



Società Italiana degli Storici
della Fisica e dell'Astronomia

Proceedings of the SISFA 42nd Annual Conference

Perugia, 26-29 September 2022

edited by

Paolo Bussotti, Danilo Capecchi, Pasquale Tucci



42nd National Conference of the Italian Society for the History of Physics and Astronomy

The meeting is one of a well-established series that SISFA has been organizing on a yearly basis since its foundation. It aims at promoting the research activities in the history of physics and astronomy in Italy, carried out not only by academic historians but also by independent scholars and school teachers willing to explore the role of the history of physics and astronomy in the present-day teaching of the disciplines. At the same time, the meeting provides an opportunity to strengthen the collaborations and establish new links among the members of SISFA and the members of other scholarly societies, as well as researchers working in the same and in related fields.

Organizing and Scientific Committee

Salvatore Esposito, University of Naples Federico II
Ivana Gambaro, University of Genoa
Mauro Gargano, INAF-Astronomical Observatory of Capodimonte, Naples
Roberto Lalli, Max Planck Institute for the History of Science, Berlin
Adele La Rana, University of Verona
Roberto Mantovani, University of Urbino
Flavia Marcacci, Pontifical Lateran University
Giancarlo Truffa, SISFA, Independent scholar
Valeria Zanini, INAF-Astronomical Observatory of Padova

Local Organizing Committee

Marco Bizzarri, University of Perugia
Mateusz Bawaj, University of Perugia
Giovanni Carlotti, University of Perugia
Sara Cutini, INFN Perugia
Daniele Fioretto, University of Perugia
Flavia Marcacci, Lateran University, Rome
Francesco Millucci, University of Perugia
Francesca Palatta, Lateran University, Rome
Sara Palmerini, University of Perugia
Daniele Puleio, Lateran University, Rome
Alessandra Anna Passeri, University of Perugia

Sponsor:

Municipality of Perugia - Assessorato alla cultura
Perugina-Nestlé
Fondazione Cassa di Risparmio of Perugia

Patronage:

Municipality of Perugia - Assessorato alla cultura



Comune di
PERUGIA



Società Italiana degli Storici
della Fisica e dell'Astronomia

Proceedings of the SISFA 42nd Annual Conference

Perugia, 26-29 September 2022

Department of Physics and Geology. University of Perugia

edited by

Paolo Bussotti, Danilo Capecchi, Pasquale Tucci

P L S A
UNIVERSITY
PRESS

Società italiana degli storici della fisica e dell'astronomia

Proceedings of the 42. annual conference : Perugia 26-29 September 2022 / Società italiana degli storici della fisica e dell'astronomia ; edited by Paolo Bussotti, Danilo Capecchi, Pasquale Tucci. - Pisa : Pisa university press, 2023.

530.9 (23.)

I. Bussotti, Paolo <1966- > II. Capecchi, Danilo III. Tucci, Pasquale <1943- > 1. Astronomia - Storia - Atti di congressi 2. Fisica - Storia - Atti di congressi

CIP a cura del Sistema bibliotecario dell'Università di Pisa



On the cover:

Model of Mercury Planet built by Girolamo della Volpaia (1530-1614) in 1575. Perugia, Dept. of Physics and Geology of the University of Perugia. A description of the instrument can be found in these proceedings: Giancarlo Truffà, The models of the orb of Mercury made by Girolamo Della Volpaia: Perugia and Chicago.

© Copyright 2023

Pisa University Press

Polo editoriale - Centro per l'innovazione e la diffusione della cultura

Università di Pisa

Piazza Torricelli 4 · 56126 Pisa

P. IVA 00286820501 · Codice Fiscale 80003670504

Tel. +39 050 2212056 · Fax +39 050 2212945

E-mail press@unipi.it · PEC cidic@pec.unipi.it

www.pisauniversitypress.it

ISBN 978-88-3339-879-2



The Editor remains available to the right-holders with whom it has not been possible to communicate, for whatever omissions or requests from subjects or entities which may have demonstrated rights to the reproduced images. Photocopies for personal use may be made within the limits of 15% per volume/periodical file in return payment to SIAE provided for in art. 68, (4 and 5) of Law No 22, April 19th, 1941, 633. Reproductions made for professional, commercial or commercial purposes, or otherwise, for non-personal purposes may be made following a specific authorization issued by SIAE.

