

Ad limina



Frontiere e contaminazioni
transdisciplinari nella storia
delle scienze

A cura di Claudia Addabbo, Elena Canadelli,
Luigi Ingaliso, Daniele Musumeci, Luca Tonetti,
Valentina Vignieri, Marta Vilardo

studi e ricerche / 5

Ad limina

Frontiere e contaminazioni
transdisciplinari nella storia delle scienze

Atti del Convegno nazionale
della Società Italiana di Storia della Scienza
Catania, 30 maggio-1 giugno 2022

*A cura di Claudia Addabbo, Elena Canadelli,
Luigi Ingaliso, Daniele Musumeci, Luca Tonetti,
Valentina Vignieri, Marta Vilardo*

EDITRICE BIBLIOGRAFICA

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, corso di Porta Romana n. 108, 20122 Milano, e-mail: autorizzazioni@clearedi.org e sito web: www.clearedi.org.



Volume stampato con il contributo dell'Università degli Studi di Catania – Progetto EUROAD: EUROpa trADita: genealogie, visioni, conflitti e saperi (Piano di incentivi per la ricerca di Ateneo 2020/2022 – Linea 2). La pubblicazione in Open Access si deve al contributo della Società Italiana di Storia della Scienza (SISS).

Immagine di copertina: *An Eruption of Mount Etna at Night* [1787?], mezzatinta colorata di J.-M. Mixelle da Alessandro d'Anna, Wellcome Collection, Public Domain Mark.

DOI: 10.53134/9788893575904



<https://doi.org/10.53134/9788893575904-2023>

ISBN: 978-88-9357-601-7
Copyright © 2023 Editrice Bibliografica
Via Lesmi, 6 - 20123 Milano
Proprietà letteraria riservata

Sommario

Premessa	9
Fotografia e scienza in Italia dal 1839 al 1939: il progetto “L’occhio della scienza”	11
<i>Claudia Addabbo, Stefano Casati</i>	
Ottocento immersivo. Giochi da tavolo a tema scientifico (Londra, 1790-1845 ca)	27
<i>Ilaria Ampollini</i>	
Spazi digitali e collezioni museali in Francia. Materiali per la storia delle scienze	39
<i>Tiziana N. Beltrame</i>	
Teologia e scienza. Uno sguardo storico per la grammatica di un possibile dialogo	49
<i>Francesco Brancato</i>	
Costruirsi un’identità tra arte e medicina: Giuseppe Chiappi e la ceroplastica anatomica tra Sette e Ottocento	56
<i>Marco Bresadola</i>	
L’epistola ad ‘Alī Ibn Al-Munajjim del medico e traduttore arabo Ḥunayn Ibn Ishāq (M. 873): una nuova prospettiva di edizione	63
<i>Rosanna Budelli</i>	
Oscillazioni con parametri di descrizione variabili: un approccio integrato alle trasformate di Fourier e Wavelet	74
<i>Maria Teresa Caccamo</i>	
Parmenide “naturalista risanatore”	81
<i>Rosa Caiazza</i>	
La libertà: spazio liminale nell’essere umano. Un’introduzione storica transdisciplinare al libero arbitrio	90
<i>Cristiano Cali</i>	
L’interfaccia uomo-animale: un confine vulnerabile tra medicina umana, veterinaria e microbiologia. Matteo Carpano e le zoonosi tra fine Ottocento e primi Novecento	98
<i>Benedetta Campanile</i>	
La teoria delle machine di S.D. Poisson (1833)	111
<i>Sandro Caparrini</i>	
Commandino’s Edition of Pappus’ Collection: From the Urbino School to European Science	124
<i>Argante Ciocci</i>	
Risalendo alla Fonte Castalia tra Arte, Storia e Scienza: Aby Warburg e John Wheeler	136
<i>Maria Teresa Costa, Stefano Furlan</i>	
L’occhio e il naso. Due paradigmi a confronto in un miracolo napoletano di metà Settecento	147
<i>Stefano Daniele</i>	
Jean-François Sacombe (1760?-1820): medico e polemista nel dibattito sulla nuova chirurgia ostetrica	158
<i>Elena Danieli</i>	

