua deve essere il più possibile isolato dall'ambiente per evitare dispersioni di calore (si dovrebbe sicuramente usare un Thermos). In questo caso la misurazione non potrà essere così precisa ma la soddisfazione di aver costruito l'esperimento più grande!

---

<sup>647</sup> Le informazioni seguenti sono state tratte da Bergamaschini M.E., Marazzini P., Mazzoni L. E[2001], p.73.

Qui di seguito è fornito un sito internet che può essere utile per avere suggerimenti per la costruzione dell'esperimento. Si tenga presente che gli accorgimenti possono essere sofisticati; inoltre non si sottovaluti la difficoltà nell'intraprendere una simile iniziativa: si verifichi se ci sono persone competenti (genitori, operai nella cerchia di amici ecc.) che possano supportare l'esecuzione del lavoro (in questo senso le ore necessarie alla costruzione sono solo indicative). Eventualmente si può provare a contattare il docente che ha progettato e costruito l'esperimento sul sito <sup>648</sup> per avere informazioni e suggerimenti o per poter avere in prestito lo strumento.



*Fig. 7.3.2: Apparecchio per l'esperimento di Joule.*



*Fig.10: Un altro strumento per il calcolo*

*Fig.7.3.3: Strumento per l'esperimento di Joule.*

Dal sito (da cui provengono le figure riportate) possono essere tratti ulteriori spunti per la costruzione dell'esperimento.

---

<sup>648</sup> I suggerimenti per l'esperimento di Joule, che contiene anche i dati sperimentali sono recuperabili nel sito EJ M[1].

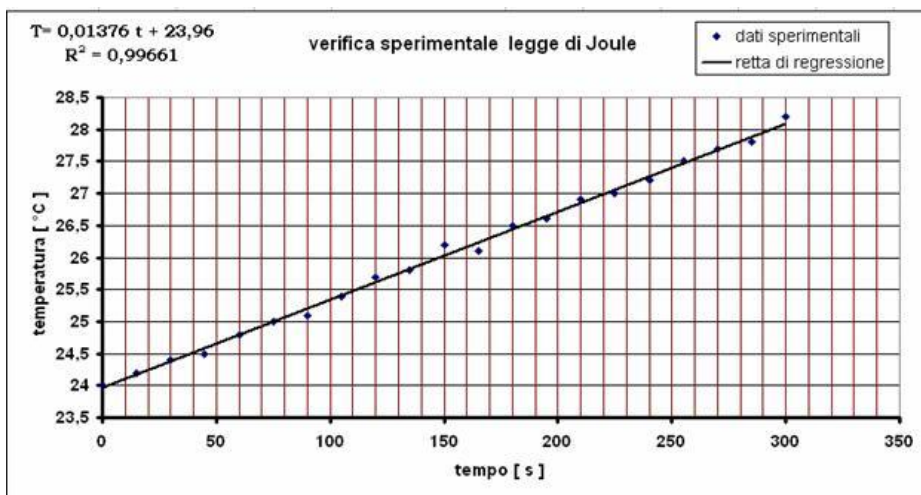


Fig.7.3.4: Esempio di grafico che riporta la variazione della temperatura in funzione del tempo.

Suggerisco inoltre di consultare il sito SJ M[1] in cui è presente una simulazione dell'esperimento di Joule contenente dei quesiti che possono essere proposti agli studenti. E' opportuno non proporre il primo quesito, fornendo le corrette unità di misura delle masse e della temperatura; interessante, invece, l'ultimo esercizio.

## Appendice

### Percorsi scientifici non monitorati per la scuola secondaria di primo grado

Prima di procedere ricordo che nella descrizione di tutti i percorsi seguenti non saranno specificati i pre-requisiti, gli obiettivi lato docente e le competenze in quanto si potrà far riferimento a quanto esposto nel paragrafo 6.3 del capitolo 6 dove sono contenute tutte le informazioni relative alla struttura generale dei percorsi. Di conseguenza all'inizio di ogni percorso saranno specificate solo le competenze attese dagli studenti relative ai contenuti particolari affrontati, mentre gli strumenti e metodi adottati (che nel capitolo 6 sono proposti insieme agli obiettivi lato studente) saranno descritti molto sinteticamente nel corso della esposizione. Per ulteriori dettagli riguardo alla genesi dei percorsi seguenti rimando all'introduzione di questo capitolo dove parlo dei *Percorsi non monitorati*.

#### Un approccio storico per un percorso di chimica (dalla concezione aristotelica alla tavola di Mendeleev)

In questo percorso vengono delineate le tappe storiche essenziali che hanno portato alla definizione scientifica del concetto di elemento chimico, con l'intento di trasmettere ai docenti la consapevolezza dei cambiamenti di interpretazione della natura degli elementi chimici da Aristotele (384/383-322 a. C.) a Mendeleev (1834-1907). Alcuni aspetti ivi descritti potranno essere raccontati in forma semplificata agli studenti allo scopo di raggiungere lo stesso obiettivo. Inoltre anche le scelte degli esperimenti da effettuare in classe potranno essere desunte da questo percorso storico. Per esempio potrebbe essere studiato il comportamento di acidi e basi oppure un processo di combustione.

##### 1. Premessa

«Se non venisse insegnata la chimica verrebbe a mancare completamente l'approccio che differenzia qualitativamente non solo i viventi, ma anche la materia inanimata. Questa mancanza non solo porterebbe a lacune specifiche in ambito scientifico, ma comprometterebbe l'intera immagine del mondo elaborata dalla scienza, favorendo una netta separazione tra il mondo del "semplice" inanimato (fisica) e quello del "complesso" animato (biologia).»<sup>649</sup>

## *2. Aristotele (384/383-322 a. C.)*

Gli elementi erano concepiti esclusivamente come combinazioni di qualità. Queste qualità potevano variare in qualsiasi grado e così era possibile trasformare qualunque elemento in qualunque altro. Per trasformare l'aria in acqua bastava che il caldo fosse separato dal freddo, dal momento che l'umidità era comune a entrambi.

## *3. Robert Boyle (1627-1691)*

Fu guidato in tutto lo svolgimento della sua opera da quella che egli stesso chiamava "la filosofia corpuscolare" ; concepì delle particelle piccole, solide, fisicamente indivisibili, che costituivano i blocchi costruttivi della natura. Queste erano associate in grossi gruppi che durante una reazione chimica agivano come una sola unità. La dimensione e la forma di queste unità fornivano le proprietà fisiche alle sostanze. L'attrazione e l'affinità erano spiegate come un mutuo adattamento delle particelle in movimento. I suoi studi sulla natura del fuoco e della calcinazione lo portarono a credere che il fuoco fosse formato di particelle dotate di moto veloce perché era convinto che il moto fosse la spiegazione del calore. Egli calcinò dei metalli in palloni di vetro sigillati e quando pesò il prodotto attribuì l'aumento del peso alle particelle di fuoco che, penetrate nel vetro, si erano combinate con il metallo.

## *4. Georg Ernst Stahl (1659-1734)*

---

<sup>649</sup> Intervento di Giovanni Villani in Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) G[2008], p. 130.



Formulò la teoria del *flogisto* che spiegava perché i corpi bruciano. A partire dal comportamento delle sostanze rispetto alla capacità di bruciare o meno, fu possibile classificare le sostanze in acidi, basi, metalli o combustibili. Le fasi salienti della sua teoria erano le seguenti:

- ogni materiale infiammabile contiene flogisto: i metalli ne sono ricchi, mentre le calce (gli attuali ossidi) no;
- quando una di tali sostanze brucia, perde la sua componente flogistica trasformandosi in calce;
- il fuoco individua il rapido passaggio del flogisto all'esterno della sostanza; non essendo più recuperabile, non era più possibile la trasformazione inversa.

#### 5. *Joseph Priestley (1733-1804)*

Separò e identificò di un grande numero di gas (come l'idrogeno). Poté anche osservare la formazione di acqua quando l'idrogeno è in presenza di ossigeno.

#### 6. *Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794)*

Grazie a lui cambiarono in un senso più moderno i criteri di descrizione dei fenomeni chimici. Egli introdusse nel 1754 il nome di *base* per definire gli alcali e attribuì al nome *sale* alla reazione di *acidi* e *basi*; secondo questa nuova accezione riscontrò che molti sali erano insolubili.

Con alcuni fra gli esperimenti più importanti, dimostrò che la teoria del flogisto non poteva essere corretta in quanto l'aumento di peso della sostanza infiammata dopo la calcinazione, già osservato da Boyle, non poteva essere dovuto al flogisto. Lavoisier comprese che il processo, detto in seguito di combustione, poteva avvenire solo in presenza di ossigeno e che era questo elemento ad essere responsabile dell'aumento di peso riscontrato. Individuò il verificarsi di processi analoghi nella respirazione di animali e piante, così come nell'arrugginimento del metallo. La reazione di combustione può essere così esprimibile:

combustibile + comburente → prodotti + calore

Lavoisier chiarì il concetto di elemento come sostanza semplice che non può essere scomposta da nessun metodo conosciuto dell'analisi chimica, e concepì una teoria della formazione dei composti chimici, a partire dagli elementi e aventi proprietà differenti rispetto agli elementi costitutivi. In base a questo presupposto comprese che durante i processi chimici non solo la massa totale dei reagenti e dei prodotti si conserva ma anche i diversi elementi chimici, in base al principio di conservazione della massa. Isolò 33 elementi constatando la pluralità della materia fin nei suoi costituenti elementari.

### *7. John Dalton (1766-1844)*

Dimostrò l'esistenza di tanti atomi quanti gli elementi; venne così definitivamente abbandonata l'idea che esistesse una sostanza primaria ed uniforme, base comune di tutta la materia. Divenne possibile determinare il peso atomico sperimentalmente in modo non dissimile dagli oggetti macroscopici. Allo stesso modo, se nel XIX secolo si determinava l'energia globale delle molecole misurando il loro calore di dissociazione, nel XX secolo, noto il numero di Avogadro (numero di molecole contenute in una mole di gas), si poteva ottenere l'energia di una singola molecola.

### *8. Dmitrij Ivanovic Mendeleev e la tavola periodica degli elementi (1834-1907)*

650

Quali furono gli ostacoli alla messa in ordine iniziale degli elementi, con la quale avviene il passaggio dal periodo della scienza descrittiva (periodo analitico di Lavoisier) al periodo dell'organizzazione razionale dell'esperienza (periodo sincretista di Mendeleev)?

- 1) Il bisogno di riferirsi a una sorta di “misticismo dei numeri” per spiegare i fenomeni naturali, che permane anche dopo che il progresso del pensiero ebbe superato l'ingenuità della corrispondenza tra i 7 metalli e i 7 pianeti.
- 2) L'esiguità delle sostanze conosciute fino al XVIII secolo: le sostanze non sono immediatamente e naturalmente classificate.

---

<sup>650</sup> Per questa trattazione ci siamo basati su quanto letto in Bachelard G. A[1953].

3) La *sostanzializzazione* (o, potremmo anche dire, riduzione a sostanze, a materia) di certi fenomeni come la luce, il calore, l'elettricità, che permane fino al XIX secolo. Ad esempio si pensava che la luce agisse chimicamente sui corpi. Anche quando in seguito si arriva a parlare di natura corpuscolare della luce, la si intende in maniera differente rispetto alla *sostanzializzazione*: ad esempio nel contesto della *prechimica* si ritiene che la rifrazione della luce da parte dei corpi cristallini dipenda dal fatto che questi corpi siano più o meno combustibili.

4) La grande differenza tra le quantità dei diversi elementi chimici presenti in natura (ferro, carbone, calcio, ossigeno sono più abbondanti).

Occorre giungere alla seconda metà del XIX secolo perché il problema di una sistematica degli elementi della materia sia posto in una prospettiva illuminante. Con la tavola di Mendeleev, invece delle classificazioni lineari che organizzavano gli elementi in "famiglie" senza mai organizzare fra di loro le famiglie di elementi, si mette in opera un ordine incrociato, un ordine a due variabili, inizialmente non distinte molto nettamente. All'inizio si prendono i pesi atomici come primo criterio di ordinamento e la valenza come secondo (pesi atomici e valenza sono i due parametri principali della chimica classica). Mettendo su una linea orizzontale gli elementi con crescente peso atomico, si interrompeva la prima linea per mettere in colonne verticali gli elementi con la stessa valenza, e così via.

Si noti che quando la nozione di atomo era solo un'ipotesi (fino alla fine del XIX secolo) il peso atomico indicava semplicemente i rapporti ponderali degli elementi che compongono la sostanza. Solo nel secolo XX si poté determinare il numero assoluto di atomi contenuti in un peso determinato di sostanza e calcolare il peso assoluto di un atomo di una sostanza. Il peso atomico era dunque inizialmente concepito come relativo.

Più tardi alla nozione di peso atomico, più propriamente chimica, succedette la nozione di numero atomico, più astratta. All'inizio esso era un "numero ordinale", cioè fissava il posto delle sostanze elementari della serie delle diverse linee orizzontali. Poi tale numero acquisì la funzione di "numero cardinale", nel senso che corrispondeva al numero di particelle chiamate elettroni. Questa nuova struttura atomica richiede di essere studiata con nuove leggi, quelle della meccanica quantistica (principio di esclusione di Pauli).

Si noti inoltre che quando Mendeleev costruì la tavola, si rese conto che talvolta era necessario invertire l'ordine di alcuni pesi atomici: utilizzava, insomma, la nozione di numero atomico prima che questa potesse essere proposta. Il sistema di Mendeleev ha potuto costituirsi grazie al parallelismo tra crescita di peso atomico e crescita di numero atomico.

Il numero atomico di una sostanza è il numero di elettroni contenuti in uno dei suoi atomi e assume i valori da 1 a 92. I periodi chimici si sviluppano ciascuno seguendo il numero progressivamente crescente degli elettroni nello strato esterno dei differenti atomi del periodo.

Così le famiglie chimiche, inizialmente ordinate in base ai risultati degli esperimenti chimici anche attraverso le leggi di Faraday sull'elettrolisi, ora sono spiegate elettronicamente.

L'organizzazione elettronica richiede un salto di qualità razionale per essere compresa, ma illumina anche il precedente sapere, acquisito empiricamente. La tavola di Mendeleev riorganizzata al livello delle conoscenze attuali accede a un vero razionalismo della materia e porta ad *aritmetizzare* la chimica.

La materia non è “elettrica sostanzialmente” ma “elettronica aritmeticamente”; le qualità materiali sono dunque riferibili alla composizione chimica. Quando si passa alla spiegazione della valenza chimica tramite le organizzazioni elettroniche, l'empirismo di partenza appare come un primo livello di conoscenza che non “spiega” ma si limita a “constatare”.

In seguito si è indagata la natura del nucleo e si sono creati i transuranici. Da qui si è giunti a capire che il nucleo è formato da neutroni e protoni e, mediante il numero di massa, si è potuto calcolare il numero di neutroni.

### **Il moto dei corpi nelle diverse scale di osservazione: dai gravi ai corpi celesti**

Per quanto riguarda le **competenze** che si intendono far acquisire attraverso questo percorso, che può essere sviluppato in anni successivi, si può far riferimento a quanto esposto all'inizio del paragrafo 7.2 (capitolo 7) descrivendo il percorso *Galileo: il peso dell'esperimento* e a quanto detto all'inizio del paragrafo 6.5 descrivendo il percorso *Il moto dei Pianeti nel sistema solare*. Preciso che tale percorso, essendo rivolto ai docenti

(è stato anche presentato ad un convegno per docenti come abbiamo già fatto presente nell'introduzione di questo capitolo), mette a tema (nell'ultima fase descritta) anche l'argomento che riguarda la forza gravitazionale e la terza legge di Keplero che non è adatto ai ragazzi della scuola secondaria di primo grado, se non nell'ottica di un potenziamento o approfondimento personalizzato. Tuttavia anche in questa parte ho inserito alcune esperimenti usufruibili per ragazzi della scuola secondaria di secondo grado.