Program of the Conference

Session: From Herschel to Hubble: A long debate: Part 1

Conveners: Leonardo Varasano; Fausto Elisei; Salvatore Esposito

Key note lecturer

KRAGH, Helge

Cosmology in about 1958: The Solvay conference KRAHG, Helge

SALVIA, Stefano

The End of Greatness: A Brief History of the Hierarchical Universe (c. 1700-2000)

DI GIACOMO, Federico

From Santini to GAIA: the improvement of the modern astrometric data with the use of XIX century stellar catalogues

MACCHIA, Giovanni

Jacques Merleau-Ponty, a pioneer of a historical-philosophical approach to cosmology

Session: Planetary theories and astronomical instruments: mechanizations and visualizations between geocentrism and heliocentrism (1400-1700): Part 1 Masterpiece makers: the role and legacy of the Della Volpaia family in the production of scientific instruments in the Renaissance

Conveners: Giovanni Carlotti

TAGLIALAGAMBA, Sara

The models of the orb of Mercury made by Girolamo Della Volpaia: Perugia and Chicago

TRUFFA, Giancarlo

Mercury, the different models of the cosmos, the theoricae of Girolamo della Volpaia

MARCACCI, Flavia

Models for Mercury and the *theorica* of Girolamo della Volpaia

Premio SISFA

Conveners: Salvatore Esposito

Session: Astronomy and Physics in Perugia: Part 1

Conveners: Patrizia Cenci; Mario Squadroni; Sara Palmerini

PALMERINI, Sara

Today physics in Perugia

BUSSO, Maurizio

Passato e presente dell'Astronomia e dell'Astrofisica a Perugia

MAOVAZ, Marco

For a history of physics in the University of Perugia: between specialization, cultural policy and relations with other disciplines

Session: Astronomy and Physics in Perugia: Part 2

Conveners: Sara Palmerini; Gino Tarozzi

MANTOVANI, Roberto

Natural philosophy and surviving instruments (1730-1850): the case of physics cabinet at Perugia university

CARLOTTI, Giovanni

The renewed exposition of the instruments of the historical “Gabinetto di Fisica” of UNIPG

Visit to the old teaching collection of instruments in Perugia

Conveners: Giovanni Carlotti

Presentazione al museo POST del libro “Da via Panisperna all’America: I Fisici Italiani e la Seconda Guerra Mondiale” a cura di Battimelli, De Maria, La Rana

Presenters: BATTIMELLI, Giovanni; LA RANA, Adele

Session: Physics and diplomacy: a chain reaction: Part 1

Conveners: Adele La Rana

CLAVARINO, Lodovica

“We must opt for survival”. Alcune riflessioni sull’impegno civile dei fisici nucleari durante la guerra fredda: il caso italiano

ROSSI, Paolo

I fisici italiani e la bomba atomica

Session: History and didactics of physics and astronomy: Part 1

Conveners: Ivana Gambaro

RAMPAZZO, Roberto

C’erano una volta le nebulose. Episodi del viaggio oltre i bastioni della Galassia

MONTI, Francesca

Introdurre la cosmologia come scienza sperimentale e osservativa intrecciando storia ed esperimenti: dalla scarica dell’elettroscopio alla camera di Wilson

GILIBERTI, Marco

Principles and Equations of Physics

Session: Physics and diplomacy: a chain reaction: Part 2

Conveners: Paolo Rossi

IENNA, Gerardo

Physicists and Vietnam

LALLI, Roberto

From diplomacy to physics and back again: The changing roles of IUPAP in the second half of the 20th century