Attraversati dai fluidi: il potere della bacchetta tra fisica e magia	171
<i>Lucia De Frenza</i>	
Costruire un microcosmo vegetale attraverso le lettere: Ulisse Aldrovandi e l'istituzione dell'orto pubblico di Bologna (1567-1568)	182
<i>Noemi Di Tommaso</i>	
Obtaining the Noble Tincture: Plato as an Alchemical Authority in a Treatise of the <i>Corpus Gabirianum</i>	196
<i>Bojidar Dimitrov</i>	
<i>Ad limina atque sine limine</i>. Famoso astronomo dimenticato mineralogista sconosciuto meccanico	208
<i>Giuseppina Ferriello</i>	
I confini di un "corpo estraneo": variazioni sul tema dell'alterità nel Tarantismo novecentesco	219
<i>Fabio Frisino</i>	
Sulla fisica cibernetica di Eduardo R. Caianiello	231
<i>Enrico R. A. C. Giannetto</i>	
L'evoluzione della geologia tra metodo storico e metodo sperimentale	238
<i>Alessandro Iannace</i>	
Anche il più piccolo particolare. Cesare Lombroso indaga sul caso Verzeni	248
<i>Lorenzo Leporiere</i>	
Un'inattesa corrispondenza tra matematica e biologia. L'epistolario di Vito Volterra e Umberto D'Ancona	258
<i>Sandra Linguetti</i>	
Il ruolo dello scienziato nella società. Idee e progetti di Giorgio Diaz de Santillana	269
<i>Eleonora Loiodice</i>	
Una questione di orgoglio nazionale: il Convegno Volta del 1939	281
<i>Erika Luciano</i>	
L'attività di Fabio Conforto all'INAC	292
<i>Maria Giulia Lugaresi</i>	
Il principio cosmologico tra scienza, storia ed epistemologia	301
<i>Giovanni Macchia</i>	
La geologia del petrolio in Italia nel XIX secolo: il diario di viaggio in Valacchia del professor Giovanni Capellini	311
<i>Paolo Macini</i>	
The Time and Spatial Perspectives of Leonardo: Time Impression, Spatial Information Leak and Memory	322
<i>Salvatore Magazù</i>	
Karl Jaspers lettore di Emil Kraepelin: per un'interpretazione progressiva della nuova psichiatria clinica	330
<i>Marica Magnano San Lio</i>	
Kant e l'etere. Il passaggio dalla metafisica alla fisica e dalla fisica alla metafisica	340
<i>Francesco Mariani</i>	

Ermete, Ippocrate e Galeno: il dibattito tra antica e nuova medicina in alcuni frontespizi a stampa	351
<i>Stefano Mulas</i>	
L'evoluzione della vulcanologia cilena nel XX secolo	361
<i>Daniele Musumeci, José Pablo Sepúlveda, Giovanni Leone, Stefano Branca, Luigi Ingaliso</i>	
Pierre Louis Moreau de Maupertuis, studioso eclettico, e i suoi rapporti con Charles Darwin	372
<i>Pietro Omodeo, Emilia Rota</i>	
Paesaggi spengleriani fra discontinuità e alberi filogenetici	383
<i>Alessandro Ottaviani</i>	
La penna geometrica di Giambattista Suardi ispirata al sistema tolemaico	393
<i>Nicla Palladino</i>	
Forze, forma e bellezza. L'influsso di D'Arcy Thompson sull'arte novecentesca	403
<i>Germana Pareti</i>	
Politica, scienza e cultura nel Mezzogiorno risorgimentale. Azione e pensiero di Vincenzo Lanza	413
<i>Chiara Pepe*</i>	
Dalle macchine dei bassorilievi in pietra del Palazzo Ducale di Urbino alla scienza della meccanica	423
<i>Davide Pietrini</i>	
La transdisciplinarietà come strumento storiografico: storia della scienza, archeologia e patrimonio	433
<i>Fedra A. Pizzato</i>	
Michel Serres' Visual Thinking and Cosmology	445
<i>Gaspere Polizzi</i>	
Il magnetismo animale in Italia al cambio di secolo. Tracce della trasformazione di una disciplina	454
<i>Massimiliano Pompa</i>	
L'ingegner Sigmund Freud, ovvero la psicologia nell'età della rivoluzione industriale	465
<i>Marco Pozzi</i>	
From the Birth of Crystallography to Minerals as an Important Resource of Raw Materials: A Historical Excursus Starting From the Dawn of the 19th Century	475
<i>Rosalda Punturo</i>	
Origini e sviluppi della psicoterapia nelle istituzioni romane tra scienza e società nella seconda metà del Novecento	482
<i>Andrea Romano</i>	
La vulnerabilità del soggetto moderno tra scienza, filosofia e medicina	493
<i>Maria Vita Romeo</i>	
Spettatori di un felice naufragio? Derive e approdi Nella storia della scienza	502
<i>Stefano Salvia</i>	
Contaminations of Approaches Within the Study of Numbers. Some Case Studies From Arabic and Abacus Arithmetical-Algebraic Writings	514
<i>Eleonora Sammarchi</i>	