### *1. Studio del moto dei corpi in caduta libera*

Osservazione di oggetti con peso, forma e volumi diversi: queste tre caratteristiche apparentemente influiscono sulla velocità con cui cadono gli oggetti. Ad un primo approccio gli oggetti sembrano esclusivamente tendere ad uno stato di quiete e ad andare verso il basso.

### *2. La svolta avvenuta con Galileo*

#### *– Approfondimento storico*

Vengono fatti brevi accenni agli studiosi medievali che hanno preceduto Galileo, come Giovanni Buridano (1295-1358) e Nicola d'Oresme (1320/1325-1382), i quali ritenevano in modo ancora del tutto intuitivo (contrariamente ai loro predecessori) che le leggi del moto che governavano i corpi celesti fossero le stesse di quelli terrestri.

Si mette in evidenza che l'ipotesi di partenza di Galileo si innesta in questa lunga tradizione. Oltretutto tale ipotesi è coerente con il principio di Archimede (ben più antico), che Galileo aveva compreso profondamente. Infatti anche l'aria, al pari dei liquidi, frena il moto dei corpi. In questo senso può essere colto il nesso esistente con l'argomento relativo alla densità contribuendo ad offrire una interpretazione unitaria di moltissimi fenomeni.

#### *– L'esperimento del piano inclinato*

Si procede adottando il metodo sperimentale sottolineando l'importanza della svolta metodologica inaugurata da Galileo.

Si osserva che le sferette, partendo da una stessa altezza, arrivano al suolo nello stesso istante se l'attrito dell'aria è trascurabile. Approfondendo questo aspetto avvalendosi di un piano inclinato, si scopre che il moto delle sferette è caratterizzato da un incremento di velocità costante e che tale incremento non è influenzato dal cambiamento della loro massa. Vengono rappresentate graficamente le distanze percorse in funzione del tempo impiegato cambiando anche l'inclinazione del piano.

- *L'esperimento del pendolo*

Vengono individuate le analogie e le differenze rispetto all'esperimento precedente. Si mettono in evidenza le variabili in gioco nel processo globale del fenomeno (la lunghezza del filo, l'angolo della traiettoria circolare percorsa dal filo, la massa appesa, il periodo di oscillazione) in cui non si considera solo lo stato iniziale e finale (cioè l'istante in cui la massa inizia a oscillare e quello in cui si ferma) scoprendo che solo alcune di esse caratterizzano il moto oscillatorio.

### *3. La teoria gravitazionale e il sistema solare*

- *Preconoscenze degli studenti*

Ripresa dell'esperimento del pendolo e del piano inclinato affrontati negli anni precedenti identificando le grandezze fisiche che caratterizzano il moto e le unità di misure adottate.

- *Esperimento del pendolo di Foucault (1851)*

Prova della rotazione terrestre (sarebbe meglio, se si può, portare gli studenti a vederne uno; altrimenti si utilizzano animazioni al computer). Simulazioni al computer che mostrano cosa cambierebbe se il pendolo si trovasse ad un'altra latitudine terrestre.

– *La Teoria eliocentrica*

Piccoli cenni storici ai principali esponenti di questa teoria: Aristarco di Samo (210-320 a. C.), Niccolò Copernico (1473-1543) fino ad arrivare a Galileo Galilei (1564-1642) e Keplero (1571-1630). Descrizione del sistema solare partendo dalle osservazioni effettuate da Galileo con il cannocchiale, in particolare di alcuni pianeti come Giove con i suoi satelliti.

Osservazioni astronomiche di Keplero più rigorose che gli consentono di descrivere abbastanza precisamente il tipo di traiettoria seguito dai pianeti del sistema solare. Enunciazione delle tre leggi di Keplero. Costruzione di un modellino con traiettoria circolare ed ellittica per mostrare le differenze (la velocità areolare aumenta al perielio, diminuisce all'afelio nel secondo caso; nel primo caso essa è costante).

Viene messo in evidenza che, a partire da Galileo e Keplero fino alla teoria di gravitazione universale di Newton compresa, la geometria euclidea si dimostra essere un valido strumento di supporto delle teorie fisiche che descrivono il moto dei corpi.

Applicazioni numeriche (in excel) della terza legge di Keplero utilizzando delle tabelle astronomiche.

– *La legge di gravitazione universale di Isaac Newton (1642-1727)*

La teoria di gravitazione universale di Newton non solo spiega la caduta dei gravi, ma anche i fenomeni d'urto, i moti dei pianeti nel sistema solare e delle stelle nelle galassie: viene compreso in un senso decisamente più ampio tutto un gruppo di fenomeni solo poco tempo prima considerati disgiunti.

Si evidenzia come la storia delle scoperte scientifiche può intendersi come progressiva conquista di strumenti sempre più sofisticati (dall'osservazione a occhio nudo al cannocchiale fino ai telescopi e i satelliti odierni) che hanno consentito l'ampliarsi del nostro ambito di osservazione.

Viene messo in rilievo che grazie ad essa si è potuto non solo descrivere il moto dei pianeti ma anche individuarne la causa, chiamata "forza"; che tale forza agisce a

distanza e dipende dalla massa dei pianeti e dalla distanza tra di essi. Infine la differenza tra massa e forza.

La domanda guida a cui si cerca di rispondere è: perché la Terra e gli altri pianeti descrivono quel tipo di traiettoria attorno al Sole e non altre? Il punto da cui partire è il moto parabolico di un grave: aumentando sempre di più la velocità con cui esso viene lanciato, potrebbe raggiungere un valore tale che gli consentirebbe di cominciare a orbitare attorno alla Terra come la Luna o i satelliti artificiali. Vengono mostrate delle simulazioni che mostrano la velocità minima necessaria ad un corpo sulla Terra dotato di una certa massa (che viene variata) e la diversa orbita che raggiungerebbe aumentando ulteriormente la velocità. Gli stessi esempi numerici possono essere utilizzati per verificare come varia la forza di attrazione gravitazionale al variare della distanza del corpo dalla Terra e della sua massa (concetti matematici di diretta e inversa proporzionalità), costruendo eventualmente dei grafici (in excel).

Infine viene illustrata la dimostrazione geometrica (attraverso l'equivalenza dei triangoli che si formano congiungendo la posizione del Sole con quella del Pianeta in due tempi uguali e successivi <sup>651</sup>) che prova come la seconda legge di Keplero (aree uguali del pianeta sono percorse in tempi uguali) sia valida proprio perché la forza con cui il pianeta è attratto dal Sole è diretta verso di esso.

Argomenti direttamente connessi alla terza e ultima parte del percorso particolarmente adatti per la terza classe della scuola secondaria di primo grado:

- il moto di rotazione e rivoluzione della Terra e l'inclinazione dell'asse terrestre come causa dell'alternanza delle stagioni;
- il moto della Luna e le eclissi di Luna e di Sole;
- i pianeti del sistema solare.

### **Dall'energia chimica della pila di Volta all'energia elettrica e viceversa: un esempio di trasformazione**

Prima di procedere alla descrizione di questo percorso ricordo che esso è stato da me presentato nell'ambito del progetto PON Educazione Scientifica consentendomi di essere selezionata come autrice di percorsi destinati ai docenti di Scienze.

---

<sup>651</sup> Tale dimostrazione, ideata da Newton, si trova in Feynman R. P. A[1971], pp. 44-50.



Attraverso questo percorso si intende far acquisire agli studenti le seguenti **competenze**.

- Conoscere i cambiamenti di interpretazione più importanti relativi ai fenomeni elettrici dal XVIII secolo in avanti.
- Saper definire la differenza di potenziale, l'intensità di corrente e la resistenza.
- Misurare le grandezze variabili caratterizzanti un circuito.
- Saper spiegare nelle sue linee essenziali il fenomeno della trasformazione dell'energia elettrica in altre forme di energia e della sua conservazione riconoscendo la presenza di un effetto di dissipazione o degradazione dell'energia elettrica.
- Conoscere le trasformazioni di energia che avvengono nella pila (l'energia chimica si trasforma in energia elettrica) e durante il processo di elettrolisi (in questo caso avviene la trasformazione inversa).
- Saper utilizzare le proprie conoscenze per assumere comportamenti responsabili e consapevoli verso di sé e l'ambiente.

Descrivo ora sinteticamente le attività e le metodologie utilizzate allo scopo di raggiungere le **competenze** previste:

1. Viene illustrato agli studenti a che punto era la comprensione dei fenomeni elettrici nel XVIII secolo.
  - Esperimento della bottiglia di Leida. Spiegazione di Benjamin Franklin (1706-1790) del fenomeno di accumulazione di elettricità sulla boccia.
  - Confronto tra l'ipotesi interpretativa di alcuni effetti di fenomeni elettrici (contrazione dei muscoli di una rana) di Luigi Galvani (1737-1798) e quella di Alessandro Volta (1745-1827), l'inventore della pila.
2. Viene costruita la pila di Volta con lastre di zinco e di stagno (o altri metalli tra cui c'è differenza di potenziale) e spugnette imbevute di acqua e sale (elettrolita). Altri tipi di pila possono essere costruiti collegando gli elettrodi con dei cavetti elettrici ad un frutto (arancia o limone) alle mani, o ad una soluzione salina contenuta in una lattina. Nel caso della pila alla frutta l'elettrolita è costituito dal succo del frutto, nella pila a mano dal sudore e dalle particelle cariche che circolano all'interno del nostro corpo, nell'ultimo caso l'elettrolita è la soluzione di acqua e sale da cucina.

- Vengono compresi i processi chimici osservati che consentono la generazione di elettricità mettendo a fuoco che avviene una trasformazione di energia chimica in energia elettrica.
- Viene osservato che l'energia elettrica viene a propria volta trasformata in energia luminosa, termica o meccanica a seconda del tipo di utilizzatore presente nel circuito.
- Viene osservato che il filo e gli utilizzatori nel tempo si riscaldano.
- Viene misurata la differenza di potenziale e l'intensità di corrente con un tester.
- Vengono rappresentate graficamente le grandezze individuate.
- Viene ricavata la prima legge di Ohm a partire dai dati sperimentali (eventualmente si può utilizzare anche Cabri).
- Vengono discussi gli aspetti legati al riciclaggio e allo smaltimento dei rifiuti delle pile.

3. Viene studiata la trasformazione inversa (l'energia elettrica che si trasforma in energia chimica) costruendo una cella elettrolitica. A tal scopo vengono utilizzate due viti di acciaio collegate ad un alimentatore di tensione (4,5 V) tramite due cavetti elettrici e poste in una soluzione di solfato di rame. Dopo un po' di tempo si osserva la deposizione di rame su una vite e l'annerimento dell'altra.

### *Originalità della proposta*

- Esecuzione di attività sperimentali in cui gli studenti sono coinvolti personalmente nella scoperta dei fenomeni, guidati dall'insegnante.
- Utilizzo di strumenti informatici, video, proiezioni che favoriscano la comprensione e comunicazione dei concetti.
- Immedesimazione degli studenti nei personaggi storici coinvolti nell'avventura scientifica attraverso l'utilizzo del registro recitativo (scambio di ruoli) e narrativo.
- Sollecitazione continua degli studenti da parte dell'insegnante attraverso domande chiave che stimolano il gusto della scoperta.
- Apprendimento del formalismo matematico attraverso esperimenti storici.

- Inserimento del percorso didattico esposto nell'ambito di un percorso più ampio sui tre anni di tipo ricorsivo (nell'anno successivo si può affrontare il tema della trasformazione da energia nucleare a energia luminosa e termica attraverso lo studio del ciclo delle stelle, nell'anno precedente da energia meccanica a energia termica e viceversa) nell'ottica della verticalità.

## **La comprensione del fenomeno della luce in base al modello di propagazione rettilinea**

Attraverso questo percorso si intende far acquisire agli studenti le seguenti **competenze**.

- Conoscere i processi di trasmissione e assorbimento della luce in base alle caratteristiche dei corpi (trasparenti, traslucidi, opachi).
- Comprendere i fenomeni di riflessione, rifrazione, dispersione e diffusione della luce attraverso esempi quotidianamente osservabili.
- Conoscere le leggi di riflessione e rifrazione dell'ottica geometrica attraverso attività sperimentali.
- Conoscere il comportamento di una lente convergente attraverso l'attività sperimentale del banco ottico.
- Comprendere il funzionamento del microscopio e della camera oscura.
- Diventare consapevoli dei limiti insiti nel modello di propagazione rettilinea della luce.

### ***1. Introduzione***

Si intende utilizzare il metodo geometrico dei rapporti proporzionali per introdurre il modello di propagazione rettilinea. Occorre precisare che può essere attuata dal docente una scelta per quanto riguarda le attività sperimentali, per esempio concentrandosi esclusivamente su una fra quelle proposte.

### ***2. Studio della propagazione della luce rettilinea***

Partendo da oggetti quotidiani (cucchiai, specchi convessi utilizzati nella segnaletica stradale, specchi concavi utilizzati nei riflettori dei fari delle automobili o quelli che si trovano nelle *trousse* di trucchi che ingrandiscono le immagini) e da alcune immagini (per esempio: un paesaggio montano riflesso in un lago, le ombre cinesi, l'arcobaleno, l'alba, il tramonto) si arriva alla caratterizzazione dei materiali in base al loro comportamento quando vengono illuminati da una sorgente di luce (trasparenti, traslucidi e opachi) e alla messa a fuoco ancora a un livello osservativo dei fenomeni di riflessione, rifrazione, dispersione e diffusione (per esempio il colore del cielo è azzurro o arancione al tramonto quando i raggi del sole sono maggiormente inclinati).

Si approfondisce il fenomeno della riflessione descrivendo precisamente, attraverso un disegno geometrico, prima il percorso di luce laser riflesso da uno specchio; poi il percorso della luce quando essa illumina un oggetto dalla forma semplice che viene riflesso in uno specchio.

Allo stesso modo si studia il fenomeno della rifrazione utilizzando la geometria euclidea, in particolare verificando che il rapporto tra segmenti (proiezione del raggio incidente e rifratto) rimane costante quando l'inclinazione dell'angolo di incidenza cambia. Eventualmente si può anche mostrare che il cammino seguito dalla luce anche in questo caso, come accadeva nel fenomeno di riflessione, è quello che impiega meno tempo a propagarsi (ma in questo caso, diversamente dal precedente, esso non coincide col percorso più breve perché il mezzo cambia) <sup>652</sup>.

### *3. Studio delle proprietà delle lenti sottili*

All'inizio di questo percorso si era già osservato come le superfici riflettenti (specchi o cucchiai) possono deformare, ingrandire, rimpicciolire, capovolgere l'immagine e, analogamente, le lenti, a seconda che siano convergenti o divergenti, rimpiccioliscono o ingrandiscono gli oggetti.

Utilizzando un banco ottico si può approfondire le proprietà delle lenti misurando la distanza focale di una lente convergente ( $f$ ), la distanza ( $p$ ) tra l'oggetto e la lente e la distanza ( $q$ ) tra la lente e l'immagine che viene proiettata su uno schermo di carta millimetrata quando l'oggetto illuminato viene messo a fuoco. Viene verificata la legge

---

<sup>652</sup> Per approfondimenti o suggerimenti su questo argomento si veda il video YTL M[1].

dei punti coniugati ( $1/f = 1/p + 1/q$ ). Si può anche verificare che il rapporto di ingrandimento dell'oggetto sullo schermo corrisponde al rapporto tra  $q$  e  $p$ .

#### *4. Costruzione e/o utilizzo di strumenti ottici*

Possono essere costruiti i seguenti strumenti ottici:

- Il microscopio ottico dotandosi di due lenti convergenti di cui la prima, chiamata obiettivo, fornisce un'immagine reale, ingrandita e capovolta. La seconda (posta vicino all'occhio), chiamata oculare, fornisce un'immagine virtuale ingrandita e diritta.
- La camera oscura in cui si osserva per esempio la formazione dell'immagine della candela capovolta sulla carta trasparente.