LA RANA, Adele

Nuclear encounters: Italian and German physicists during WWII

Session: Planetary theories and astronomical instruments: mechanizations and visualizations between geocentrism and heliocentrism (1400-1700): Part 2

Conveners: Flavia Marcacci

KOREY, Michael

Of anomalous planets and heavenly mechanisms: Realizing true Ptolemaic motion with wondrous gearing

Session: Women, Sciences, Scenario: Part 1 Co-organized by SISS

Conveners: Erminia Irace

FOCACCIA, Miriam

Raffaella Simili: in memoriam

FAVINO, Federica

Caterina Scarpellini (1808-1873): a woman astronomer on the Campidoglio

BATTIMELLI, Giovanni

Daria e Nella: due donne nella fisica romana del Novecento

Session: Early modern Physics and astronomy

Conveners: Lucio Fregonese

ROSSI, Elisabetta

The unpublished physical and astronomical notes of the Accademia del Cimento

LOVISETTI, Luisa

Venus moon: an astronomical tale of illusions and deceptions

BUSSOTTI, Paolo

The concept of inertia in Huygens

Session: Women, Sciences, Scenario: Part 2 Co-organized by SISS

Conveners: Valeria Zanini

FOCACCIA, Miriam

Bologna in the eighteenth century: a 'Paradise' for women

ANTONELLI, Francesca

Between the salon and the laboratory (and beyond). The "new chemistry" of Marie-Anne Paulze-Lavoisier (1758-1836)

CAMPANILE, Benedetta

"Qui siamo tutti astronomi"?

Session: Planetary theories and astronomical instruments: mechanizations and visualizations between geocentrism and heliocentrism: Part 3

Conveners: Giancarlo Truffa

STRANO, Giorgio

What is an "armillary sphere" and what it is not: The case of the great armillary instrument by Antonio Santucci of 1588-1593

Session: Twentieth Century Physics and Astronomy: Part 1

Conveners: Giancarlo Truffa

TUCCI, Pasquale

Historical reconstruction and personal recollections in the Memoirs of Dilworth/Occhialini

GIANNETTO, Enrico

On Eduardo R. Caianiello's cybernetic physics

Session: Collections, exhibitions and material culture for the history of physics and astronomy: Part 1 (11:10-12:25)

Conveners: Roberto Mantovani

CORRADINI, Elena

A possible future for the Physics museums in Italy: the National museum system

IANNONE, Vincenzo

About the collections and exhibitions of physics and astronomy at the Museum of science and technology in Milan (MUST)

GASPERINI, Antonella

A "Cosmic Touch": a project for the enhancement of INAF's historical astronomical atlases

Session: Planetary theories and astronomical instruments: mechanizations and visualizations between geocentrism and heliocentrism (1400-1700): Part 4

Conveners: Fabrizio Bonoli

ERCOLI, Simonetta

Father Egnatio Danti and Perugia

AMABILE, Alessandro

A new look at the Antikythera mechanism

CIOCCI, Argante

Federico Commandino and Ptolemy's De analemmate

Session: Physics and other sciences

Conveners: Enrico Giannetto

CAPECCHI, Danilo

Between acoustics and music: Two letters of Giovanni Battista Benedetti to Cipriano de Rore

OLEKSOWICZ, Michal

Physics for neuroscience: the story of Huxley and Hodgkin before any interpretation

COMOTTI, Francesco

The noise/disturbance uncertainty as a paradigm of scientific controversy

DRAGO, Antonino

The hidden history of classical symmetries: their link with intuitionist logic

ESPOSITO, Salvatore

Subterranean electric fire: Giuseppe Saverio Poli and the first Italian way to scientific studies of seismology

Session: Twentieth Century Physics and Astronomy: Part 2

Conveners: Roberto Lalli

GASCO, Enrico

The model of thin shell in general relativity

BUZZONI, Alberto

Luigi G. Jacchia: from the starry skies of Loiano to the American Moon race of the 60's