L'orco, l'umano e la natura. Scienze e metodo storico nell'Apologie pour l'histoire di Marc Bloch.....	526
<i>Paolo Savoia</i>	
Gli studi sulle threefolds nei manoscritti di Gino Fano	536
<i>Elena Scalambro</i>	
"... figuram ipsam mentem concepisse videtur": i limiti della rappresentazione microscopica nel dibattito Swammerdam-Malpighi sull'anatomia del baco da seta	548
<i>Luca Tonetti</i>	
La storia della geologia in Italia: primo bilancio di un percorso storiografico transdisciplinare	561
<i>Ezio Vaccari</i>	
Il Sortino Mummy Project: un'indagine multidisciplinare sulle mummie della Chiesa Madre.....	574
<i>Elena Varotto, Giuseppe Spampinato, Stefano Vanin, Francesco Maria Galassi, Luigi Ingaliso</i>	
Due modelli di epistemologia naturalizzata a confronto	582
<i>Marta Maria Vilaro</i>	

SULLA FISICA CIBERNETICA DI EDUARDO R. CAIANIELLO

Enrico R. A. C. Giannetto*

Abstract

Contemporary physics developed in the twentieth century through a succession of revolutions that upset its epistemological status with the prospect of a new ontology and a new gnoseology. From the physics of chaos to the theories of relativity, from quantum physics to quantum-relativistic field theory and the theory of the S matrix (“scattering matrix”). Recently, the transversal scientific paradigm of information has been definitively establishing itself: above all, through its concretization in the realization of machines, as widespread as personal computers, capable of processing and transmitting information up to an even greater ability to virtually simulate any type of physical reality. A new informational conception of Nature emerged, of the Universe as a potentially infinite computer. However, there is still a lack of a mathematical formulation of physics and cosmology in terms of information. In recent years, the research of Eduardo R. Caianiello (1921-1993), a Neapolitan physicist and cybernetist, has been linked to this goal, who, in 1980, formulated quantum theory in an 8-dimensional X^A (\mathbf{x} , ct ; \mathbf{p} , $p_4 = E/c$) non-Euclidean, curve relativistic phase space, which has only the form of a geometry but is a dynamic written in a pseudo-geometric form. The operators of Heisenberg algebra (also position and time) are expressed in a quantization by means of covariant derivatives and the quantum commutation relations are interpreted as components of the curvature tensor. The geometric curvature thus expresses the quantum uncertainty in terms of informational entropy (it is a complex information geometry: the ds^2 coincides with the cross-entropy). The algebra is that of the octonions. Caianiello reformulated not only quantum mechanics, but also general relativity, thermodynamics and geometry itself on the basis of information theory and systems theory, opening a way to the greatest revolution in physics: in philosophical terms it is an informational transformation of a transcendental phenomenological hermeneutics.

Una nuova concezione informazionale della Natura

La fisica contemporanea si è sviluppata nel Novecento attraverso una successione di rivoluzioni che ne hanno sconvolto lo statuto epistemologico con la prospettiva di una nuova ontologia e di una nuova gnoseologia. Dalla fisica del caos alle teorie della relatività, dalla fisica quantistica alla teoria quanto-relativistica di campo e alla teoria della matrice S (“matrice di scattering”). Recentemente, il paradigma scientifico trasversale dell’informazione si è affermato definitivamente: soprattutto attraverso la sua concretizzazione nella realizzazione di macchine, diffuse come i *personal computer*, capaci di elaborare e trasmettere informazione fino a una sempre maggiore abilità di simulare virtualmente qualsiasi tipo di realtà fisica.¹

* Università di Bergamo, enrico.giannetto@unibg.it

¹ James Bailey, *After Thought*, New York, Harper Collins, 1996; tr. it. di Libero Sosio, *Il post-pensiero*, Milano, Garzanti, 1998.

Ne è emersa una nuova concezione informazionale della Natura, dell'Universo come un computer potenzialmente infinito.² Mancano però ancora una fisica e una cosmologia elaborate matematicamente, in maniera completa, in termini di informazione.

A questo obiettivo, si è legata negli ultimi anni la ricerca di Eduardo Renato Caianiello (25 giugno 1921 - 22 ottobre 1993), fisico e cibernetico napoletano (ho avuto il piacere di conoscerlo nel 1983, ad Amalfi, in un congresso in suo onore), incamminato su questa strada soprattutto dalle suggestioni di John Archibald Wheeler (1911-2008).³

Eduardo Renato Caianiello

Caianiello si laureò in fisica all'Università di Napoli nel 1944, con il professore Antonio Carrelli.⁴ Nel 1946 (e fino al 1948) diventò assistente di Carlo Tolotti, che teneva la cattedra di meccanica razionale.

