

# Là dove il pensiero incontra l'esperienza

## I

*a cura di*  
Angelo Nevio Neri



Edizioni ETS



[www.edizioniets.com](http://www.edizioniets.com)

© Copyright 2017  
Edizioni ETS  
Piazza Carrara, 16-19, I-56126 Pisa  
[info@edizioniets.com](mailto:info@edizioniets.com)  
[www.edizioniets.com](http://www.edizioniets.com)

*Distribuzione*  
Messaggerie Libri SPA  
Sede legale: via G. Verdi 8 - 20090 Assago (MI)

*Promozione*  
PDE PROMOZIONE SRL  
via Zago 2/2 - 40128 Bologna

ISBN 978-884674757-0

## INTRODUZIONE

*Angelo Nevio Neri*

Il presente volume raccoglie i diversi contributi all'iniziativa promossa dalla Fondazione «Dino Terra» del Comune di Lucca «Là dove il pensiero incontra l'esperienza. Invito alla lettura dei classici della scienza», e trae la sua origine dall'esigenza di avvicinare gli studenti, i docenti ed i cultori di discipline scientifiche alle grandi opere che hanno segnato le tappe fondamentali dello sviluppo del pensiero scientifico occidentale negli ultimi quattro secoli. Iniziativa di grande importanza in un momento storico in cui le stesse elaborazione e trasmissione del sapere attraversano un profondo mutamento. Dopo l'«esplosione della conoscenza», conseguente all'invenzione e diffusione della stampa, assistiamo attualmente a quella che è stata non a torto definita la «terza fase» (dopo quella della trasmissione orale e della diffusione della scrittura) e all'avvento dell'«homo videns», con tutte le profonde implicazioni sia sotto il profilo dell'accesso alle nuove forme di conoscenza, sia in relazione alla stessa strutturazione del pensiero. Non è infatti senza conseguenze il progressivo abbandono del mezzo espressivo cartaceo e soprattutto del libro che ne costituisce il culmine, con il rischio concreto di quell'«impoverimento del capire» da taluni ventilato come conseguenza di un'effettiva carenza di profondità di elaborazione. Anche in relazione a ciò si avverte l'urgenza di un «ritorno alle fonti» della conoscenza, esigenza particolarmente avvertita nell'ambito delle realtà scolastiche quando sono affrontate tematiche di ordine prettamente scientifico, troppo spesso affidate a semplici manuali. Questi ultimi, seppure inevitabile prodotto di quella che, in termini khuniani, possiamo definire «scienza normale», quasi mai offrono il senso storico dei processi di sviluppo, in tutte le sue complesse e finanche contraddittorie fasi, tra

il momento della riflessione teorica e le attività sperimentali pratiche. Il titolo di questa serie di incontri e dei relativi saggi dove vengono affrontati i temi relativi alla nascita della meccanica classica e della chimica quantitativa, preceduti da un saggio di natura più strettamente epistemologica, assume quindi un significato pregnante, tale da definire in modo peculiare e caratteristico lo stesso «fare scienza», come è venuto configurandosi in Occidente nel corso dei secoli. Né appare fuori luogo il richiamo al termine «classici», ove si consideri che lo stesso sviluppo scientifico, con il sorgere delle diverse teorie che ne costituiscono la struttura portante, procede sovente per successive generalizzazioni, in cui una nuova teoria comprende la precedente, considerata come una sua approssimazione o un caso limite della stessa (si pensi in proposito alle teorie della relatività nei confronti della teoria della gravitazione universale di Newton), senza che ne vengano meno la validità e l'efficacia nell'ambito che le è proprio.

Nel saggio di apertura, di natura epistemologica, Angelo Genovesi affronta il tema dei rapporti tra scienza e filosofia in Albert Einstein, evidenzia l'importanza decisiva che due esperienze giovanili ebbero sulla formazione e sulla riflessione epistemologica del grande fisico tedesco e la «meraviglia» che suscitavano in lui, costituendo una specie di «filo rosso» con le riflessioni dell'Einstein maturo. Dopo aver precisato il senso che i concetti di «trascendentale» e di «a priori» assumono nella filosofia di Kant, l'Autore affronta lo stretto legame esistente tra la riflessione epistemologica di Einstein, in un confronto puntuale ed articolato con l'opera del filosofo di Königsberg, e la sua produzione nel campo della fisica teorica. In particolare, un'attenta analisi dell'elaborazione della teoria della relatività ristretta conduce ad un incontro con la problematica dell'«a priori» kantiano, seppure in un senso particolare e determinato, soprattutto in merito all'analisi dei concetti di spazio e di tempo. Ciò riveste un profondo significato gnoseologico ed epistemologico al contempo, in quanto l'appropriazione innanzitutto terminologica della concezione kantiana dell'«a priori» nella formulazione del principio di relatività, conduce al definitivo superamento dei