FURLAN, Stefano

Trespassing Boundaries in Tartu, 1962: Pontecorvo, Zel'dovich and the future of astrophysics

NADDEO, Adele

On Stanley Deser's role in the development of quantum gravity

DI MAURO, Marco

A Glimpse into Feynman's contributions to the debate on the foundations of quantum mechanics

Tavola Rotonda. Quale futuro per la storia delle discipline scientifiche? Prospettive e sinergie tra cultura, scuola e ricerca

Presenters: Borgato, Maria Teresa; Esposito, Salvatore; Fano, Vincenzo; Martelli, Matteo; Michelini, Marisa

Session: History and didactics of physics and astronomy: Part 2

Conveners: Salvatore Esposito

PAGANO, Angelo

Apparenza e realtà della forza centrifuga: una questione didattica ancora attuale

Session: Collections, exhibitions and material culture for the history of physics and astronomy

Conveners: Anna Giatti

STRAULINO, Samuele

Rossi's coincidence circuit: a reconstruction for educational purposes, with period instruments

FRIGO, Andrea

Ancient collection of scientific instruments from Franciscan's didactic laboratories in Umbria: how Franciscan friars taught physics and astronomy from the early 19th century until now

ADDABBO, Claudia

Astronomy and Physics in the photographs of the National Exhibition of the History of Science of 1929

Session: Physics and technology

Conveners: Luca Gammaitoni

DE FRENZA, Lucia

Evolution of induction machines technology in the Nineteenth Century

PINTO, Fabrizio

The Johansson blocks: Guns, cohesion, and market disruption

DURLO, Andrea

Carbon Nanotubes Studies into Historiography of Nanoscience-Nanotechnology

Sulla fisica cibernetica quantistica di Eduardo R. Caianiello

Enrico R. A. C. Giannetto

Dipartimento di Lettere, Filosofia, Comunicazione, Università di Bergamo, enrico.giannetto@unibg.it

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.

Keywords: Caianiello, cibernetica, fisica quantistica, geometria, informazione

1. 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 quantorelativistica 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 (Bailey 1996).

Ne è emersa una nuova concezione informazionale della Natura, dell'Universo come un computer potenzialmente infinito (Davies & Gregersen 2010; Longo & Vaccaro 2013). 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).¹

2. Eduardo Renato Caianiello

Caianiello si laureò in fisica all'Università di Napoli nel 1944, con il professore Antonio Ricciardi (Ricciardi 1994, Marinaro & Scarpetta 1995; Gasperini 2006; Termini 2017). 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 Ph. d. 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 (Preziosi 1992; Termini 2006; Greco & Termini 2010; Cordeschi & Numerico 2013; Greco, Mazzarella & Barone 2013; Tamburrini 2020).

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 REtiNeuroniche).

3. 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 (Caianiello 1961, 1975, 1987a, 1987b, 1999). 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

¹ 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 [...]".

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 (Kantor 1974; Wheeler 1982, 1990; Feynman 1982). 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:

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 (Caianiello 1992a, p. 3).

4. 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 (Caianiello 1981, 1996; Caianiello & Marinaro 1987). Secondo Caianiello, bisogna abbandonare l'ontologia sostanzialistica delle cose in sé (noumeni) tipica della fisica classica (Caianiello 1983, 1986, 1992b) 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. 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".

5. 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 (Eddington 1923). D'altra parte, ha presente la prospettiva di Martin Davis: il principio d'indeterminazione quantistica è un principio di relatività ontologica (Davis 1977).

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

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

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.

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

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 (Caianiello & Guz, 1988; Frieden 1998).

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

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 intermini 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.

6. 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 (Caianiello 1979, 1980, 1980b, 1981, 1983, 1984, 1986, 1989).