#### *5. I limiti del modello*

Illuminando con un fascio di luce laser un oggetto di piccole dimensioni (nell'ordine di grandezza della lunghezza d'onda del raggio di luce laser), si osserva il fenomeno della diffrazione, che non è più possibile interpretare con le leggi dell'ottica geometrica.

## **Esiti della ricerca: individuazione degli aspetti originali che caratterizzano la proposta di formazione docenti della rivista *Emmeciquadro***

Attraverso le indagini statistiche che valutano i sistemi scolastici abbiamo potuto constatare che in Italia, oltre ad essere diminuito come in tutta Europa e negli USA il numero di studenti che intraprende studi scientifici, è decisamente elevato il numero di studenti che non mostra interesse per le discipline scientifiche e che abbandona la scuola prima di assolvere l'obbligo scolastico.

L'assunto di partenza di questa ricerca consiste nel ritenere la formazione dei docenti un punto nevralgico per l'affronto del problema. Tale convinzione è avvallata anche dalle numerose ricerche effettuate in ambito didattico, che inducono anche l'Unione europea a ritenere fondamentale la cura di questo aspetto e a mobilitarsi per migliorare la competenza dei docenti.

La rivista *Emmeciquadro*, nel più ampio panorama italiano, offre un suo specifico contributo riguardo a questo tema, assumendosi come compito principale quello di formare i docenti di Scienze di tutti gli ordini di scuola. Ultimamente l'aumento della sua diffusione, grazie al passaggio on-line, ha consentito un aumento notevole della sua diffusione rendendo più efficace l'azione in questa direzione.

Come abbiamo ampiamente documentato soprattutto nei primi due capitoli di questo testo, la rivista si caratterizza in primo luogo per il suo lavoro continuativo e duraturo nel tempo che coinvolge docenti accademici di diversa estrazione culturale per quanto riguarda la loro preparazione – parliamo infatti di fisici, chimici e biologi, ma anche di esperti in filosofia e storia della scienza e teologi – che curano prevalentemente gli aspetti pedagogici e epistemologici ognuno dal proprio punto di vista in base alla propria area di competenza. Vengono in questo modo comunicate numerose tematiche scientifiche attuali offrendo ai docenti la possibilità di formarsi attingendo ad un ampio spettro di conoscenze interdisciplinari e mostrando, in misura più o meno esplicita, la valenza educativa di esse. Il motivo di questa scelta è che, come abbiamo ben approfondito soprattutto nel primo capitolo, la realtà naturale si presenta complessa e diventa necessario, per gli studiosi che si accorgono di questo, adottare differenti

approcci che insieme possono concorrere a fornire una visione unitaria delle problematiche che emergono.

Inoltre nella rivista sono costantemente presenti interviste con esponenti importanti a livello internazionale ritenuti interessanti per la profondità con cui affrontano aspetti scientifici dimostrando di superare i limiti di una cultura che talvolta si presenta alquanto angusta e settoriale. Come abbiamo più volte sottolineato, infatti, le tendenze di tipo scienziata (che esaltano a dismisura le scienze presumendo di poter spiegare tutto esclusivamente attraverso i loro metodi) e relativista (che si dimostrano invece eccessivamente scettiche rispetto alla possibilità che le scienze possano realmente fornirci conoscenze certe e oggettive) oggi largamente diffuse, sono entrambe affette da una sostanziale miopia che deriva dall'aver trascurato alcune dimensioni fondamentali della natura umana ritenute ingiustificatamente sconosciute o soggettive. Siamo quindi autorizzati a pensare che se si tornasse a riconoscere che anche la filosofia e la teologia poggiano su un fondamento razionale conferente loro valore universale, anche le scienze ne trarrebbero giovamento dal punto di vista dell'arricchimento nel confronto costruttivo con esse, evitando di incorrere nell'errore di utilizzare il metodo scientifico anche per affrontare problematiche che non le competono. Anche da questo punto di vista la rivista *Emmeciquadro* può rappresentare uno strumento importante per diffondere non solo tra gli insegnanti questo tipo di approccio, che abbiamo definito sinteticamente col termine *pluralismo realista*.

Attraverso *Emmeciquadro* diventa oltretutto possibile colmare almeno in parte la distanza che separa il mondo universitario da quello scolastico nell'interazione reciproca dei due ambiti. Abbiamo, del resto, avuto modo di osservare che è stato verificato, attraverso alcune ricerche in ambito europeo (si veda il paragrafo 4.7.1), che tale collaborazione si dimostra proficua, stimolando i docenti a un rinnovamento dei contenuti e metodi didattici. Allo stesso tempo – sempre attraverso queste ricerche molto recenti, ma anche quelle più datate di Freudenthal che in questo senso si sono dimostrate del tutto attuali – abbiamo anche potuto constatare il fatto che uno scambio di esperienze didattiche tra docenti anche di diverse scuole, nel confronto con docenti più esperti che guidano il lavoro (la figura del *mentor* viene menzionata anche in queste ricerche come importante per la formazione docenti, come abbiamo specificato nel paragrafo 4.7.1), contribuisce costruttivamente al miglioramento delle competenze dei

docenti, aumentando la consapevolezza e l'autostima per il proprio lavoro, consentendo di apportare con maggior decisione e tempestività eventuali correzioni o cambiamenti che si ritengono necessari in corso d'opera. Questo è quanto avviene nei gruppi di ricerca (di cui abbiamo trattato nel sesto capitolo) che collaborano alla rivista e che rappresentano il suo secondo importante e prezioso contributo.

Il giudizio precedentemente esposto riguardo all'efficacia di questo metodo è confermato anche dalle interviste effettuate ai docenti che partecipano ai seminari. Questi ultimi si configurano come una sorta di "laboratori permanenti" che sperimentano continuamente e attivamente sul campo, cioè in classe, i criteri didattici caratteristici della rivista di cui abbiamo parlato nel terzo capitolo. In questo senso tali criteri non rischiano di essere recepiti in modo formale, rigido e acritico, perché riprendono vita ogni volta in modo nuovo e personale allorché il docente se ne impossessa assumendoli come propri e paragonandosi con i colleghi quando riporta durante gli incontri l'esperienza fatta a scuola. La metodologia seguita viene definita in gergo tecnico *ricerca-azione* proprio per evidenziare questo aspetto di formazione che avviene attraverso l'esperienza, cioè la verifica personale.

Alcuni dei percorsi proposti dai docenti ritenuti più esemplificativi confluiscono nella rivista. La stesura degli articoli consente al docente da un lato di effettuare un'ulteriore esperienza di formazione, dovendo egli comunicare e perciò maturare ulteriormente la propria consapevolezza sul proprio operato; dall'altro diventa possibile diffondere non solo e semplicemente dei percorsi didattici, ma piuttosto un modo di fare scuola che si rivela convincente ed efficace mettendo alla prova i criteri didattici nell'affronto di specifici argomenti.

Queste considerazioni ci portano ad auspicare che altri gruppi di ricerca analoghi possano generarsi per osmosi sull'onda di questa positiva esperienza. Questo potrà accadere nel momento in cui in ambito scolastico si diffonderà una cultura della valutazione anche nella categoria dei docenti, cosicché sarà considerato un beneficio anche per i docenti stessi il monitoraggio delle proprie competenze allo scopo di sviluppare nel tempo la propria professionalità.

Vale la pena precisare che gli aspetti didattici e culturali presenti nella rivista non sono separati tra loro, bensì si rispecchiano e si integrano, come abbiamo cercato di far emergere quando li abbiamo descritti, anche nella scelta della struttura mediante cui li



abbiamo presentati. Infatti l'esperienza è il primo aspetto che abbiamo considerato sia nel primo che nel terzo capitolo, dove abbiamo sottolineato l'importanza, come punto di partenza, delle esperienze che permettono agli studenti di cogliere il nesso dei contenuti scientifici con la realtà. Segue poi il modello, con particolare attenzione in ambito didattico al processo che permette la maturazione del linguaggio e della capacità di astrazione. Infine la complessità, mettendo in risalto il riferimento alla storia della scienza. In ambito didattico quest'ultimo aspetto, che permette con maggior incisività rispetto agli altri lo sviluppo dell'auto-consapevolezza e della responsabilità negli studenti, si traduce come ricorsività dei percorsi nell'ottica di un incremento della conoscenza di tipo verticale.

Per favorire l'acquisizione di questa impostazione metodologica tra gli insegnanti, abbiamo selezionato e classificato tutti gli articoli finora pubblicati sulla rivista ritenuti da noi più significativi (si veda l'allegato del capitolo 6 *Mappa storico Emmeциquadro*). Tale ordinamento in categorie secondo questa chiave di lettura, che sostanzialmente ricalca la struttura e i contenuti di questo progetto per quanto riguarda i primi tre capitoli e il quinto, sarà messo a disposizione degli insegnanti sul sito, in una sezione a parte analoga a quella già presente degli speciali, dove già sono disponibili due Dossier: *il modello* e *Uomini di scienza*, (quest'ultima potrebbe essere ampliata e comprendere articoli relativi alla *storia delle scienze* come prevede la mappa da noi proposta).

Notiamo inoltre che tutti gli aspetti caratteristici del metodo sperimentale che abbiamo trattato (esperienza, modello complessità) – soprattutto quelli che riguardano il nesso con l'esperienza del ragazzo per rendere la conoscenza non astratta e perciò interessante, ovvero l'esperienza e la modellizzazione – sono ritenuti importanti anche da altre proposte di formazione europee e italiane che abbiamo presentato. Tuttavia abbiamo anche messo in evidenza come sia necessario chiarire la matrice culturale che fa da sfondo a questi contenuti onde evitare che essi vengano ridotti, non favorendo il loro approfondimento corretto e di conseguenza non trasmettendo agli studenti la consapevolezza della loro reale portata.

E' proprio in questo che consiste il contributo più originale della rivista *Emmeциquadro* che non abbiamo ritrovato nelle altre proposte: nel mettere in guardia i docenti dai rischi insidiosi – a prima vista del tutto innocui – che possono presentarsi affrontando superficialmente e non con la dovuta cura e attenzione alcuni argomenti. Essi infatti

talvolta nascondono sfaccettature fuorvianti e favoriscono l'introduzione di misconcezioni che risulta in seguito difficile sradicare. Di questi pericoli ci si può accorgere solo con l'aiuto di persone culturalmente preparate, oltre che dotate di uno spessore umano non indifferente come certamente sono coloro che collaborano a *Emmeciquadro*.

## **Elenco degli allegati ai capitoli**

### *Allegati al capitolo 4*

grafici formazione

PON (cartella)

- Corso PON
- Piano offerta formativa
- Ambiente di formazione
- PON Monitoraggio
- Statistiche corsisti

### *Allegati al capitolo 5*

Ricerca Mayer (scansione delle parti più significative della ricerca)

Grafico INValSI

### *Allegati al capitolo 6*

Diesse:

- Diesse Percorso acqua
- Relazione Diesse
- Seminario Diesse

Questionario gruppi di ricerca (compilati dai docenti della primaria e secondaria di primo grado; relazione scuola Mara Durigo)

Incontrare l'acqua:

- Foto (cartella contenente le foto documentative del lavoro svolto in classe)
- Leonardo Da Vinci: Testo Leonardo in scena, slide, Registrazione, Foto (cartella)
- Scanner galleggiamento (scansione delle pagine di quaderno di qualche studente che riportano le schede relative agli esperimenti sul galleggiamento)
- Scanner quaderno (scansione di alcune pagine di quaderno di qualche studente più significative del percorso)

- Questionario Primaria
- Relazione Moraschini
- Slide acqua
- Verifiche

Mappa storico *Emmeciquadro* (suddivisione e selezione degli articoli ritenuti particolarmente significativi):

- Mappa 1
- Mappa 2

Miniera Bessa:

- 1 Slide percorso e bozza articolo (Finzi densità 1-6)
- 2 Trascrizione testo
- 3 Articolo definitivo

S. Pietro Terme:

- Immagini cartelloni (Foto dei cartelloni della Mostra presentata durante il convegno sulla matematica)
- Atti mostra

Sistema solare:

- Lezione 1: Lezione del 29-02-12, calcolo per orbite ellittiche;
- Lezione 2: Lezione del 7-03-12, slides Aristarco e Eratostene;
- Lezione 3: Video (Pendolo di Foucault, Moto Pianeti teoria geocentrica, Moto Pianeti teoria eliocentrica, Moto retrogrado Pianeti, Galileo Giove, Galileo fasi di Venere, Galileo Luna, Galileo Macchie Solari, Galileo Saturno, Galileo Via Lattea), Slides Ticho-Brahe-Galileo, Lezione 21-03-12;
- Relazione Micheletti

### *Allegati capitolo 7*

- Materiali PON: registrazioni (Black, Galileo-caduta corpi, Galileo-moto uniforme, Galileo-piano inclinato, Galileo-senza attrito, Thompson) attività 1 calore;
- Percorsi matematici non sperimentati: Infinito e infinitesimi, I paradossi relativi al concetto di Infinito: una questione sempre aperta;

- Questionario Matematica nei fenomeni naturali;
- Seminario S. Pietro Terme: Slide seminario (1-Problemi, 1-Uno strano solido (problema), 2-Galleria storica, 3-Fisica, 3-Piano inclinato, 4-Analisi armonica di suoni periodici, 4-La musica, 5-Dimostrazione, 6-La simmetria, 7-Ricorsività), Atti seminario;
- Articoli vari.

## Bibliografia ragionata ordinata per aree tematiche

### *Criteria bibliografici seguiti*

Nelle note all'interno del testo riporteremo:

- L'autore (o gli autori o il/i curatore/i nel caso in cui il testo raccolga più autori) riportando prima il cognome e poi la lettera iniziale del nome. Se ci sono più autori di un testo si segue l'ordine alfabetico in base al primo cognome che compare. Precisiamo che certi siti (o documenti presenti nei siti) citati non contengono l'autore (perché sono a siti di associazioni, enti, ecc.); in tal caso comparirà solo una sigla identificativa.
- La categoria di appartenenza del testo o articolo citato, identificata da una lettera seguendo l'ordine alfabetico (senza spaziatura accanto alla parentesi quadra dove è specificata la data o il numero progressivo).
- La data di pubblicazione, prestando attenzione (possibilmente) a porre quella del testo originale nei casi in cui l'autore non sia contemporaneo. La data di pubblicazione della/delle edizione/i (eventualmente tradotta/e) successiva/e sarà riportata solo nella bibliografia. Precisiamo che certi siti (o documenti presenti nei siti) citati, per loro natura non contengono la data (o perché non specificata o perché sono a siti di associazioni, enti, ecc.); in tal caso comparirà, oltre alla sigla identificativa, un numero progressivo in parentesi quadra anche se l'occorrenza è unica rispetto alla sigla;
- Una lettera (all'interno della parentesi quadra accanto alla data senza lasciare spaziatura), seguendo l'ordine alfabetico, nel caso in cui nello stesso anno nella stessa categoria esistano più pubblicazioni da parte dello stesso autore o ente.

### *A. Libri utilizzati per esaminare gli aspetti epistemologici*

Agazzi E. [1961], *Introduzione ai problemi dell'assiomatica*, Vita e pensiero, Milano.

Agazzi E. [1979], *Il concetto attuale di Scienza*, in Atti del convegno di studio, Ancona;

Agazzi E. [1980], Aa. Vv., Galeazzi (a cura di), *Scienza e filosofia oggi*, Massimo, Milano.