Successivamente fu assistente all'Università di Rochester nel 1950-51, dove nel 1950 aveva ottenuto il PhD in fisica teorica con R. Marshak; e, poi, nell'anno 1951-52 fu assistente di Gleb Wataghin all'Università di Torino (dove conobbe Tullio Regge); a Roma dal 1952 al 1955 lavorò con Carlo Ferretti; nel 1952-53 ebbe una borsa di studio con Niels Bohr a Copenhagen. Nel 1955 era all'Università di Princeton con l'incarico di "Higgins Visiting Professor", tenendo un corso su: *Advanced Topics in Quantum Theory*; nel 1956 vinse la Cattedra di Fisica Teorica (che era stata di Ettore Majorana) presso l'Università degli Studi di Napoli.

A Roma nel 1954 ad un seminario sui computer e sulla cibernetica di Norbert Wiener, promosso da Enrico Fermi, conobbe Valentino Braitenberg, (1939-2011) specialista in psichiatria, neurologia e neuroanatomia: lo portò con sé a Napoli, dove istituì un Laboratorio di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica e in seguito con lui fondò nel 1968 il Laboratorio di Cibernetica poi del CNR.

Ospitò Werner Heisenberg nel 1958, più volte Norbert Wiener (già dal 1958) e formò quella che è nota come scuola napoletana di cibernetica, con ricercatori come Luigi Maria Ricciardi, Giuseppe Trautteur, Aldo De Luca, Luigi Accardi, Antonio Restivo, Francesco Lauria, Antonio Barone. Fra i suoi allievi: Francesco Guerra, Maria Marinaro, Giuseppe Marmo, Gaetano Scarpetta, Settimo Termini, Alberto Giovannini, Antonino Drago e molti altri.⁵

² Paul Davies, Niels H. Gregersen, *Information and the Nature of Reality. From Physics to Metaphysics*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010; Giuseppe O. Longo, Andrea Vaccaro, *Bit Bang. La nascita della filosofia digitale*, Milano, Apogeo, 2013.

³ Nel 1979 gli scrisse John Archibald Wheeler: "... In all of my four trips to Europe in the past months in none was there a more exciting moment than when you told me you had in mind to devote yourself to 'quantum mechanics without quantum mechanics' ... I hope you will go further. I would think that one should expect in the end to deduce space geometry from quantum theory rather than quantum theory from space geometry; and quantum theory from something about the machinery by which information is acquired. It is exactly on this latter point that you have to make a contribution unique in the world because of your wonderful background in this area ...".

⁴ Per la biografia, si vedano: Settimo Termini, *Caianiello, Eduardo Renato*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Roma, Treccani, 2017; *Tribute to E.R. C. A Biography and a Collection of dedicated Articles*, "Mathematica Japonica", 41 (1995), f. 1; Luigi M. Ricciardi, *E.R. C. (1921-1993)*, "Mathematica Japonica", 39 (1994), 1, pp. I-XVI; Maria Marinaro e Gaetano Scarpetta, *E.R. C. (1921-1993)*, Napoli, Società nazionale di scienze, lettere e arti, 1996, pp. 10-12; M. Gasperini, *Ricordando E. Caianiello. Riflessioni sull'opera e sull'eredità scientifica del fisico napoletano*, "Ulisse biblioteca" (1° dicembre 2006), <http://ulisse.sissa.it/biblioteca/saggio/2006/Ubib061201s001>.

⁵ Settimo Termini (ed.), *Imagination and Rigor. Essays on Eduardo R. Caianiello's Scientific Heritage*, New York, Springer, 2006; Pietro Greco, Settimo Termini (a cura di), *Memoria e Progetto. Un modello*

Ha fondato e diretto l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli nel 1957, il Laboratorio di Cibernetica del CNR ad Arco Felice (Napoli) nel 1968, la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Salerno nel 1972, l'Istituto Internazionale per gli Alti Studi Scientifici (IIASS) a Vietri sul Mare (Salerno) nel 1981 e la Scuola di Perfezionamento in Scienze cibernetiche e fisiche. Presso l'IIASS creò nel 1989 la SIREN, (Società Italiana REti Neuroniche).