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

$X^A(\mathbf{x}, tc; \mathbf{p}, p_4 = E/c)$
con una metrica

$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k = cost^2 dt^2 - c^2 dx^2 + h^2/(\mu^4 c^6) (c^2 dE^2 - dp^2) = \int \psi(x_i, z) dx^i \psi(x_k, z) dx^k dz = dH_c \geq 0.$$

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:

$$p_r = -i\hbar D_r$$

con:

$$D_r = \partial_r + i/\hbar \Gamma_r$$

e anche:

$$q_s = i\hbar D_s$$

in modo tale che:

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

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 disuguaglianza di Cramér-Rao:

da:

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

segue:

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

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.

Bibliografia

- Aizerman, M.A. & Caianiello, E. R. (eds.) (1986). *Sulla teoria generale delle strutture. Sistemi gerarchici, teorie delle decisioni e incertezze dei modelli*. Milano: Franco Angeli.
- Bailey, J. (1996). *After Thought*, New York: Harper Collins.
- Caianiello, E.R. (1961). "Outline of a theory of thought-processes and thinking machines", *Journal of Theoretical Biology* 1 (2), pp. 204-235.
- Caianiello, E.R. (ed.) (1975). *New concepts and technologies in parallel information processing*, Leyden: Noordhoff.
- Caianiello, E.R. (1979). "Hermitian Metrics and the Weyl-London Approach to «Quantum Theory»", *Lettere al Nuovo Cimento*, 25, n. 8 (23 Giugno), pp. 225-229.
- Caianiello, E.R. (1980). "Some Remarks on Quantum Mechanics and Relativity", *Lettere al Nuovo Cimento*, 27 (3), pp. 89-96.
- Caianiello, E.R. (1980). "Geometry from Quantum Mechanics", *Il Nuovo Cimento*, 59B(2), pp. 350-366.
- Caianiello, E.R. (1981). *Da Newton ad Einstein*. Napoli: Guida.
- Caianiello, E.R. (1981). "Quantum Mechanics as Curved Phase Space", in Castell, L. & Weizsäcker (von), C.F. (eds.), *Quantum Theory and the Structure of Time and Space IV, Tutzing, July 1980*, München: C. Hanser, 1981, pp. 201-216.
- Caianiello, E.R. (1983). "Quantization as Geometry in Phase Space", in Castell, L. & Weizsäcker (von), C.F. (eds.), *Quantum Theory and the Structure of Time and Space V, Tutzing, July 1982*, München: C. Hanser, 1983, pp. 301-326.
- Caianiello, E.R. (1983). "Quantization as Geometry in Phase Space", *Milan Journal of Mathematics* 53(1), pp. 245-271.
- Caianiello, E. R. (1983). "Geometrical «Identification» of Quantum and Information Theories", *Lettere al Nuovo Cimento*, 38(16), pp. 539-543.
- Caianiello, E.R. (1984). "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, pp. 163-187.
- Caianiello, E.R. (1986). "Entropy, Information and Quantum Geometry", in Moore, G. T. & Scully, M. O. (eds.). *Frontiers of Nonequilibrium Statistical Physics June 1984*. New York: Plenum Press, pp. 453-464.
- Caianiello, E.R. (ed.) (1987). *Topics in general theory of structures*, Dordrecht: Reidel.
- Caianiello, E.R. (ed.) (1987). *Physics cognitive processes*, Singapore: World Scientific.
- Caianiello, E.R. & Marinaro, M. (eds.) (1987). *Fisica: per i licei*, Milano: Garzanti.
- Caianiello, E.R. & Guz (1988). "Quantum Fisher metric and uncertainty relations", *Physics Letters, A* 126(4), pp. 223-225.
- Caianiello, E.R. (1989). "A Geometrical View of Quantum and Information Theories", in Giovannini, A. et al. (eds.). *Festschrift volume in honour of E. R. Caianiello on his seventieth birthday*, Singapore-London-Hong Kong: World Scientific, pp. 83-207.
- Caianiello, E.R. (1992). "Quantum and Other Physics as Systems Theory", *Il Nuovo Cimento*, 15(4), pp. 1-65.