- Agazzi E. [1984], *Storia delle Scienze*, Città Nuova, Roma.
- Agazzi E. (a cura di), [1984], *La teoria dell'evoluzionismo di Darwin*, Storia delle Scienze vol. II, Città Nuova, Roma.
- Agazzi E. [1985], *La questione del realismo scientifico*, in C. Mangione (a cura di), *Saggi in onore di Ludovico Geymonat*, Garzanti, Milano.
- Agazzi E. [2008], *Le rivoluzioni scientifiche*, Fondazione Achille e Giulia Boroli, Milano.
- Arecchi F.T. e I. [1990], *I simboli e la realtà. Temi e metodi della scienza*, Jaca Book, Milano.
- Bachelard G. [1938], *La Formation de l'esprit scientifique*; trad. it. *La formazione dello spirito scientifico. Contributo a una psicoanalisi della conoscenza oggettiva*, E. Castelli Gattinara (a cura di), Cortina Raffaello, Milano, 1995.
- Bachelard G. [1949], *Le Rationalisme appliqué*; trad. it. M. Giannuzzi Bruno e L. Semerari (a cura di), *Il razionalismo applicato*, Dedalo, Bari, 1975, n.ed.1993.
- Bachelard G. [1951a], *Conferenza tenuta al Palais de la Decouvert*, Paris, in Sertoli G. (a cura di), *La ragione scientifica*, Bertani Editore, Verona, 1974.
- Bachelard G. [1951b], *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*; trad. it. F. Bonicalzi (a cura di), *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, Jaca Book, Milano, 1986.
- Bachelard G. [1953], *Le Matérialisme rationnel*; trad. it. L. Semerari (a cura di), *Il materialismo razionale*, Dedalo, Bari, 1975, n.ed. 1993.
- Bachelard G. [1972], *Engagement rationaliste*; trad. it. F. Bonicalzi (a cura di), *L'impegno razionalista*, Jaca Book, Milano, 2003.
- Bachelard G. [1978], *Il nuovo spirito scientifico*, Laterza, Bari.
- Bersanelli M., Gargantini M. (a cura di) [2003], *Solo lo stupore conosce. L'avventura della ricerca scientifica*, Rizzoli, Milano.
- Bonicalzi F. [1982], *La Ragione Cieca. Teorie della storia della scienza e comunità scientifica*, Jaca Book, Milano.
- Bonicalzi F. [1990], *L'ordine della certezza*, Edizione Marietti, Genova.
- Bonicalzi F. et al. [2009], *From Combinatorics to Philosophy; The Legacy of G.-C. Rota*, Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

- Cortellazzo M., Zolli P. [1980], *Dizionario etimologico della lingua italiana*, Zanichelli, Bologna.
- Del Re G. [2006], *La danza del cosmo*, UTET, Torino.
- Ekeland I. [2010], *Come funziona il caos*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Einstein A. [1934], *Mein Weltbild*, *Querido*, Amsterdam; trad. it., *Come io vedo il mondo*, Cucchini, Milano, 1955.
- Einstein A., Infeld A. [1938], *The evolution of physics. The growth of ideas from early concepts to relativity and quanta*, Simon & Schuster, New York; trad. it., *L'evoluzione della fisica. Sviluppo delle idee dai concetti iniziali alla relatività e ai quanti*, Boringhieri, Torino, 1948, n. ed. 1982.
- Einstein A. [1949], *Autobiographisches*, in Schilpp Paul Arthur (a cura di), pp. 2-95; trad. it., *Autobiografia scientifica*, Bompiani, Bergamo, 1988, n. ed. 2010.
- Feynman R. P. [1971], *La legge fisica*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Feyerabend P. K. [1979], *Contro il metodo*, Feltrinelli, Milano.
- Galilei G. [1610], *Lettera a Belisario Vinta, 30 gennaio 1610*, manoscritto, Padova; pubbl. in *Opere*, X, pp. 280-281.
- Galilei G. [1613], *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*, Giacomo Mascardi, Roma; in *Opere* V, pp. 72-249.
- Galilei G. [1623], *Il saggiaiore*, Giacomo Mascardi, Roma; ristampa in *Opere* VI, pp. 199-372.
- Galilei G. [1624], *Lettera a Francesco Ingoli in risposta alla Disputatio de situ et quiete Terrae*, manoscritto, Firenze; pubbl. in *Opere*, VI, pp. 509-561.
- Galilei G. [1632], *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*, Giovanni Battista Landini, Firenze; ristampa in *Opere*, VII, pp. 23-546; versione on-line: Editoria, Web design, Multimedia, <http://www.e-text.it/>.
- Galilei G. [1638], *Discorsi e dimostrazioni matematiche sopra due nuove scienze*, Leida, Elsevier; ristampa in *Opere*, VIII, pp. 41-362.
- Gargantini M. [1991], *Uomo di scienza, uomo di fede*, LDC, Torino-Leumann.
- Gargantini M. [2000], *Galileo Galilei tra realtà e mito*, Itaca, Castel Bolognese.
- Geymonat L., Minazzi F., Agazzi E. [1989], *Filosofia, scienza e verità*, Rusconi, Milano, n. ed. 2000.
- Giuliani A., Zbilut J. P. [2009], *L'ordine della complessità*, Jaca Book, Milano.
- Grant E. [2001], *Le origini medievali della scienza moderna*, Einaudi.



- Husserl E. [1936], *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie: Eine Einleitung in die phänomenologische Philosophie*; trad. It. *La crisi delle Scienze Europee e la fenomenologia trascendentale*, Il Saggiatore, Milano, 1961.
- Husserl E. [1959], *Erste Philosophie* (1923/24), Boehm R. (a cura di), Parti I e II, Husserliana VII and. 1. VIII (Den Haag: Nijhoff); trad. it. *Storia critica delle idee*, Guerini scientifica, Milano, n. ed. 2007.
- Kuhn T. [1969], *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino.
- Lakatos I., Musgrave A. (eds.) [1962], *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge; trad. it., *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, 1976.
- Maddalena G. [2003], *Istinto Razionale*, Trauben, Torino.
- Musso P. [1997], *Filosofia del caos*, Franco Angeli, Milano.
- Musso P. [2004], *Forme dell'epistemologia contemporanea*, Urbaniana University press, Città del Vaticano.
- Musso P. [2011], *La Scienza e l'idea di ragione*, Mimesis Edizioni, Milano - Udine.
- Newton I. [1687], *Philosophiae naturalis principia mathematica*; trad. it. *Principi matematici della filosofia naturale*, UTET, Torino, 1965.
- Osserman R. [1997], *Poesia dell'Universo*, Longanesi & C., Milano.
- Pais A. [1986], *Sottile è ...il Signore*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Peirce C. [2005], G. Maddalena (a cura di), *Scritti scelti*, UTET, Torino.
- Planck M. [1964], *la conoscenza del mondo fisico*, Boringhieri, Torino.
- Polanyi M. [1959], *The Study of Man*, University of Chicago, Chicago.
- Polanyi M. [1988], *Conoscere ed essere*, Armando Editore, Roma.
- Polanyi M. [1990], *La conoscenza personale*, Rusconi Libri, Milano.
- Popper K. [1969], *Scienza e filosofia*, Einaudi, Torino.
- Popper K. [1970], *Logik der Forschung*, Springer, Vienna; trad. it., *Logica della scoperta scientifica*, Einaudi, Torino.
- Popper K. [1972], *Congetture e confutazioni. Lo sviluppo della conoscenza scientifica*, Il Mulino, Bologna.
- Rota G. [1994], *Pensieri discreti*, Garzanti, Milano.
- Vanni Rovighi S. [1976], *Storia della filosofia moderna*, La Scuola, Brescia.

*B. Articoli di contenuto epistemologico e scientifico (esclusi quelli contenuti nella rivista Emmeciquadro elencati a parte)*

Agazzi E. [1967], *Alcune osservazioni sul problema dell'intelligenza artificiale*, Rivista di filosofia neoscolastica, n. 59, pp. 1-34.

Agazzi E. [1999], *L'orizzonte del senso ovvero la verità come ricapitolazione*, Nuova Secondaria, XVI/6 pp. 5-7.

Arecchi F. T. [1985], *Caos e ordine nella fisica*, Il nuovo saggiaiore, vol. 1, n. 3, pp. 35-51.

Arecchi F. T. [1994] *Was Galileo a realist?*, Physis, vol. 31, n.1 (1994), pp. 273-296.

Arecchi F. T. [1992], *La descrizione scientifica: modello o metafora del reale?*, Nuova Secondaria, febbraio.

Arecchi F. T., Basti G., Boccaletti Stefano, Perrone A. [1994], *Adaptive recognition of a chaotic dynamics*, Europhysics Letters, vol. 26, pp.327-332.

Bersanelli M. [2000], *Cosmologia con il fondo cosmico di microonde*, in "Quaderni delle Scienze", 117.

Bersanelli M. [2012], *Che c'entra la creatività con la scienza*, in *Il Sussidiario*, [www.ilsussidiario.net/News/Scienze/2012/4/13/DIBATTITI-Bersanelli-che-c-entra-la-creativita-con-la-scienza-/2/267477/](http://www.ilsussidiario.net/News/Scienze/2012/4/13/DIBATTITI-Bersanelli-che-c-entra-la-creativita-con-la-scienza-/2/267477/)

Bohr N. [1913], *On the constitution of atoms and molecules, Part I*, in "Philosophical Magazine", vol. 26, pp. 1-24.

Drake S. [1973], *Galileo's experimental confirmation of horizontal inertia: unpublished manuscripts (Galileo Gleaning XX. 11)*, in "Isis", vol. 64 (1973), pp. 291-305.

Correale N. [2011a], *Quello sguardo che funziona meglio di una risonanza magnetica*, [www.ilsussidiario.net/News/Scienze/2011/5/10/NEUROSCIENZE-Quello-sguardo-che-funziona-meglio-di-una-risonanza-magnetica/175374/](http://www.ilsussidiario.net/News/Scienze/2011/5/10/NEUROSCIENZE-Quello-sguardo-che-funziona-meglio-di-una-risonanza-magnetica/175374/)

Correale N. [2011b], *L'arte del cervello che riconosce la bellezza*, [www.ilsussidiario.net/News/Scienze/2011/5/30/NEUROSCIENZE-L-arte-del-cervello-che-riconosce-la-bellezza/181504/](http://www.ilsussidiario.net/News/Scienze/2011/5/30/NEUROSCIENZE-L-arte-del-cervello-che-riconosce-la-bellezza/181504/)

Einstein A. [1905a], *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*, Annalen der Physik, ser. 4, XVII, pp.132-

148; trad. it. 1988, *Un punto di vista euristico relativo alla generazione e trasformazione della luce*, in *Opere*, pp. 118-135.

Einstein A. [1905b], *Die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XVII, pp. 549-560; trad. it. 1988, *Il moto delle particelle in sospensione nei fluidi in quiete, come previsto dalla teoria cinetico-molecolare del calore*, in *Opere*, pp. 136-147.

Einstein A. [1905c], *Über die Elektrodynamik bewegter Körper*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XVII, pp. 891-921; trad. it. 1988, *L'elettrodinamica dei corpi in movimento*, in *Opere*, pp. 148-177.

Einstein A. [1905d], *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energienhalt abhängig?*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XVIII, pp. 639-641; trad. it. 1988, *L'inerzia di un corpo dipende dal suo contenuto di energia?*, in *Opere*, pp. 178-180

Einstein A. [1906a], *Zur Theorie der Brownschen Bewegung*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XIX, pp. 371-381.

Einstein A. [1906b], *Theorie der Lichterzeugung und Lichtabsorption*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XX, pp. 199-206; trad. it. 1988, *La teoria della generazione e dell'assorbimento della luce*, in *Opere*, pp. 181-188.

Einstein A. [1911], *Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XXXV, pp. 898-908; trad. it. 1988, *L'effetto della gravitazione sulla propagazione della luce*, in *Opere*, pp. 221-232.

Einstein A. [1916], *Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XLIX, pp. 769-822; trad. it. 1988, *I fondamenti della teoria della relatività generale*, in *Opere*, pp. 282-343.

Einstein A. [1936], *The Journal of the Franklin Institute*, vol. 221 n. 3, marzo.

Gödel K. [1931], *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme*, *Monatshefte für Mathematik und Physik*, vol. 38, pp. 173-198; trad. it. 1961, *Proposizioni formalmente indecidibili dei Principia Mathematica e di sistemi affini*, in Agazzi [1961] *Introduzione ai problemi dell'assiomatica*, Vita e Pensiero, Milano, pp. 203-228.

Maddalena G. [2011], *Guessing or reasoning? A philosophical account of hypothesis*, [www.euresisjournal.org/default.asp?pagina=413&act=1&id=13](http://www.euresisjournal.org/default.asp?pagina=413&act=1&id=13)

Maxwell J. C. [1865], *A dynamical theory of the electromagnetic field*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 155 (1865), pp. 459-512.

Planck M. [1900], *Entropy and temperature of radiant heat*, Annalen der Physik, vol. 1, n. 4 (April 1900), pp. 719-737.

Polanyi M. [1966], *The Creative Imagination*, Chemical and Engineering News, XLIV.

Schrödinger E. [1926], *Quantisierung als Eigenwertproblem; von Erwin Schrödinger*, Annalen der Physik, vol. 79, pp. 361-377; trad. ing. 1926, *An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules*, Physical Review, vol. 28, n. 6, pp. 1049-1070.

### C. Libri utilizzati per esaminare gli aspetti pedagogici

Ausubel D. P. [1954], *Theory and Problems of Adolescent Development*, Grune and Stratton, New York.

Bertagna G. [2004], *Valutare tutti valutare ciascuno*, Editrice la scuola, Brescia.

Bertagna G. [2011], *Lavoro e formazione dei giovani*, Editore La Scuola (collana Pedagogia), Brescia.

Bloom B. S. [1968], *Introduzione alla teoria del mastery learning* in J. H. Block (a cura di), *Scuola, società e mastery learning*, Loescher, Torino.

Bruner J. S. [1971], *Alcuni elementi del processo di scoperta*, in *Il significato dell'educazione*, Armando, Roma, n. ed. 1994.

Chiosso G. [2009], *I significati dell'educazione*, Mondadori, Milano.

Fabro C. (a cura di) [1962], *Materialismo dialettico e materialismo storico*, La Scuola, Brescia.

Glaserfeld E.V. [2001], *Constructivisme radicale et enseignement*, in AA. VV., *Constructivismes: usages et perspectives en éducation. Département de l'instruction publique-Service de recherché en éducation*, Geneve.

Hobbes T. [1651], *Leviatano o la materia, la forma e il potere di uno stato ecclesiastico e civile* trad. it. A. Pacchi (a cura di), collaborazione di A. Lupoli, Laterza, Bari, 1989.

Minichiello G. [2003], *Scienza e imposture: la comunicazione scientifica tra costruttivismo e realismo*, in A. Feoli, G. Minichiello, Oscar D'Agostino, *Un irpino fra i "ragazzi di via Panisperna"*, Quaderni del Centro Dorso, n. 7, 2003, pp. 53-72.

Morin E. [2000], *La testa ben fatta. Riforma dell'insegnamento e riforma del pensiero*, Cortina, Milano.

Skinner Burrhus F. [1992], *Difesa del comportamentismo; Saggi recenti su istruzione e personalità*, Armando, Roma.

*D. Articoli di contenuto pedagogico (esclusi quelli contenuti nella rivista Emmeciquadro elencati a parte)*

Bertagna G. [2004], *Dalla centralità dell'insegnamento a quella dell'apprendimento*, Tuttoscuola, n. 444, pp. 30-33.

Bertagna G. [2005a], *I pompieri di New York: la valutazione delle conoscenze/abilità e delle capacità/competenze*, Il nodo. Scuole in rete, n. 27, pp. 10-18.

Bertagna G. [2005b], *La valutazione di tutti non è quella di ciascuno*, Nuova Secondaria, n. 6, 15 febbraio 2005, pp. 20-21 (anche in "Scuola e Didattica", n. 14, 1 Febbraio 2005, pp. 14-15).

Bertagna G. [2006a], *Di fronte al nuovo lessico: centralità comunque dell'azione docente*, Rivista dell'Istruzione, n. 2, Marzo-Aprile, pp. 58-62.

Bertagna G. [2006b], *Personalizzazione degli apprendimenti. Livelli essenziali di prestazione o prestazioni minime di apprendimento dei ragazzi?*, Scuola e Didattica, n. 15, pp. 7-15.

Bertagna G. [2006c], *Obiettivi specifici di apprendimento, obiettivi formativi e unità di apprendimento*, Nuova Secondaria, n. 9, pp. 11-15.