Fisica e cibernetica nell'opera di Caianiello

Il percorso di Caianiello è stato complesso. In una prima fase, Caianiello ha usato la fisica matematica per comprendere la Natura e il mondo, anche negli aspetti che non sembrava si potessero trattare matematicamente. Caianiello passò così dalla fisica alle altre scienze: la biofisica, la neurobiologia, e infine la teoria generale dei sistemi. Scrisse così equazioni dinamiche per i neuroni, per la memoria, per l'apprendimento.⁶ In una seconda fase, Caianiello passò dalla teoria generale dei sistemi alla fisica, in un circolo ermeneutico virtuoso dalla fisica alla cibernetica e dalla cibernetica alla fisica. Il circolo ermeneutico delle scienze si volse poi in una vera e propria rifondazione della fisica a partire dalla teoria dei sistemi e dalla teoria dell'informazione. In particolare, si trattò di riformulare la meccanica quantistica in termini della teoria dell'informazione. La riformulazione della fisica in termini di teoria dell'informazione aveva già una sua storia.⁷ I passi per arrivare a questa costruzione furono molteplici e coinvolsero una nuova interpretazione di varie teorie fisiche e matematiche, come pure un approfondimento storico-epistemologico sulla natura della scienza moderna e della fisica.

Caianiello descrisse così le radici di questa sua nuova prospettiva:

per il Mezzogiorno che serve a tutto il Paese, Bologna, Gem, 2010; Roberto Cordeschi, Teresa Numerico, *La cibernetica*, in *Il Contributo italiano alla storia del Pensiero: Scienze*, Roma, Treccani, 2013; Pietro Greco, Lelio Mazzarella, Guido Barone, *Alfonso Maria Liquori: il risveglio scientifico negli anni '60 a Napoli*, Napoli, Bibliopolis, 2013; Bruno Preziosi, *Il periodo eroico 1956-58*, in *Structure: From Physique to General Systems. Festschrift in Honour of E.R. Caianiello on his Seventieth Birthday*, Maria Marinaro and Gaetano Scarpetta (eds.), Singapore-London-Hong Kong, World Scientific, 1992, pp. XVII-XXXI; Guglielmo Tamburrini, *Dal Gruppo di Cibernetica dell'Istituto di Fisica Teorica al Corso di Laurea in Informatica*, in Cesare De Seta (a cura di), *La rete dei saperi*, Napoli, Artem, 2020.

⁶ Eduardo R. Caianiello, *Outline of a Theory of Thought-Processes and Thinking Machines*, "Journal of Theoretical Biology", 1 (1961), 2, pp. 204-235, reprinted in Gordon Shaw, Gunther Palm, *Brain Theory*, v. 1, *Advanced Series in Neuroscience*, Singapore, World Scientific, 1988; Eduardo R. Caianiello (ed.), *New Concepts and Technologies in Parallel Information Processing*, Leyden, Noordhoff, 1975; Eduardo R. Caianiello (ed.), *Topics in General Theory of Structures*, Dordrecht, Reidel, 1987; Eduardo R. Caianiello (ed.), *Physics Cognitive Processes*, Singapore, World Scientific, 1987; Eduardo R. Caianiello, *Dalla cibernetica di Wiener allo studio delle strutture*, Salerno, Università degli Studi di Salerno, 1999.

⁷ Frederick W. Kantor, *A Brief Introduction to Information Mechanics*, New York, Wiley, 1977; May 6-8 (1981), Dedham (MA), MIT, *Conference on the Physics of Computation*, "International Journal for Theoretical Physics", 21 (April 1982), 3-4 e (June 1982), 6-7; John A. Wheeler, *The Computer and the Universe*, "International Journal for Theoretical Physics", 21 (June 1982), 6-7, pp. 557-572; Richard Feynman, *Simulating Physics with Computers*, "International Journal for Theoretical Physics", 21 (June 1982), 6-7, pp. 467-488. Dopo il lavoro di Caianiello, Wheeler tornò ancora molte volte a discutere del tema: John A. Wheeler, *Information, Physics, Quantum: The Search for Links*, in *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*, Wojciech H. Zurek (ed.), Redwood City, California, Addison-Wesley, 1990.

Its *Causa finalis* is to be searched in E. P. Wigner's words, after I had delivered an invited talk on this subject at his celebration in College Park, Maryland, in May 1988 [Caianiello, 1988b]: "Eduardo, you have said amusing things: have you published the whole story somewhere, so that one may read it consistently? - To my disavowal: You should". Earlier than that, in J. A. Wheeler's prompting me to study these matters in the light of my experience with Cybernetics: "You should get Geometry from Quantum Mechanics, not the other way around. "Causa efficiens,, are the works of R. E. Kalman [1982, 1984], E. T. Jaynes [1952, 1964], H. Jeffreys [1948], S. L. Kullback [1951, 1959], and the many others who have studied "inference", of which more later. As for *Causa formalis* and *Causa materialis*, I must take all the blame, or whatever.⁸