- Caianiello, E.R. (1996). *Divagazioni sulla scienza e sul mondo: raccolta di scritti dal 1977 al 1993*, a cura di Eva Caianiello & E. Di Giulio, Napoli: Liguori.
- Caianiello, E.R. (1999). *Dalla cibernetica di Wiener allo studio delle strutture*. Salerno: Università degli Studi di Salerno.
- Conference on the Physics of Computation (May 6-8 1981), Dedham (MA), MIT (1982), *International Journal for Theoretical Physics*, 21 (3-4; 6-7).
- Cordeschi, R. & Numerico, T. (2013). <http://www.treccani.it/enciclopedia/la-cibernetica-II-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Scienze> (Accessed 2 November 2022).
- Davies, P. & Gregersen, N.H. (eds.) (2010). *Information and the Nature of Reality. From Physics to Metaphysics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Davis, M. (1977). “A Relativity Principle in Quantum Mechanics”, *International Journal of Theoretical Physics* 16, p. 867.
- Eddington, A. S. (1923). *The mathematical theory of relativity*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Feynman, R. (1982). “Simulating Physics with Computers”, *International Journal for Theoretical Physics* 21 (6-7), pp. 467-488.
- Frieden, R. (1998). *Physics from Fisher Information. A Unification*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Gasparini, M. (2006). “Ricordando E. Caianiello. Riflessioni sull'opera e sull'eredità scientifica del fisico napoletano”, *Ulisse biblioteca* (1° dicembre), http://ulisse.sissa.it/biblioteca/saggio/2006/Ubib0612_01_s001 (Accessed 15 July 2022).
- Greco, P. & Termini, S. (eds.) (2010). *Memoria e Progetto. Un modello per il Mezzogiorno che serva a tutto il Paese*. Bologna: Gem.
- Greco, P., Mazzarella, L. & Barone, G. (eds.) (2013). *Alfonso Maria Liquori: il risveglio scientifico negli anni '60 a Napoli*, Napoli: Bibliopolis.
- Kantor, F. W. (1974), *A Brief Introduction to Information Mechanics*, New York: Wiley 1977.
- Longo, G. O. & Vaccaro, A. (2013). *Bit Bang. La nascita della filosofia digitale*, Milano: Apogeo.
- Marinaro, M. & Scarpetta, G. (eds.) (1995). *E.R. Caianiello (1921-1993)*. Napoli: Società nazionale di scienze, lettere e arti.
- Preziosi, B. (1992). “Il periodo eroico 1956-58”, in Marinaro, M. & Scarpetta, G. (eds.). *Structure: from Physics to General Systems. Festschrift in honour of E.R. Caianiello on his seventieth birthday*, Singapore-London-Hong Kong: World Scientific, pp. XVII-XXXI.
- Ricciardi, L.M. (1994). “E. R. Caianiello (1921-1993)”, *Mathematica Japonica*, XXXIX, n. 1, pp. I-XVI.
- Tamburrini, G. (2020). *Dal Gruppo di Cibernetica dell'Istituto di Fisica Teorica al Corso di Laurea in Informatica*, in De Seta, C., *La rete dei saperi*, Napoli: Artem.
- Termini, S. (ed.) (2006) *Imagination and Rigor. Essays on Eduardo R. Caianiello's Scientific Heritage*, New York: Springer.
- Termini, S. (2017). “Caianiello, Eduardo Renato”, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Roma: Treccani.
- Tribute to E.R. C. A (1995). “Biography and a collection of dedicated articles”, *Mathematica Japonica*, 41, f. 1.
- Wheeler, J. A. (1982). “The Computer and the Universe”, *International Journal for Theoretical Physics*, 21(6-7), pp. 557-572.
- Wheeler, J. A. (1990). “Information, physics, quantum: The search for links”, in Zurek, W. H. *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Redwood City (California): Addison-Wesley.