Bertagna G. [2006d], *Lavoro, cultura, scuola e educazione: una circolarità da riproporre*, L'educazione negata. Rivista Internazionale di teologia e Cultura Communio, n. 207, pp. 37-52.

Bertagna G. [2007], *Oltre i pregiudizi del paradigma gerarchico-selettivo*, Nuova Secondaria, n. 6, p. 15.

Bertagna G. [2008a], *Educare istruendo. 2 Sapere ed esperienza personale*, Nuova Secondaria, n. 6, pp. 7-9.

Bertagna G. [2008b], *La formazione dei docenti mai attuata e ora abrogata*, Nuova Secondaria, n. 6, pp. 19-20.

- Bertagna G. [2008c], *Il decreto legge Gelmini*, Didatticamente Gulliver, n. 0, p. 13 p. 107.
- Bertagna G. [2009], *Saperi disciplinari e competenze*, in “*Studium educationis*”, vol. 2, n. 3, Ottobre, pp. 137- 155.
- Bertagna G. [2010a], *Entra in vigore la “Morfiormini” (Moratti, Fioroni, Gelmini), Nuova Secondaria*”, n. 7, a. XXVII, pp. 9-10.
- Bertagna G. [2010b], *L'apprendistato in diritto-dovere: una nuova opportunità formativa*, Nuova Secondaria, n. 8, a. XXVII, pp. 18-21.
- Bertagna G. [2011a], *I giovani tra formazione e lavoro. Alcune provocazioni*, Nuova Secondaria, n. 9, a. XXVII, pp. 30-33.
- Bertagna G. [2011b], *Venerati maestri cercasi*, Nuova Secondaria, n. 2, a. XXIX, 2011, p. 22.
- Bertagna G. [2011c], *La condanna di Sisifo e la vendetta di Mnemosine. La scuola media tra «forme» e «riforme»*, Scuola e Didattica, n. 9, a. LVII, pp. 6-11.
- Bonicalzi F. [2006], *Chi educa chi?*, *Communio*, n. 207, Maggio-Giugno.
- Borghesi M. [2011], *Crisi del soggetto ed educazione oggi*, *Il Nuovo Areopago*, n. 19, Marzo.
- Chiosso G. [1995], *Verso l'autonomia del sistema formativo*, *Pedagogia e vita*, n. 1, pp. 106-109.
- Chiosso G. [1998], *La “società educante” negli anni Settanta tra educazione permanente e descolarizzazione*, *Pedagogia e vita*, n. 3, pp. 58-79.
- Chiosso G. [2002], *Pedagogia cristiana, pedagogisti cristiani*, *Pedagogia e vita*, n. 4, pp. 134-136.
- Le debat sur la formation des enseignants en Italie*, *Politiques d'éducation et de formation*, n. 5, pp. 81-94.
- Chiosso G. [2004], *L'editoria scolastica prima e dopo Gentile*, in “*Contemporanea*”, 2004, n. 3, pp. 411-434.
- Chiosso G. [2004], *Gli istituti religiosi a servizio dell'umanità attraverso l'educazione cattolica*
- Chiosso G. [2005a], *nell'orizzonte della storia*, *Seminarium*, n. 1-2, pp. 31-61.
- Stato e società nella storia della scuola italiana*, *Rivista della Scuola superiore dell'economia e delle finanze*, n. 1, pp. 15-27.

- Chiosso G. [2005b], *Una storia all'insegna dello scolasticismo*, Rassegna Cnos, n. 2, pp. 108-116.
- Chiosso G. [2005c], *Toward a multidisciplinary history of education*, Annali di storia dell'educazione e delle istituzioni educative, n. 12, pp. 207-211.
- Chiosso G. [2006a], *"Il rischio educativo" nella cultura contemporanea*, Nuova Secondaria, n. 5, pp. 53-60.
- Chiosso G. [2006b], *Come cambia l'Europa delle scuole*, Nuova Secondaria, n. 6, Febbraio, pp. 9-14.
- Chiosso G. [2006c], *Il rischio educativo*, Atlantide, Marzo, pp. 53-61.
- Fedeli C. [2008], *Pedagogia*, Nuova Secondaria, n. 1, Settembre, p. 61-64.
- Fedeli C. [2011], *Gli studenti oggi: tre minuti di dettagli ma non sanno dov'è il tutto*, Il Sussidiario, [www.ilsussidiario.net/News/Educazione/2011/6/29/SCUOLA-Gli-studenti-oggi-Tre-minuti-di-dettagli-ma-non-sanno-dov-e-il-tutto/2/189326/](http://www.ilsussidiario.net/News/Educazione/2011/6/29/SCUOLA-Gli-studenti-oggi-Tre-minuti-di-dettagli-ma-non-sanno-dov-e-il-tutto/2/189326/).
- Grassi O. [2001], *Educazione e cultura*, Il Nuovo Areopago, n. 19, Marzo.
- Minichiello G. [1992], *Problemi di comprensione nella formazione scientifica di base*, Quaderni del Dipartimento di Scienze dell'educazione, Università di Salerno, n. 1-2, pp. 203-231.
- Nicoli D., [2011], *Insegnare per competenze: istruzioni per l'uso evitando il burocrate*, [http://www.robertostefanoni.it/a/didattica/nicoli-insegnare\\_competenze.htm](http://www.robertostefanoni.it/a/didattica/nicoli-insegnare_competenze.htm)
- Tempesta M. [2010], *Conoscenze e competenze. La posta in gioco*, Quaderni di libertà di educazione, n. 23.

### *E. Libri utilizzati per esaminare gli aspetti didattici*

- Associazione Euresis (a cura di) [2005], *Sulle spalle dei giganti*, Seed.
- ASS [2010], Atti della Summer school di Firenze *La conoscenza conta*, riportato nell'Annuario 2009 - 2010 dell'Associazione Culturale *Il Rischio Educativo*
- Bergamaschini M.E., Marazzini P., Mazzoni L. [2001], *L'indagine del mondo fisico*, Volume C, Carlo Signorelli Editore, Milano.
- D'Amore B., Sbaragli S. (a cura di) [2011], Atti del Convegno *Incontri con la matematica XXV, Un quarto di secolo al servizio della didattica della matematica*.

- Donaldson M. [2010], *Come ragionano i bambini*, Springer-Verlag, Italia.
- Drake S. [1992], *Galileo Galilei pioniere della scienza. La fisica moderna di Galileo*, Franco Muzzio Editore, Padova.
- Freudenthal H., [1994], *Ripensando l'educazione Matematica - Lezioni tenute in Cina*, La Scuola, Brescia.
- Gargantini M. (a cura di) [2006], *La cultura scientifica nella scuola*, Edizione Marietti, Genova-Milano,.
- Manara R. [2002], *La matematica e la realtà*, Marietti 1820, Genova-Milano.
- Papucci S. [2000], *Manuale per il laboratorio della fisica*, Hoepli.
- Pellerey M. [2004], *Le competenze individuali e il Portfolio*, La Nuova Italia, Firenze.
- Prosperi G. (a cura di) [2000], *Fisica*, La Scuola, Brescia.
- Atti dei convegni promossi dall'Associazione culturale *Il rischio educativo* con la *Fondazione per la Sussidiarietà* riportati in *I quaderni della sussidiarietà*:
- QS n. 2, [2007], *Il rischio di educare nella scuola*.
  - QS n. 5, [2008], *Una scuola che insegna a ragionare: Il metodo dell'esperienza*.
  - QS n. 6, [2009], *Coscienza religiosa e cultura moderna: percorsi della ragione e dell'istruzione*.
  - QS n. 11, [2010], *Realismo, ideologia e scetticismo nella scuola e nell'educazione*.
- Rigotti E. [2009], *Conoscenza e significato*, Mondadori Università, Milano.
- Russo L. [1998], *Segmenti e Bastoncini*, Feltrinelli, Milano.
- Sennett R. [2008], *l'uomo artigiano*, Feltrinelli, Milano.

***F. Articoli di contenuto didattico (esclusi quelli contenuti nella rivista Emmeciquadro elencati a parte)***

- Bergia B. [2002], *La nascita della fisica moderna: da Galilei a Newton*, La fisica nella scuola, Quaderno n. 14, anno XXXV, Ottobre-Dicembre.
- Bellavite P., Zatti M. [1996], *Il paradigma della complessità nelle scienze e in medicina*, Nuova Secondaria, Aprile.
- Buscherini S. [2012], *Il sistema numerico arabo: il suo impiego nell'astronomia araba*, L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 35, Febbraio, p. 51.



- Campedelli L. [2012], *Per non dimenticare - La matematica nella cultura e nella formazione dei giovani*, L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 35, Aprile, p.114.
- Correale N. [2012], Intervista a Vinti C., *Il pensiero di Gaston Bachelard: spunti epistemologici e didattici*, rivista CQIA, Luglio, [www.unibg.it/dati/bacheca/1029/58255.pdf](http://www.unibg.it/dati/bacheca/1029/58255.pdf), p. 235.
- Cusi A. [2012], *L'insegnante come modello di comportamenti ed atteggiamenti consapevoli ed efficaci per favorire lo sviluppo di competenze e consapevolezza da parte degli allievi*, L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 35 Maggio-Giugno, p. 393.
- Ferrari M. [2012a], *Aritmetica e algebra nella scuola secondaria di primo grado. Una proposta divisa per anni. Terza media: tiriamo le somme, usiamo i simboli e apriamo finestre*, L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 35, Gennaio, p. 7.
- Ferrari M. [2012b], *La formazione dei docenti di matematica: pensieri in libertà per una libera discussione*, L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 35, Maggio-Giugno, p. 229.
- Finos G. [2012], *Quando le mani aiutano le parole*, L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 35, Gennaio, p. 75.
- Jorg T., Davisc B., Nickmans G. [2007], *Towards a new, complexity science of learning and education 2007*, Educational Research Review, Vol. 2, pp. 145-156.
- Malara N. A. [2012], *Studi circa la formazione e lo sviluppo professionale degli insegnanti*, L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 35, Maggio-Giugno, p.255 .
- Manara C. F. [1977a], *La dimensione culturale della matematica. Problemi didattici*, Didattica delle scienze, n. 67, pp. 6-8.
- Manara C. F. [1977b], *Grandezze e misure*, Didattica delle scienze, n. 72, pp. 6-10; n. 73, pp. 14-16.
- Manara C. F. [1980], *Intuizione e logica. Problemi didattici della matematica*, Didattica delle scienze, n. 86 (1980), pp. 25-28.
- Manara C. F. [1980], *La matematica come strumento di formazione culturale*, Didattica delle scienze, n. 89, pp. 13-18.

- Manara C. F. [1981], *La matematizzazione della realtà nei suoi sviluppi storici*, n. 95, pp. 19-22 e 36; n. 97, pp. 11-13; n. 98, pp. 29-32; n. 99, pp. 10-12.
- Manara C. F. [1982], *Il linguaggio della scienza*, Didattica delle scienze, n. 102, pp. 11-13; n. 103, pp. 17-19.
- Manara C. F. [1985], *La generalizzazione del concetto di geometria*, Nuova Secondaria, n. 6, pp. 31-34.
- Manara C. F. [1988a], *Epistemologia della matematica*, Scuola e didattica, Ottobre, pp. 34-39.
- Manara C. F. [1988b], *Matematica dell'incerto. L'insegnamento della statistica e della probabilità*, Scuola e didattica, n. 5, pp. 37-42.
- Manara C. F. [1988c], *Computer e insegnamento della matematica*, Scuola e didattica, n. 5, pp. 50-64.
- Manara C. F. [1988d], *L'eguaglianza in geometria*, Nuova Secondaria, n. 5, pp. 65-67; n. 6, pp. 71-74.
- Manara C. F. [1992a], *L'insegnamento della matematica nella scuola elementare in Italia*, n. 4 (1992), Pedagogia e vita, pp. 7-19.
- Manara C. F. [1992b], *L'assiomatica classica e moderna*, Nuova Secondaria, n. 10, Giugno, pp. 37-41.
- Manara C. F. [1993a], *I valori educativi e formativi nell'insegnamento delle scienze esatte*, n. 2, Pedagogia e vita, pp. 7-14.
- Manara C. F. [1993b], *L'impiego dei "tests" in matematica*, Nuova Secondaria, n. 1, Settembre, pp. 37-40.
- Manara C. F. [1993-1994], *Il calcolo approssimato. Dimensioni culturali e didattiche*, Nuova Secondaria, n. 3 (Novembre 1993), pp. 77-80; n. 5 (Gennaio 1994), pp. 71-72.
- Manara C. F. [2001], *Il concetto di modello nella scienza*, n. 7, Marzo, pp. 79-84.
- Manara C. F., Cantoni M. [1999], *Logica e realtà virtuale in geometria*, Nuova Secondaria, n. 4, Dicembre, pp. 41-47.
- Manara C. F., Lucchini G. [1989], *Dimensioni formative e culturali della matematica*, Nuova Secondaria, n. 5, Gennaio, pp. 55-58.
- Manara C. F., Marchi M. [1986], *Il linguaggio matematico*, Scuola e didattica, Maggio, pp.93-97.

Manara R. [2006], *La matematica: Il fascino di una conquista*, Communio, Maggio-giugno, n. 207.

Manara R. [2011], *Perché gli studenti non sanno più risolvere i problemi*, Il Sussidiario, [www.ilsussidiario.net/News/Educazione/2011/6/9/SCUOLA-Perche-gli-studenti-non-sanno-piu-risolvere-i-problemi-/3/184930/](http://www.ilsussidiario.net/News/Educazione/2011/6/9/SCUOLA-Perche-gli-studenti-non-sanno-piu-risolvere-i-problemi-/3/184930/)

Marazzini P. [2008], *Riflessioni su alcuni obiettivi dell'insegnamento della fisica nella Scuola secondaria Superiore italiana*, *Giornale di Fisica*, Vol XLIX, n. 2, Aprile-Giugno.

Zan R. [2012], *La dimensione narrativa di un problema: il modello C&D per l'analisi e la (ri)formulazione del testo*, *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, Vol. 35, Marzo, p. 107.

#### *G. Libri (o siti) utilizzati per esaminare la situazione della formazione docenti in Europa e in Italia e la valutazione esterna dei sistemi scolastici*

Abbona F., Del Re G., Monaco G. (a cura di) [2008], *Complessità dinamica dei processi educativi*, Franco Angeli, Milano.

Hodkinson P., Colley H., Malcom J. [2003], *The interrelationships between informal and formal learning*, *Journal of workplace learning* 15 (7/8).

Leadbeater C. W. [2005], *L'apprentissage personnalisé. L'avenir des services publics* Editions Ocede, Paris.

Scalmato V., Angotti R. [2009/2010], *Strutture dei sistemi di istruzione e formazione in Europa; Italia*, Unità italiana di Eurydice

[www.indire.it/lucabas/lkmw\\_file/eurydice///STRUTTURE\\_2009\\_2010\\_IT.pdf](http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/eurydice///STRUTTURE_2009_2010_IT.pdf).

Watson F. G., White R. T. [1978], *Purposes of Practical Work e Relevance of Practical Work to Comprehension of Physics*, congresso GIREP, Oxford.

*Quaderni di Eurydice, la rete di informazione sull'istruzione in Europa:*

EU [2007], *L'insegnamento delle scienze nelle scuole in Europa*

[www.indire.it/eurydice/content/index.php?action=read\\_cnt&id\\_cnt=3130](http://www.indire.it/eurydice/content/index.php?action=read_cnt&id_cnt=3130);

EU [2006], *L'assicurazione di qualità nella formazione degli insegnanti in*

*Europa*, [www.indire.it/lucabas/lkmw\\_file/eurydice///Quality\\_assurance\\_IT.pdf](http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/eurydice///Quality_assurance_IT.pdf)

EU [2011], *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*, eacea.ec.europa.eu/education/eurydice.