La filosofia di Caianiello

Caianiello non ha elaborato una filosofia, ma ha comunque accennato nei suoi lavori alla sua posizione come specifica della fisica contemporanea, della fisica quantistica e della teoria dell'informazione e della teoria dei sistemi.⁹ Secondo Caianiello, bisogna abbandonare l'ontologia sostanzialistica delle cose in sé (noumeni) tipica della fisica classica¹⁰ e della filosofia kantiana e riconoscere che l'unica ontologia possibile è quella fenomenologica, cioè quella in cui la realtà è solo nei fenomeni che si rivelano a una soggettività-oggettività strumentale (non-umana) sperimentale nelle operazioni di misura. Si tratta cioè di una fenomenologia filosofica, riformata in senso sperimentale e "non-umanistica", in cui sono gli strumenti scientifici di misura che, con la loro sensibilità, determinano le condizioni di possibilità della sperimentazione e della conoscenza: si ha così una fenomenologia trascendentale sperimentale non-umanistica.

Gli esiti delle operazioni di misura sono esprimibili in generale in termini di differenti teorie matematiche (algebra, geometria, analisi nelle loro varie forme) che però non si costituiscono in sintesi a priori sulla base di categorie a priori dell'intelletto (come la causalità) e di forme a priori della sensibilità, perché le forme della sensibilità non sono univocamente fissate, ma sono quelle determinate a posteriori, relative alla strumentazione usata, che cambia a seconda della sua tipologia di grandezze fisiche misurate (non solo spazio e tempo, ma anche quantità di moto, energia, e altre ancora), e da esperimento a esperimento, e varia perfezionandosi storicamente con la tecnologia. Caianiello, tuttavia, individua un esito invariante delle operazioni di misura, che, al di là delle differenti grandezze misurate, ci forniscono sempre informazioni, e queste informazioni sono sempre parziali, soggette a errori, incertezze e indeterminazioni. C'è allora una teoria matematica che si può sempre usare ed è una teoria matematica dell'informazione, che però va sempre costituita a posteriori come teoria fisica, in relazione alle specifiche indeterminazioni sperimentali: si ha così una teoria quantistica dell'informazione che si costituisce come un'ermeneutica fisica di tutti i fenomeni in termini d'informazione.

⁸ Eduardo R. Caianiello, *Quantum and Other Physics as Systems Theory*, "Rivista del Nuovo Cimento", 15 (1992), 4, pp. 1-65, in particolare p.3.

⁹ Eduardo R. Caianiello, *Divagazioni sulla scienza e sul mondo: raccolta di scritti dal 1977 al 1993*, a cura di Eva Caianiello, Enzo Di Giulio, Napoli 1996; Eduardo R. Caianiello, Maria Marinaro, *Fisica: per i licei*, Milano, Garzanti, 1987; Eduardo R. Caianiello, *Da Newton ad Einstein*, Napoli, Guida, 1981.

¹⁰ Eduardo R. Caianiello, *Geometrical «Identification» of Quantum and Information Theories*, "Lettere al Nuovo Cimento", 38 (17 Dicembre 1983), 16, pp. 539-543; Eduardo R. Caianiello, *Quantum and Other Physics as Systems Theory*, "Rivista del Nuovo Cimento", 15 (1992), 4, pp. 1-65; Mark A. Aizerman, Eduardo R. Caianiello (a cura di), *Sulla teoria generale delle strutture. Sistemi gerarchici, teorie delle decisioni e incertezze dei modelli*, Milano, Franco Angeli, 1986.

L'incertezza-errore misura dell'informazione è un "fenomeno di fenomeni", un invariante che esprime un trascendentale oggettivo. L'informazione è così un *trascendentale fisico oggettivo* che costituisce la realtà della Natura. La filosofia che ne emerge è quindi una "fenomenologia ermeneutica trascendentale fisica sperimentale quantistica informazionale non-umanistica".

L'ermeneutica informazionale quantistica della relatività generale

La relatività generale ha ricondotto la geometria alla dinamica spazio-temporale a quattro dimensioni: il moto avviene non in uno spazio vuoto, ma nello spazio-tempo costituito dal campo gravitazionale (-inerziale), in cui la sua propagazione richiede la dimensione temporale e il campo di forza, che produce una traiettoria curvilinea, implica uno spazio curvo: la "crono-geometria" a 4 dimensioni è una dinamicizzazione della geometria, il superamento della geometria nella dinamica.