#### *H. Iniziative o associazioni che si occupano di formazione docenti in Italia*

##### *Associazioni ed enti collegati al Piano ISS*

ACI [1] [www.didichim.org/](http://www.didichim.org/)

ACS [1] [www.cittadellascienza.it/](http://www.cittadellascienza.it/)

AIF [1] [www.aif.it/](http://www.aif.it/)

ANISN [1] [www.anisn.it/](http://www.anisn.it/)

AMS [1] [www.museoscienza.org/](http://www.museoscienza.org/)

##### *Piano ISS*

ISS [2006] Quadro di riferimento

[www.Pubblica.istruzione.it/docenti/allegati/piano\\_iss\\_06.pdf](http://www.Pubblica.istruzione.it/docenti/allegati/piano_iss_06.pdf)

ISS [2009/10]

[www.annaliistruzione.it/riviste/annali/rivistaannali.htm](http://www.annaliistruzione.it/riviste/annali/rivistaannali.htm)

ISS [1]

[puntoeduri.indire.it/poseidon/offerta/help\\_g.php](http://puntoeduri.indire.it/poseidon/offerta/help_g.php)

ISS [2]

AA.VV. *Piano ISS – Ricerca-azione per la realizzazione di laboratori e la formazione continua degli insegnanti*, [www.storage.istruzioneer.it/file/sitoPiano-ISS-Baracchi.pdf](http://www.storage.istruzioneer.it/file/sitoPiano-ISS-Baracchi.pdf)

##### *PON Educazione scientifica*

Correale N. [2012], *Il Progetto PON Educazione Scientifica: un'idea di formazione docenti. Intervista alla Dottoressa Anna Fichera – Referente Nazionale per le iniziative di Formazione Docenti all'interno del MIUR – e alla Dott.ssa Serena Goracci, responsabile del Progetto; rivista CQIA del mese di dicembre, p. 111*  
[www.unibg.it/dati/bacheca/1029/60544.pdf](http://www.unibg.it/dati/bacheca/1029/60544.pdf)

PON [1] [www.indire.it/ponscienze/](http://www.indire.it/ponscienze/)

PON [2] [www.indire.it/content/index.php?action=read&id=1706&graduatorie=0](http://www.indire.it/content/index.php?action=read&id=1706&graduatorie=0)  
PON [3] [www.indire.it/content/index.php?action=read&id=1587](http://www.indire.it/content/index.php?action=read&id=1587)  
PON [4] [mediarepository.indire.it/iko/uploads/allegati/LL166RM1.pdf](http://mediarepository.indire.it/iko/uploads/allegati/LL166RM1.pdf)  
PON [5]  
[mediarepository.indire.it/iko/uploads/allegati/LL4RXGOB.pdf](http://mediarepository.indire.it/iko/uploads/allegati/LL4RXGOB.pdf)  
PON [6]  
[risorsedocentipon.indire.it/offerta\\_formativa/d/index.php?action=home&id\\_ambiente=50&area\\_t=d](http://risorsedocentipon.indire.it/offerta_formativa/d/index.php?action=home&id_ambiente=50&area_t=d)

#### *Ulteriori iniziative di formazione*

UBS [1] [www.bergamoscienza.it/](http://www.bergamoscienza.it/)  
UFD [1] [www.istruzione.lombardia.gov.it/categorie/formazione/formazione-docenti/](http://www.istruzione.lombardia.gov.it/categorie/formazione/formazione-docenti/)  
UFP [1] [old.istruzione.lombardia.it/formazione/progetti\\_form.htm](http://old.istruzione.lombardia.it/formazione/progetti_form.htm)  
UFS [1] [www.festivalscienza.it/](http://www.festivalscienza.it/)  
UMI [1]  
[umi.dm.unibo.it/ciim/convegno-umi-ciim/contributi-dei-conferenzieri-e-relatori/](http://umi.dm.unibo.it/ciim/convegno-umi-ciim/contributi-dei-conferenzieri-e-relatori/)  
UIL [1] [www.lincoeistruzione.it/beta/](http://www.lincoeistruzione.it/beta/); [www.lincci.it/](http://www.lincci.it/)  
UM [1] [www.fisica.uniud.it/URDF/masterDidSciUD/istituzione/pdf/ppn.pdf](http://www.fisica.uniud.it/URDF/masterDidSciUD/istituzione/pdf/ppn.pdf)  
UMS [2011] [www.istruzione.it/web/ministero/scienza-e-tecnologia/eventi-2011/index](http://www.istruzione.it/web/ministero/scienza-e-tecnologia/eventi-2011/index)  
UPE [1] [playenergy.enel.com/public?lang=it\\_IT](http://playenergy.enel.com/public?lang=it_IT)  
USF [1] [www.diessefirenze.org/detaileventi.asp?IDN=1057&idsezione=2](http://www.diessefirenze.org/detaileventi.asp?IDN=1057&idsezione=2)

#### *I. Normative o documenti ministeriali sulla formazione docenti*

AF [1] (*Informazioni Apprendistato di Alta Formazione*)  
[www.regione.lombardia.it/cs/Satellite?c=News&childpagename=Regione%2FDetail&cid=1213465506909&pagename=RGNWrapper](http://www.regione.lombardia.it/cs/Satellite?c=News&childpagename=Regione%2FDetail&cid=1213465506909&pagename=RGNWrapper)  
DM [1998] [archivio.pubblica.istruzione.it/normativa/1998/dm039\\_98.pdf](http://archivio.pubblica.istruzione.it/normativa/1998/dm039_98.pdf)  
DM [2005] [archivio.pubblica.istruzione.it/normativa/2005/allegati/all\\_dm22.pdf](http://archivio.pubblica.istruzione.it/normativa/2005/allegati/all_dm22.pdf)  
DM [2011] [www.unifg.it/dwn/fpl/TFA/DM8novembre2011\\_ReclutamentoTutor.pdf](http://www.unifg.it/dwn/fpl/TFA/DM8novembre2011_ReclutamentoTutor.pdf)

DB [1] Documento del gruppo di lavoro della cultura scientifica e tecnologica del 21 Maggio 2007 durante il ministero di Luigi Berlinguer  
[archive.forumpa.it/forumpa2007/ufficiostampa/.../0/.../berlinguer.doc](http://archive.forumpa.it/forumpa2007/ufficiostampa/.../0/.../berlinguer.doc)

ID [1] [www.istruzione.it/web/istruzione/cm49\\_12](http://www.istruzione.it/web/istruzione/cm49_12)

IN [1] [www.edscuola.it/archivio/norme/.../indicazioni\\_nazionali.pdf](http://www.edscuola.it/archivio/norme/.../indicazioni_nazionali.pdf)

MA [1] [www.matapp.unimib.it/~ferrario/var/t.html](http://www.matapp.unimib.it/~ferrario/var/t.html)

MIUR [2011a] [attiministeriali.miur.it/anno-2011.aspx](http://attiministeriali.miur.it/anno-2011.aspx), pubblicato su GU n. 24 del 31-1-2011 - Suppl. Ordinario.

MIUR [2011b] [attiministeriali.miur.it/anno-2011/settembre/nota-12092011.aspx](http://attiministeriali.miur.it/anno-2011/settembre/nota-12092011.aspx)

TFA [1] [tfa.cineca.it](http://tfa.cineca.it)

### *J. Provvedimenti in ambito educativo all'interno dell'Unione europea*

ET [1] *European strategy and co-operation in education and training*  
[ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy](http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy)

EN [1]  
[www.enqa.net](http://www.enqa.net)

FI [2007] *Conclusioni del Consiglio e dei rappresentanti dei governi degli Stati membri (sulla formazione insegnanti)*  
[archivio.pubblica.istruzione.it/buongiorno\\_europa/news/2007/allegati/2formazione\\_insegnanti.pdf](http://archivio.pubblica.istruzione.it/buongiorno_europa/news/2007/allegati/2formazione_insegnanti.pdf)

IBSE [1] Rapporto Rocard della Commissione Europea *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the future of Europe*  
[ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)

LI [1] *Commission Staff Working Document, Progress towards the Lisbon objectives in education and training, 2004-12 Report stilato ogni due anni, Brussels*  
[ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/progress-reports\\_en.htm](http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/progress-reports_en.htm)

OECD [1]  
[www.oecd.org/topic/0,3699,en\\_2649\\_37455\\_1\\_1\\_1\\_1\\_37455,00.html](http://www.oecd.org/topic/0,3699,en_2649_37455_1_1_1_1_37455,00.html)

PE [1] *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio: Migliorare la qualità della formazione degli insegnanti*

europa.eu/legislation\_summaries/education\_training\_youth/lifelong\_learning/c11101\_it.htm

QEQ [1] *Quadro europeo delle Qualifiche e dei Titoli*

ec.europa.eu/education/pub/pdf/general/eqf/broch\_it.pdf

UE [2009]

www.cnos-scuola.it/newsletter/allegati/aprile/01\_Ue\_2009.pdf

### *K. Sistemi di valutazione*

#### *INVALSI*

IN [2002-07a] [www.engheben.it/prof/materiali/invalsi/prima\\_media\\_scienze.htm](http://www.engheben.it/prof/materiali/invalsi/prima_media_scienze.htm)

IN [2002-07b] [www.scuolelaconi.nu.it/Z\\_Home/2010/Home/prove\\_invalsi.htm](http://www.scuolelaconi.nu.it/Z_Home/2010/Home/prove_invalsi.htm)

IN [2004-05] [www.invalsi.it/areadati/swdati.php?page=snv0405](http://www.invalsi.it/areadati/swdati.php?page=snv0405)

IN [2005-06a]

[www2.invalsi.it/snv2005/condivisa/index.asp](http://www2.invalsi.it/snv2005/condivisa/index.asp)

IN [2005-06b] [www.lauraproperzi.it/quiz/quarta\\_sci2005.htm](http://www.lauraproperzi.it/quiz/quarta_sci2005.htm)

IN [2007]

[archivio.pubblica.istruzione.it/ministro/interventi/2007/all5\\_050707.pdf](http://archivio.pubblica.istruzione.it/ministro/interventi/2007/all5_050707.pdf)

IN [2008-09]

[www.invalsi.it/snv0809/](http://www.invalsi.it/snv0809/)

IN [2009-2010]

[www.lemieclassi.it/3\\_10/preleva/INVALSI/Rapporto\\_SNV\\_09\\_10.pdf](http://www.lemieclassi.it/3_10/preleva/INVALSI/Rapporto_SNV_09_10.pdf)

#### *OCSE PISA*

OP [2001] (*Knowledge and skills for Life-First Results from PISA*, Paris; OECD Publications, 2001)

[www.echecscolaire.be/files/pisa00oc.pdf](http://www.echecscolaire.be/files/pisa00oc.pdf)

OP [2006a] [www.invalsi.it/invalsi/ric.php?page=ocsepisa06](http://www.invalsi.it/invalsi/ric.php?page=ocsepisa06),

OP [2006b] [www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2006.php?page=pisa2006\\_it\\_05](http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2006.php?page=pisa2006_it_05)

OP [2006c] [www.invalsi.it/invalsi/rn/odis/doc/Compendio\\_prove.pdf](http://www.invalsi.it/invalsi/rn/odis/doc/Compendio_prove.pdf)

OP [2009a] [www.invalsi.it/invalsi/ri/Pisa2009/documenti/RAPPORTO\\_PISA\\_2009.pdf](http://www.invalsi.it/invalsi/ri/Pisa2009/documenti/RAPPORTO_PISA_2009.pdf)

OP [2009b] [www.invalsi.it/invalsi/ri/Pisa2009/documenti/PISA2009\\_Primi\\_risultati.pdf](http://www.invalsi.it/invalsi/ri/Pisa2009/documenti/PISA2009_Primi_risultati.pdf)

OP [2009c] [www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2009.php?page=pisa2009\\_it\\_09](http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2009.php?page=pisa2009_it_09)

### *TIMSS*

TS [2007a] [www.nfer.ac.uk/nfer/publications/TMO01/TMO01.pdf](http://www.nfer.ac.uk/nfer/publications/TMO01/TMO01.pdf)

TS [2007b] [www.invalsi.it/download/Rapporto\\_TIMSS2007\\_Italia.pdf](http://www.invalsi.it/download/Rapporto_TIMSS2007_Italia.pdf)

TS [2007c] [www.invalsi.it/ric-int/timss2007/rapporti/Rapporto\\_TIMSS2007\\_Italia.pdf](http://www.invalsi.it/ric-int/timss2007/rapporti/Rapporto_TIMSS2007_Italia.pdf)

### *L. Articoli (o relazioni) relativi ai sistemi di valutazione esterna (esclusi quelli contenuti nella rivista Emmequattro elencati a parte)*

AA. VV. PISA [2010], *Approfondimenti tematici e metodologici*, Armando editore, Roma.

Agasisti T. [2009], *Perché invalsi dovrebbe misurare solo gli apprendimenti?*, in *Il Sussidiario*, 9/05/2009, [www.ilsussidiario.net/News/Educazione/.../5/...Invalsi...-/173442/](http://www.ilsussidiario.net/News/Educazione/.../5/...Invalsi...-/173442/).

Bolondi G. [2010], *Come usare in classe le prove Invalsi*, pubblicato nel Dicembre 2010 sulla rivista del centro Morin.

Checchi D., Ichino A., Vittadini G. [2008], *Un sistema di misurazione degli apprendimenti per la valutazione delle scuole: finalità e aspetti metodologici*, [www2.dse.unibo.it/ichino/new/other\\_articles/invalsi\\_pro\\_11.pdf](http://www2.dse.unibo.it/ichino/new/other_articles/invalsi_pro_11.pdf), 2008.

Colombo N. [2009], *Che giudizio danno i test internazionali*, in *Il Sussidiario*, 9/03/2009, [www.ilsussidiario.net/News/Educazione/2009/3/9/...i...-/13553/](http://www.ilsussidiario.net/News/Educazione/2009/3/9/...i...-/13553/)

Montanaro P. [2003], *La qualità dell'istruzione italiana*, [www.aiel.it/biblioteca/NAPOLI/D/montanaro.pdf](http://www.aiel.it/biblioteca/NAPOLI/D/montanaro.pdf).

Pozio S. [2010], *Le difficoltà degli studenti italiani nelle prove di matematica del PISA 2003*, pubblicato nell'Ottobre 2010 sulla rivista del centro Morin.

### *M. Immagini e video prevalentemente utilizzati per produrre i percorsi del Progetto PON Educazione Scientifica*



CW [1] (*informazioni storiche sul calore latente*)  
[ww2.unime.it/weblab/ita/kim/joule/joule2\\_ita.htm](http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/joule/joule2_ita.htm)  
[peripateticengineer.blogspot.it/2009/02/scotch-whiskey-and-thermodynamics.html](http://peripateticengineer.blogspot.it/2009/02/scotch-whiskey-and-thermodynamics.html)

EJ [1] (*suggerimento per esperimento di Joule contenente dati sperimentali*)  
[www.robertoocca.net/fis/term/term\\_dnm/en\\_tr\\_lavoro\\_calore\\_attrito.htm](http://www.robertoocca.net/fis/term/term_dnm/en_tr_lavoro_calore_attrito.htm)

EPP[1] (*suggerimento per l'esecuzione dell'esperimento del piano inclinato*)  
[fisicaho.wordpress.com/scienza-in-piazza/scienza-in-piazza-2009/il-piano-inclinato/](http://fisicaho.wordpress.com/scienza-in-piazza/scienza-in-piazza-2009/il-piano-inclinato/)

GG [1] (*simulazione con app geogebra del moto di una pallina su piano inclinato; costruzione automatica del grafico della legge oraria*)  
[www.ilsitodi.it/laboratoriodifisica/piano\\_inclinato\\_galilei/piano\\_incl\\_galilei.html](http://www.ilsitodi.it/laboratoriodifisica/piano_inclinato_galilei/piano_incl_galilei.html)

MG [1] (*filmati e immagini del museo Galileo di Firenze*)  
[www.catalogo.museogalileo.it/multimedia/PianoInclinato.html](http://www.catalogo.museogalileo.it/multimedia/PianoInclinato.html)

SJ [1] (*simulazione dell'esperimento di Joule*)  
[ww2.unime.it/weblab/ita/kim/joule/joule2\\_ita.htm](http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/joule/joule2_ita.htm)

YTG [1] (*filmato sull'esperimento del piano inclinato di Galileo*)  
[www.youtube.com/watch?v=MiXliNQubWA&feature=b-vrec](http://www.youtube.com/watch?v=MiXliNQubWA&feature=b-vrec)

YTJ [1] (*filmato sull'esperimento di Joule*)  
[www.youtube.com/watch?v=5yOhSIAIPRE&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=5yOhSIAIPRE&feature=related)

YTL[1] (*filmato sulla riflessione e rifrazione della luce*)  
[www.raiscuola.rai.it/articoli/la-luce-e-i-suoi-percorsi-riflessione-e-rifrazione/4795/default.aspx](http://www.raiscuola.rai.it/articoli/la-luce-e-i-suoi-percorsi-riflessione-e-rifrazione/4795/default.aspx)

YTV [1] (*filmato sugli oggetti cadono con la stessa accelerazione nel vuoto*)  
[www.youtube.com/watch?v=i-UCK6397\\_k](http://www.youtube.com/watch?v=i-UCK6397_k)

## Archivio degli articoli *Emmeciquadro* ordinati in base alle categorie culturali e didattiche individuate

### Legenda

*Gli articoli col contrassegno \* sono quelli ritenuti più importanti che hanno contribuito alla stesura del primo capitolo; gli articoli col contrassegno \*\* sono quelli ritenuti più importanti che hanno contribuito alla stesura del secondo capitolo; gli articoli col contrassegno \*\*\* sono quelli ritenuti più importanti che hanno contribuito alla stesura del terzo capitolo; gli articoli col contrassegno § sono quelli ritenuti più importanti che hanno contribuito alla stesura del quarto capitolo; infine sono stati elencati tutti gli articoli che descrivono percorsi della primaria e secondaria di primo grado prodotti da alcuni docenti che fanno parte dei gruppi di ricerca “Educare insegnando”- organizzati dall’Associazione culturale “Il rischio educativo” di cui si parla nel capitolo sesto. Gli articoli nell’ambito di ogni capitolo sono suddivisi anche in base all’argomento trattato.*

### N. Ragione

Arecchi F.T. [1998], *I simboli e la realtà*, n. 3, pp. 23-28 \*

Arecchi F.T. [2005], *Einstein, non solo relatività*, n. 23, pp. 19-29

Correale N. [2011], *La certezza nella scienza*, n. 41, pp. 63-70

[www.euresis.org/Public/EditorUpload/Documents/mc2/mc2\\_41/NSF\\_CertezzaScienza\\_Correale.pdf](http://www.euresis.org/Public/EditorUpload/Documents/mc2/mc2_41/NSF_CertezzaScienza_Correale.pdf)

Del Re G. [2005], *Quale Scienza*, n. 24, pp. 7-14

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-24/2005/8/12/SCIENZAINATTO-Quale-Scienza-Didattica-della-Scienza-e-formazione-dell-uomo/289914/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-24/2005/8/12/SCIENZAINATTO-Quale-Scienza-Didattica-della-Scienza-e-formazione-dell-uomo/289914/)

Gamba E. [1999], *Quale immagine della scienza*, n. 7, pp. 49-52

Manara C. F. [2007], *Che cosa è «Geometria». Itinerario didattico nella Geometria*, n. 31, [www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-31/2007/12/13/SCIENZAINATTO-Che-cosa-e-Geometria-Itinerario-Didattico-nella-Geometria/4/257504/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-31/2007/12/13/SCIENZAINATTO-Che-cosa-e-Geometria-Itinerario-Didattico-nella-Geometria/4/257504/)

Musso P. [2006a], *Quando la scienza è irrazionale- Intervista a G. Israel*, n. 26, pp. 21-26

Musso P. [2006b], *Il bello della scienza - Intervista a W. Derkse*, n. 26, pp. 27-30

Musso P. [2007], *Allargare la ragione*, n. 29, pp.53-62 \*

## *O. Conoscenza*

- Ascheri V. [2007], *Conoscere secondo Polanyi*, n. 29, pp. 73-82 \*
- [www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-29/2007/4/19/SCIENZAeSTORIA-Conoscere-secondo-Michael-Polanyi-Credere-per-capire-capire-per-credere/270001/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-29/2007/4/19/SCIENZAeSTORIA-Conoscere-secondo-Michael-Polanyi-Credere-per-capire-capire-per-credere/270001/)
- Bersanelli M. [2003], *Domanda, congettura, scoperta*, n.19, pp. 11-18
- Caffarra C. (Sua Em.za) [2006], *Umanesimo cristiano e ricerca scientifica*, n. 27, pp. 41-47 \*
- Del Re G. [2005], *Che cosa vuol dire scientifico*, n. 23, pp. 39-47
- [www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-23/2005/4/22/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-cosa-vuol-dire-Scientifico-Significato-e-Senso-del-lessico-scientifico/289919/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-23/2005/4/22/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-cosa-vuol-dire-Scientifico-Significato-e-Senso-del-lessico-scientifico/289919/)
- Di Trapani P. [1999], *Perché è bello ciò che è bello*, n. 7, pp. 27-36
- Gargantini M. [1999], *Ri-pensare il pensiero - Intervista a G. Basti*, n. 5, pp. 7-14
- Jaki S. L. [2005], *Il teorema di Gödel*, n. 22, pp. 12-22
- Mazzoni L., Musso P. [2003], *La rivoluzione scientifica*, n. 17, pp. 96-106 \*
- Musso P. [2005a], *Il limite di Gödel*, n. 23, pp. 61-65 \*
- Musso P. [2005b], *Scienza e realtà*, n. 24, pp. 15-19 \*
- Musso P. [2008], *Matematica ed esperienza umana - Intervista a L. Lafforgue*, n. 32, pp. 39-44
- Pavone G. [1999], *Scienza e filosofia tra ottocento e novecento*, n. 7, pp. 37-48
- Soave C., [1998], *Alle radici della creatività*, n. 1, pp. 21-28\*
- Tsallis C., Fernandez-Ranada A., Bersanelli M. [2001], *L'avventura della scoperta*, n. 12, pp. 15-22

## *P. Modello*

- Bonicalzi F. [2000], *Il concetto di modello*, n. 10, pp. 63-68 \*
- Correale N. [2011], *La metà è più del tutto - Intervista a O. Rey*, n. 41, pp. 20-23

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-41/2011/4/19/SCIENZAINATTO-La-meta-e-piu-del-tutto/204714/)

[41/2011/4/19/SCIENZAINATTO-La-meta-e-piu-del-tutto/204714/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-41/2011/4/19/SCIENZAINATTO-La-meta-e-piu-del-tutto/204714/)

Lo Nostro P. [2000], *Osservazione e metodo nella ricerca scientifica*, Emmeciquadro n. 8, pp. 12-17 \*

Manara C. F. [2006], *Il modello nella scienza*, Emmeciquadro n° 27, pp. 7-16 \*

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-27/2006/8/11/SCIENZAINATTO-II-Modello-nella-Scienza/233883/)

[27/2006/8/11/SCIENZAINATTO-II-Modello-nella-Scienza/233883/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-27/2006/8/11/SCIENZAINATTO-II-Modello-nella-Scienza/233883/)

Musso P. [2011], *I due occhi della ragione - Intervista a J. Polkinghorne*, n. 41, pp. 33-36 \*

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-41/2011/4/19/SCIENZAINATTO-I-due-occhi-della-Ragione/203932/)

[41/2011/4/19/SCIENZAINATTO-I-due-occhi-della-Ragione/203932/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-41/2011/4/19/SCIENZAINATTO-I-due-occhi-della-Ragione/203932/)

Prosperi G. M. [2000], *Modelli e teorie in fisica*, n. 10, pp. 7-14 \*

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-10/2000/12/15/SCIENZAINATTO-Modelli-e-Teorie-in-Fisica-L-evoluzione-delle-idee-ed-il-loro-valore-conoscitivo/233599/)

[10/2000/12/15/SCIENZAINATTO-Modelli-e-Teorie-in-Fisica-L-evoluzione-delle-idee-ed-il-loro-valore-conoscitivo/233599/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-10/2000/12/15/SCIENZAINATTO-Modelli-e-Teorie-in-Fisica-L-evoluzione-delle-idee-ed-il-loro-valore-conoscitivo/233599/)

Prosperi G. M. [2010a], *Fisica e conoscenza 1*, n. 39, pp. 41-52

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-39/2010/8/13/SCIENZAINATTO-Fisica-e-conoscenza-1-Metodo-e-valore-conoscitivo-della-Fisica/206514/)

[39/2010/8/13/SCIENZAINATTO-Fisica-e-conoscenza-1-Metodo-e-valore-conoscitivo-della-Fisica/206514/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-39/2010/8/13/SCIENZAINATTO-Fisica-e-conoscenza-1-Metodo-e-valore-conoscitivo-della-Fisica/206514/)

Prosperi G. M. [2010b], *Fisica e conoscenza 2*, n. 40, pp. 31-42

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-40/2010/12/16/SCIENZAINATTO-Fisica-e-conoscenza-2-Metodo-e-valore-conoscitivo-della-Fisica/206347/)

[40/2010/12/16/SCIENZAINATTO-Fisica-e-conoscenza-2-Metodo-e-valore-conoscitivo-della-Fisica/206347/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-40/2010/12/16/SCIENZAINATTO-Fisica-e-conoscenza-2-Metodo-e-valore-conoscitivo-della-Fisica/206347/)

Strumia A. [1999], *Astrazione e scienze cognitive*, n. 7, pp. 17-26 \*

### *Q. Complessità*

Arecchi F. T. [2012], *Le cose piuttosto che gli oggetti. Fenomenologia della coscienza*, n. 44\* (Intervento riportato anche in ASS E[2010])

[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/6/SCIENZAINATTO-Le-cose-piuttosto-che-gli-oggetti-Fenomenologia-della-coscienza/252120/)

[44/2012/3/6/SCIENZAINATTO-Le-cose-piuttosto-che-gli-oggetti-Fenomenologia-della-coscienza/252120/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/6/SCIENZAINATTO-Le-cose-piuttosto-che-gli-oggetti-Fenomenologia-della-coscienza/252120/)

- Casati G. [1999], *Caos e predicibilità*, n. 6, pp. 91-100 \*
- Dallaporta N. [1999], *Un Universo per l'uomo*, n. 6, pp. 13-18 \*
- Del Re G. [2003], *Parole e scienza: trasformazione*, n. 19, pp. 33-38 \*
- Del Re G. [2004], *Parole e scienza: sistema*, n. 20, pp. 33-40 \*
- Del Re G. [2006a], *Il divenire: cose, eventi, processi*, n. 26, pp. 33-39  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-26/2006/4/14/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-Il-Divenire-Cose-Eventi-Processi-Significato-e-Senso-nel-lessico-scientifico/289912/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-26/2006/4/14/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-Il-Divenire-Cose-Eventi-Processi-Significato-e-Senso-nel-lessico-scientifico/289912/)
- Del Re G. [2006b], *Informazione e complessità*, n. 28, , pp. 33-39 \*
- Del Re G. [2007a], *Le parole della scienza: emergenza*, n. 29, pp. 35-40 \*
- Del Re G. [2007b], *Le parole della scienza: Natura*, n. 31, pp. 43-51  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-31/2007/12/14/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-Natura-Significato-e-Senso-nel-lessico-scientifico/289916/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-31/2007/12/14/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-Natura-Significato-e-Senso-nel-lessico-scientifico/289916/)
- Musso P. [2003], *Una scienza piena di emozioni - Intervista a B. Mandelbrot*, n. 17, pp. 7-15
- Musso P. [2005], *Una scienza non ridotta*, Emmeciquadro n° 25, pp. 19-22 \*
- Strumia A. [1999a], *La crisi del riduzionismo*, n. 5, pp. 15-24 \*
- Strumia A. [1999b], *Verso una teoria dell'analogia*, n. 6, pp. 15-24 \*

## *R. Storia delle scienze*

- Banfi V. [2009], *La Mela o la Luna di Newton. L'itinerario concettuale verso la Forza Gravitazionale*, n. 36, pp. 63-71  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-36/2009/8/12/SCIENZAeSTORIA-La-mela-o-la-luna-di-Newton-L-itinerario-concettuale-verso-la-forza-gravitazionale/3/211815/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-36/2009/8/12/SCIENZAeSTORIA-La-mela-o-la-luna-di-Newton-L-itinerario-concettuale-verso-la-forza-gravitazionale/3/211815/)
- Betti R. [2009], *Pavel Florensky*, n. 35, pp. 83-96  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-35/2009/4/16/SCIENZAeSTORIA-Pavel-Florenskij-Matematica-e-visione-del-mondo/269691/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-35/2009/4/16/SCIENZAeSTORIA-Pavel-Florenskij-Matematica-e-visione-del-mondo/269691/)
- Bonicalzi F. [1998], *Razionalità scientifica e storia delle scienze*, n. 2, pp. 7-14. \*

Del Re G. [1998], *La storia delle scienze nella cultura scientifica*, n. 2, pp. 21-28 \*  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-02/1998/6/19/SCIENZAINATTO-La-Storia-della-Scienza-nella-Cultura-Scientifica/289253/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-02/1998/6/19/SCIENZAINATTO-La-Storia-della-Scienza-nella-Cultura-Scientifica/289253/)

Colesanti C. [2009], *L'invenzione del Telegrafo senza Fili. La straordinaria avventura di Guglielmo Marconi*, n. 37, pp. 53-61  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-37/2009/12/17/SCIENZAeSTORIA-L-invenzione-del-Telegrafo-senza-Fili/211026/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-37/2009/12/17/SCIENZAeSTORIA-L-invenzione-del-Telegrafo-senza-Fili/211026/)

Manara C. F. [1999], *La logica e lo sviluppo storico della matematica*, n. 5, pp.75-90  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-05/1999/4/14/SCIENZAeSTORIA-La-Logica-e-lo-Sviluppo-Storico-della-Matematica/257945/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-05/1999/4/14/SCIENZAeSTORIA-La-Logica-e-lo-Sviluppo-Storico-della-Matematica/257945/)

Ortoleva E. [2000], *La tavola periodica*, n. 8, pp. 55-72  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-08/2000/4/20/SCIENZAeSTORIA-La-Tavola-Periodica-degli-Elementi/268083/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-08/2000/4/20/SCIENZAeSTORIA-La-Tavola-Periodica-degli-Elementi/268083/)

De Paoli M. [2001], *Le orbite imperfette e il problema dei tre corpi (1)e (2)*, n. 11, pp. 53-64; n. 12, pp. 62-78

Del Re G. [2003a], *Parole e scienza: il moto*, n. 17, pp. 31-37  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-17/2003/4/18/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-Il-Moto-Significato-e-Senso-nel-lessico-Scientifico/289777/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-17/2003/4/18/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-Il-Moto-Significato-e-Senso-nel-lessico-Scientifico/289777/)

Del Re G. [2003b], *Parole e scienza: l'energia*, n. 18, pp. 43-48  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-18/2003/8/22/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-l-Energia-Significato-e-Senso-nel-lessico-scientifico/289786/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-18/2003/8/22/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-l-Energia-Significato-e-Senso-nel-lessico-scientifico/289786/)

Lanzavecchia G. [2006], *Golgi e la Magia nella Scienza*, n. 27, pp. 65-78  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-27/2006/8/10/SCIENZAeSTORIA-Golgi-e-la-Magia-nella-Scienza/269832/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-27/2006/8/10/SCIENZAeSTORIA-Golgi-e-la-Magia-nella-Scienza/269832/)

Naldi G. [2001], *Matematica e Biologia (1) e (2). Racconto in quattro atti e una premessa*, n. 12, , pp. 23-40; n.13, pp. 31-36