Caianiello riprende idealmente il punto di vista di Arthur Stanley Eddington: per Eddington, il principio di relatività è un principio d'indeterminazione gnoseologica della rappresentazione spazio-temporale del moto.¹¹ D'altra parte, ha presente la prospettiva di Martin Davis: il principio d'indeterminazione quantistica è un principio di relatività ontologica.¹² Tale correlazione fra principio di relatività e principio d'indeterminazione permette a Caianiello un'interpretazione di concetti/grandezze fondamentali della relatività generale e della sua crono-geometria in termini di concetti quantistici e di informazione. In particolare, la curvatura esprime l'indeterminazione spazio-temporale del moto dovuta al generale uso di sistemi di riferimento non-inerziali con moto qualsivoglia; e la distanza spazio-temporale (l'intervallo in quanto invariante) esprime quindi la cosiddetta *cross-entropy*, cioè (la mancanza di) un'informazione correlata

$$Hc = \int dz \rho(x_1, z) \lg [\rho(x_1, z) / \rho(x_2, z)]$$

fra spazio e tempo, cioè l'incertezza correlata di spazio e tempo, e quindi l'informazione correlata di spazio e tempo. La Relatività e la Crono-Geometria costituiscono così, a loro volta, un possibile formalismo per esprimere la teoria matematica dell'informazione e la teoria quantistica.

$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k = \int \psi(x_i, z) dx^i \psi(x_k, z) dx^k dz = dHc \geq 0$$

esprime così la metrica dell'informazione di Fisher o di Kullback-Leibler generalizzata al campo complesso: le grandezze fisiche sono sempre conosciute sperimentalmente e sono date da distribuzioni di probabilità legate alle elaborazioni statistiche delle misure.¹³

¹¹ Arthur S. Eddington, *The Mathematical Theory of Relativity*, Cambridge, Cambridge University Press, 1923.

¹² Martin Davis, *A Relativity Principle in Quantum Mechanics*, "International Journal of Theoretical Physics", 16 (1977), p. 867.

¹³ Eduardo R. Caianiello, W. Guz, *Quantum Fisher Metric and Uncertainty Relations*, "Physics Letters A" 126, 4; Roy Frieden, *Physics from Fisher Information. A Unification*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998.

Si rappresenta la teoria dell'informazione crono-geometricamente, ma di più si dà alla crono-geometria un significato informativo.

La geometrizzazione delle teorie fisiche sarà così il mezzo per la loro informatizzazione, cioè per la loro ri-comprensione e ri-scrittura in termini di teoria dell'informazione. Si può così esprimere tutta la fisica in termini di crono-geometria e in termini di teoria dell'informazione, nei termini in cui si descrivono i sistemi cibernetici: si costituisce così una fisica informazionale o cibernetica.

Anche l'indeterminazione quantistica può essere espressa in termini di crono-geometria informazionale e di cibernetica. La Relatività generale è così re-interpretabile in termini di una teoria crono-geometrica generale dell'informazione e dell'indeterminazione.

La formulazione general-relativistica della meccanica quantistica

Tale interpretazione della relatività generale è la base, secondo Caianiello, per una nuova formulazione della meccanica quantistica, in termini di una teoria di relatività generale.¹⁴

Secondo Niels Bohr, crolla implicitamente la costruzione della relatività speciale che determina la gen-identità di una particella fisica, in termini di una possibile connessione causale degli eventi caratterizzata da un valore positivo del quadrato dell'intervallo spazio-temporale: se definiamo una relazione causale, il quadrato dell'intervallo spazio-temporale non è definito, è indeterminato e non si possono più distinguere nello spazio-tempo le zone di causalità e le zone di sincronicità di un evento.

Si deve così passare a uno spazio dinamico che solo formalmente è una geometria; in realtà, c'è una dinamicizzazione della geometria.

L'indeterminazione quantistica riguarda la correlazione fra variabili spazio-temporali (spazio e tempo) e variabili causali (quantità di moto ed energia). La fisica quantistica sarà così formulata come una teoria di relatività generale in uno spazio delle fasi relativistico non-euclideo curvo a 8 dimensioni X^A (\mathbf{x} , ct ; \mathbf{p} , $p_4 = E/c$)

con una metrica

$$ds^2 = g_{jk} dx^j dx^k = cost^2 dt^2 - c^2 dx^2 + b^2/(\mu^4 c^6) (c^2 dE^2 - dp^2) = f\psi(x_i, z) dx^i \psi(x_k, z) dx^k dz = dH_C \geq 0.$$

¹⁴ Eduardo R. Caianiello, *Hermitian Metrics and the Weyl-London Approach to «Quantum Theory»*, "Lettere al Nuovo Cimento", 25 (23 Giugno 1979), 8, pp. 225-229; Eduardo R. Caianiello, *Some Remarks on Quantum Mechanics and Relativity*, "Lettere al Nuovo Cimento", 27 (19 Gennaio 1980), 3, pp. 89-96; Eduardo R. Caianiello, *Quantum Mechanics as Curved Phase Space*, in *Quantum Theory and the Structure of Time and Space IV*, Lutz Castell and Carl F. von Weizsäcker (eds.), München, C. Hanser, 1981, pp. 201-216; Eduardo R. Caianiello, *Geometry from Quantum Mechanics*, "Il Nuovo Cimento", 59 B (11 ottobre 1980), 2, pp. 350-366; Eduardo R. Caianiello, *Quantization as Geometry in Phase Space*, in *Quantum Theory and the Structure of Time and Space V*, Lutz Castell and Carl F. von Weizsäcker (eds.), München, C. Hanser, 1983; anche in "Milan Journal of Mathematics", 53 (1983), 1, pp. 245-271; Eduardo R. Caianiello, *Entropy, Information and Quantum Geometry*, in *Frontiers of Nonequilibrium Statistical Physics June 1984*, Gerald T. Moore and Marian O. Scully (eds.), New York, Plenum Press, 1986, pp. 453-464; Eduardo R. Caianiello, *A Geometrical View of Quantum and Information Theories*, in AA. VV., *Theoretical Physics Meeting. Atti del Convegno - Amalfi 6-7 Maggio 1983*, Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 1984, pp. 163-187; Eduardo R. Caianiello, *A Geometrical View of Quantum and Information Theories*, in *Structure: from Physique to General Systems. Festschrift in honour of E.R. Caianiello on his seventieth birthday*, cit., pp. 83-207.

L'algebra è quella degli ottonioni. Il tensore di curvatura sarà legato alla deviazione standard

$$R_{12}{}_{12} = \sigma^6$$

ed esprime quindi l'indeterminazione come mancanza di informazione.

In particolare, gli operatori posizione e momento sono definiti tramite le derivate covarianti della relatività generale

$$p_r = -i\hbar D_r$$

$$\text{con } D_r = \partial_r + i/\hbar \Gamma_r$$

e anche

$$q_s = i\hbar D_s$$

in modo tale che

$$[p_r, q_s] = i\hbar \delta_{rs}$$

$$\text{e } [D_r, D_s] = i/\hbar \delta_{rs}$$

e che perciò le relazioni di commutazione quantistica siano legate alla curvatura.

Le relazioni d'indeterminazione di Heisenberg diventano così casi particolari delle relazioni statistiche di diseuguaglianza di Cramér-Rao:

da

$$(\Delta x)^2 g_{11} \geq 1$$

segue che

$$(\Delta x)(\Delta p_x) \geq \hbar/2$$

Caianiello può così, viceversa, generalizzare le relazioni d'indeterminazione a tutte le tipologie di sistemi e cambiare la teoria dell'informazione a partire dalla fisica quantistica.

Caianiello, più che creare una crono-geometria quantistica, riconduce la crono-geometria all'informazione e all'indeterminazione quantistica; così, può creare una nuova fisica dell'informazione, generalizzare l'informazione in *quantum information*, e creare non solo una fisica cibernetica, ma anche una nuova teoria dei sistemi quantistica, una nuova cibernetica quantistica sulla base epistemologica del principio d'indeterminazione, dando luogo a una nuova generale teoria quantistica della conoscenza con l'informazione quale fisico trascendentale oggettivo.

Non si tratta, perciò, di una mera nuova formulazione della meccanica quantistica attraverso un nuovo modello matematico, ma piuttosto del progetto di una nuova *mathesis singularis* che unifichi le scienze dalla prospettiva dell'indeterminazione e dell'informazione quantistica: un progetto ancora oggi da comprendere e da realizzare e che ha una grande portata rivoluzionaria nella storia delle scienze e della loro epistemologia (filosofia) implicita.

Il volume raccoglie gran parte dei contributi presentati in occasione del Convegno Nazionale della Società Italiana di Storia della Scienza (SISS), tenutosi a Catania, dal 30 maggio al 1° giugno 2022, nella prestigiosa sede del Dipartimento di Scienze Umanistiche dell'Università etnea. *Ad limina. Frontiere e contaminazioni transdisciplinari nella storia delle scienze*, oltre a essere il titolo che la Società ha scelto per questo evento, è diventato un momento di grande dibattito e confronto sulla complessità e sull'attualità della storia delle scienze e delle tecniche, oltre che sull'importante ruolo che questa disciplina ha assunto negli ultimi anni. Proprio nel 2022, la SISS giunge al quarantesimo anno dalla sua fondazione: il ritorno a un convegno in presenza e la pubblicazione di questi atti sono certamente il modo migliore per festeggiare questo importante traguardo.