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-12/2001/8/10/SCIENZAINATTO-Matematica-e-Biologia-1-Racconto-in-quattro-atti-e-una-premessa/233955/

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-13/2001/12/20/SCIENZAINATTO-Matematica-e-Biologia-2-Racconto-in-quattro-atti-e-una-premessa/233974/

Manara C. F., [2001], *Maestri della geometria*, n. 12, pp. 7-14

Masani A., [2002], *Sul rapporto uomo natura*, n. 15, pp. 65-80

Mazzoni L., [2003], *Il problema*, n. 18, pp. 58-66

Semenza G., [2003], *La Doppia Elica. Cinquant'anni con il DNA*, n. 18, pp. 69-76

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-18/2003/8/21/SCIENZAeSTORIA-La-Doppia-Elica-Cinquant-anni-con-il-DNA/268262/

Vanni Rovighi S., [2009], *Galileo filosofo: un nuovo concetto di Scienza*, n. 35, pp. 69-80. Testo tratto da: *Storia della filosofia moderna*, La Scuola, Brescia 1976 pp.48-63. \*

### *S. Scienza e tecnologia*

Buora C. [1998], *Problematica creativa*, n. 4, pp. 15-22

Del Re G. [2004], *Tecnica e tecnologia*, n. 22, pp. 25-32

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-22/2004/12/17/SCIENZAINATTO-Parole-e-Scienza-Tecnica-e-Tecnologia-Significato-e-Senso-nel-Lessico-Scientifico/289855/

Lapini G. L. [1998], *Scienza e tecnologia: un dibattito aperto*, n. 4, pp. 23-32

Mazzoni L. [1998], *Macchine per l'uomo, Intervista a M. Somalvico*, n. 4, pp. 7-14

Natta G. [2003], *Scienza e società*, n. 17, pp. 70-76

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-17/2003/4/17/SCIENZAeSTORIA-Scienza-e-Societa/274760/

Sorrenti N. [1998], *Le macchine di Leonardo*, n. 4, pp. 35-38

### *T. Tendenze Pedagogiche*

Bertagna G. [2001], *Il dis-senso della riforma*, n.12, pp. 41-50 \*\*

Fedeli C. [2000a], *Riforma in controluce (1)*, n. 9, pp. 29-36\*\*

Fedeli C. [2000b], *Riforma in controluce (2)*, n. 10, pp. 31-40 \*\*

Fedeli C. [2001], *Riforma in controluce (3)*, n. 11, pp. 27-36 \*\*

Fedeli F. [2003] e [2004], *La valutazione (1) e (2)*, n. 19, pp. 50-54; n. 20, pp. 48-54

Roletto E. [1999], *Didattica e epistemologia*, n. 6, pp. 56-70 \*\*

Roletto E., Regis A. [2010], *Costruttivismo e oltre*, n. 40, pp. 43-57 \*\*

Ristampa dell'articolo: *Il costruttivismo e oltre sull'apprendimento delle scienze*, 2010  
 Gruppo SENDS (Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze) –  
 Università di Torino  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-40/2010/12/14/SCIENZA-SCUOLA-II-Costruttivismo-e-oltre-Sull-apprendimento-delle-Scienze/206109/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-40/2010/12/14/SCIENZA-SCUOLA-II-Costruttivismo-e-oltre-Sull-apprendimento-delle-Scienze/206109/)

#### *U. Aspetti didattici generali*

Bergamaschini M.E., Gargantini M. [1998], *Le scienze sperimentali: valenze culturali ed educative*, n.1, pp. 29-42 \*\*\*

Bergamaschini M.E. [2007], *Molto poco e molto bene*, n. 30, pp. 50-57 \*\*\*

Bramanti M. [2003], *Che cos'è la matematica (1) e (2)*, n.17, pp. 38-48; n.18, pp. 49-57

Brizzi M. [2011], *Fondare e sviluppare un curriculum verticale*, n. 41, pp. 130-138 \*\*\*

Del Re G. [2009], *Iniziative transdisciplinari*, n. 36, pp. 41-46 \*\*\*

Fedeli C., [2005], *Quale scuola*, n. 24, pp. 20-25

Florenskij P. [2010], *Lezione e Lectio*, n. 40, pp. 23-28 \*\*\*

Gargantini M. [2007], *Crescere esplorando il mondo*, n. 30, pp. 43-49

Longo M.P. [2000], *La misura: osservazioni, commenti, proposte*, n. 8, pp. 31-38

Manara R. [1998], *L'esperienza come categoria didattica*, n. 1, pp. 43-54 \*\*\*

Manara R. [1999a], *Le azioni del fare matematica: sbagliare*, n. 5, , pp. 33-40 \*\*\*

Manara R. [1999b], *Le azioni del fare matematica: progettare*, n. 6, pp. 71-78 \*\*\*

Manara R. [1999c], *Le azioni del fare immaginare: Immaginare*, n. 7, pp. 53-60 \*\*\*

Manara R. [2000], *Lo studente che vorremmo*, n. 9, pp. 81-85

Manara R. [2003], *Valutare: Una responsabilità educativa*, n. 19, pp. 55-58

Marazzini P. [2001], *Didattica della fisica ieri e oggi*, n. 13, pp. 55-66



Origgi A. [2006], *Scienza in rete*, n. 28, pp. 81-90  
Russo L. [2000], *Requiem per la dimostrazione*, n. 9, pp. 86-88  
Traini M. C. [2010], *Divulgare o insegnare?*, n.38, pp. 33-45 \*\*\*  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-38/2010/4/21/SCIENZA-SCUOLA-Divulgare-o-Insegnare-Una-sfida-per-la-scuola/207716/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-38/2010/4/21/SCIENZA-SCUOLA-Divulgare-o-Insegnare-Una-sfida-per-la-scuola/207716/)

#### V. Linguaggio specifico

Correale N. [2011], *Le Ricerche al CERN di Ginevra - Intervista a M. Cirelli*, n. 42,  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-43/2011/12/23/SCIENZAINATTO-Le-Ricerche-al-CERN-di-Ginevra/229631/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-43/2011/12/23/SCIENZAINATTO-Le-Ricerche-al-CERN-di-Ginevra/229631/)  
Del Re G. [2002], *Parole e Scienza*, n. 16, pp. 35-38  
Gargantini M., Manara R. [2002], *La bottega della Scienza - Intervista a E. Rigotti*,  
n.16, pp. 6-10 \*\*\*  
Longo M. P. [2002], *Narrazione e matematica*, n. 16, pp. 39-44  
Manara R. [1998a], *Le azioni del fare matematica: descrivere*, n. 2, pp. 41-48  
Manara R. [1998b], *Le azioni del fare matematica: definire*, n. 3, pp. 39-48  
Martini M. [2002], *La richiesta formativa oggi*, n. 16, pp. 25-34  
Rigotti E. [1998], *Il linguaggio nella didattica delle discipline*, n. 3, pp. 7-12 \*\*\*

#### W. Rappresentazioni

Andreini M. [1998], *Linguaggio e apprendimento della matematica*, n. 3, pp. 31-38  
Gagliardo P. [1999], *Il paesaggio virtuale: evoluzione di un disegno*, n. 7, pp. 83-106  
Manara C. F. [1998], *La creatività in matematica*, n. 1, pp. 7-13 \*\*\*  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-01/1998/3/19/SCIENZAINATTO-La-Creativita-in-Matematica/258026/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-01/1998/3/19/SCIENZAINATTO-La-Creativita-in-Matematica/258026/)

#### X. Valutazioni esterne del sistema scolastico

Abbona F. [2005] e [2006], *Valutazioni Internazionali (1) e (2)*, n.25, pp. 33-38; n. 26,  
pp. 40-54 §

Pedrizzi T. [2007], *Il quadro europeo delle qualificazioni*, n. 30, pp. 154-158 §  
Speciani C., Bergamaschini M.E. [2005], *Le prove di scienze*, n. 25, pp. 53-46 §  
Speciani C., Bergamaschini M.E. [2006a], *Insegnare alla scuola primaria*, n. 27, pp.  
81-85 §  
Speciani C., Bergamaschini M.E. [2006b], *Scienze alla secondaria di primo grado*, n.  
28, pp. 47-56 §

### *Y. Percorsi Scuola Primaria*

AA.VV. [2010], *Compiti per le vacanze (dossier 4)*, n. 39, p. 118  
Agostini C. [2010], *Osservare e porre domande (dossier 3)*, n. 39, pp.114-117  
Agostini C. [2011], *Dalla ghianda alla quercia*, n. 42,  
[www.ilsussidiario.net/News/Emmeciquadro/Emmeciquadro-n-42/2011/8/3/SCIENZ-SCUOLA-Incontrare-l-acqua-alla-scuola-primaria-1-/198352/](http://www.ilsussidiario.net/News/Emmeciquadro/Emmeciquadro-n-42/2011/8/3/SCIENZ-SCUOLA-Incontrare-l-acqua-alla-scuola-primaria-1-/198352/)  
Bergamaschi S. [2009a], *Il grafico del tempo*, n. 36, pp. 87-92  
Bergamaschi S. [2009b], *Il suono e l'orecchio*, n. 37, pp. 65-72  
Bergamaschi S. [2011], *L'acero in giardino*, n. 41, pp. 101-107  
Bergamaschi S. [2012], *La gita al vigneto (dossier 5)*, n.44  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/28/SCIENZ-SCUOLA-La-Gita-al-Vigneto/265238/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/28/SCIENZ-SCUOLA-La-Gita-al-Vigneto/265238/)  
Bonati S. [2010], *La lingua e i denti (dossier 2)*, n. 38, pp. 103-107  
Bonati S. [2012], *Dal latte al formaggio (dossier 5)*, n.44  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/28/SCIENZ-SCUOLA-Le-Trasformazioni-dal-latte-al-formaggio/265201/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/28/SCIENZ-SCUOLA-Le-Trasformazioni-dal-latte-al-formaggio/265201/)  
Caporale M. [2009], *La storia del pesco noce nano*, n. 35, pp. 114-120  
Caporale M. [2010], *Oltre il modello per capire (dossier 2)*, n.38, pp. 113-115  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-38/2010/4/21/SCIENZ-SCUOLA-Oltre-il-modello-per-capire-Il-sistema-respiratorio-nella-classe-quinta-primaria/207615/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-38/2010/4/21/SCIENZ-SCUOLA-Oltre-il-modello-per-capire-Il-sistema-respiratorio-nella-classe-quinta-primaria/207615/)  
Correale N. [2011] e [2012], *Incontrare l'acqua alla primaria (1) e (2)*, n.42; n.43  
[www.ilsussidiario.net/mobile/Emmeciquadro/Emmeciquadro-n-42/2011/8/3/SCIENZ-SCUOLA-Incontrare-l-acqua-alla-scuola-primaria-1-/198391/](http://www.ilsussidiario.net/mobile/Emmeciquadro/Emmeciquadro-n-42/2011/8/3/SCIENZ-SCUOLA-Incontrare-l-acqua-alla-scuola-primaria-1-/198391/)

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-43/2011/12/21/SCIENZ-  
 SCUOLA-Incontrare-l-Acqua-alla-Scuola-Primaria-2-gli Esperimenti/230310/

Di Trapani P., Salerno D., [2005], *Il principio di Archimede*, n. 24

Durigo M. [2008], *Funzione della foglia e del seme*, n. 32, pp. 81-89

Durigo M. [2010a], *Attendendo le foglie che cadono (dossier 1)*, n. 38, pp. 110-111

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-38/2010/4/21/SCIENZ-  
 SCUOLA-Osservando-le-foglie-che-cadono-Fare-scienza-nella-Classe-Prima-della-  
 Primaria/207626/

Durigo M. [2010b], *Non solo scienze*, n. 40, pp. 126-134

Durigo M. [2012], *Il fiume e le sue caratteristiche*, n. 43,

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-43/2011/12/21/SCIENZ-  
 SCUOLA-Le-Indicazioni-Nazionali-per-i-Licei-Scienze-Naturali-istruzioni-per-l-  
 uso/231250/

Luoni A. [2006a], *Cronache di Bulbia*, n° 27, pp. 86-95

Luoni A. [2006b], *La neve in classe*, n° 28, pp. 65-72

Luoni A. [2008], *Non solo erbario*, n. 33, pp. 107-115

Moraschini P. [2005], *Il bambino e la realtà*, n. 24, pp. 88-95

Moraschini P. [2007], *Viventi e non viventi*, n. 30, pp. 77-84

Moraschini P. [2007], *Il ciclo vitale del fagiolo*, n. 31, pp. 85-90

Moraschini P. [2008], *Perché i corpi galleggiano*, n. 33, pp. 97-106

Moraschini P., Cirnigliaro L., Ghidini L. [2007], *L'allevamento dei bachi da seta*, n. 29,  
 pp. 84-92

Nobile S. [2012], *Dall'uva al succo d'uva (dossier 5)*,

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/28/SCIENZ-  
 SCUOLA-Le-Trasformazioni-dall-uva-al-succo-d-uva-/263977/

Speciani M.C. [2010a], *Le azioni della scienza: osservare (dossier 1)*, n. 38, pp. 108-  
 109

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-38/2010/4/21/SCIENZ-  
 SCUOLA-Le-azioni-della-Scienza-Osservare-Dossier-1/207625/

Speciani M.C. [2010b], *Osservare il corpo umano (dossier 2)*, n. 38, p. 112

www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-38/2010/4/21/SCIENZ-  
 SCUOLA-Osservare-il-corpo-umano-Dossier-2/207614/

Speciani M.C. [2010c], *Le azioni della scienza: identificare (dossier 3)*, n. 39, pp. 111-113

Speciani M. C. [2012], *Le Trasformazioni (dossier 5)*, n. 44,  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/28/SCIENZ-SCUOLA-Riflessioni-e-chiarimenti-sui-percorsi-di-Scienze-alla-Scuola-Primaria/264953/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-44/2012/3/28/SCIENZ-SCUOLA-Riflessioni-e-chiarimenti-sui-percorsi-di-Scienze-alla-Scuola-Primaria/264953/)

Sponda S. [2008], *Fare scienze alla scuola primaria: un percorso ricorsivo*, n. 34, pp. 104-116

Torrise M. L. [2007], *Esplorare il mondo*, n. 29, pp. 93-97

Zorloni L. [2010], *Introduzione alla nutrizione*, n. 40, pp. 120-125

### *Z. Percorsi Secondaria Primo Grado*

Brizzi M. [2009], *Perché i corpi galleggiano*, n. 37, pp. 73-94

Correale N. [2010], *Scienze in rete a Bollate*, n. 39, pp. 106-110

Correale N. [2012a], *La Terra nel sistema solare*, n. 46,  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-46/2012/9/26/SCIENZ-SCUOLA-La-Terra-nel-Sistema-Solare-Fare-Scienza-alla-Secondaria-di-Primo-Grado/325599/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-46/2012/9/26/SCIENZ-SCUOLA-La-Terra-nel-Sistema-Solare-Fare-Scienza-alla-Secondaria-di-Primo-Grado/325599/)

Correale N. [2012b], *Il moto dei Pianeti nel sistema solare*, n. 47,  
[www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-47/2012/11/30/SCIENZ-SCUOLA-II-moto-dei-Pianeti-nel-Sistema-Solare-Fare-Scienza-alla-Secondaria-di-Primo-Grado/332116/](http://www.ilsussidiario.net/News/emmeciquadro/Emmeciquadro-n-47/2012/11/30/SCIENZ-SCUOLA-II-moto-dei-Pianeti-nel-Sistema-Solare-Fare-Scienza-alla-Secondaria-di-Primo-Grado/332116/)

Finzi C. [2010], *La miniera d'oro della Bessa*, n. 40, pp. 109-119

Finzi C. [2011], *Luce e colore: scienze arte italiano nella secondaria primo grado*, n. 41, pp. 108-115

Manara A. [2009], *La misura tra scienze e matematica*, n. 36, pp. 101-107

Pedacchiola A. [2010], *Misurare le pulsazioni del cuore*, n. 38, pp. 94-102