concetti di spazio e di tempo assoluti (intuizioni pure ed a priori per Kant), con conseguenze fondamentali sia sul piano filosofico che fisico. Sul piano filosofico, in quanto le nozioni di spazio e di tempo non sono considerate assolute e definite una volta per tutte, bensì concetti che devono essere posti in relazione con i dati dell'esperienza. Sul piano fisico in quanto, venendo meno l'assolutezza rigida e definitiva di tali categorie, viene a cadere anche l'incompatibilità tra il principio di relatività e quello della costanza e della finitezza della velocità della luce nel vuoto, assunta la quale si modificano completamente nozioni quali appunto quelle di spazio, tempo, dimensioni, dipendendo le medesime dalla velocità del sistema di riferimento. Come ed in che termini il fisico tedesco faccia propria la concezione dell'«a priori» di Kant è l'oggetto della successiva parte del saggio di Genovesi. In un continuo e serrato confronto con le fonti, l'adesione di Einstein si comprende alla luce delle critiche che il Nostro fa sia del supposto processo di derivabilità diretta della conoscenza dai dati dell'esperienza empirica, sulla falsariga delle posizioni espresse da Mach, sia della stessa nozione kantiana delle categorie «a priori» fisse ed immutabili. Se infatti il ricercatore necessita di «idee preconcrete» «a priori» per mezzo delle quali può, per «intuizione» (si badi al senso in cui Einstein usa tale concetto), districarsi dalla massa dei dati che l'esperienza gli offre, egli considera altresì tali concetti come «arbitrari», o come mere convenzioni. In altri termini, l'orizzonte dello scienziato deve rimanere aperto e non vincolato a categorie rigide e definitive, avendo tuttavia la necessità di concetti arbitrari per «domare» la massa dei dati esperienziali, in mancanza dei quali i dati stessi apparirebbero muti. In tal senso si può parlare di appropriazione da parte di Einstein del concetto di «a priori» kantiano, benché il fisico tedesco contesti il significato di categorie fisse e immutabili, senza la necessità dell'imprescindibile confronto con il dato sperimentale. In tal guisa, «a priori» ed «a posteriori», esperienza e teoresi si rinviano e si fecondano vicendevolmente. Da ciò deriva anche la critica alla nascente fisica dei quanti che impegnò per lunghi anni il fisico tedesco. Il dissenso infatti non traeva la sua ragion d'essere soltanto da motivi di

SCIENZA E FILOSOFIA  
NEL PENSIERO DI ALBERT EINSTEIN

*Angelo Genovesi*

*Estratto.* A partire da due precoci esperienze giovanili discusse in sede autobiografica dallo stesso Albert Einstein, il presente contributo individua nella radicale esigenza di libertà rivendicata dal fisico tedesco l'*intentio* e la base del suo percorso speculativo che giunge a proporsi come un pensiero di natura essenzialmente controinduttiva. D'altra parte, la condizione di stallo in cui versava la conoscenza fisica nei primi anni del secolo XX esige-va un deciso quanto rivoluzionario cambiamento di prospettiva e di conseguenza, *in primis*, l'elaborazione di principi fondamentali la cui necessità ed urgenza erano ben presenti ad Einstein, fino ad impegnarlo nella tenace ricerca della loro formulazione. Viene così ad instaurarsi un rapporto tra *a priori* ed *a posteriori* che determina una precisa quanto indispensabile relazione tra scienza e filosofia; una relazione che si chiarisce sempre più attraverso il confronto critico con filosofi quali David Hume, Immanuel Kant ed Ernst Mach, inscrivendo a pieno titolo la scienza einsteiniana nello stesso ambito del costruttivismo dal punto di vista epistemologico.

*Abstract.* Beginning from the two early youthful experiences discussed in the autobiography by the same Albert Einstein, this essay recognizes in the radical requirement of freedom claimed by the German physicist the *intentio* and the basis of his speculative work that leads to intend as a thought of essentially contra-inductive nature. On the other hand, the situation of delay, in which the physical knowledge was in the first years of the XX<sup>th</sup> century, demanded a sharp and revolutionary change of prospect and consequently, *in primis*, the elaboration of fundamental principles whose necessity and urgency were very known by Einstein, so much that he kept busy in the strong research of their proposal. So a connection gets to start between *a priori* and *a posteriori* which fixes an accurate and indispensable relation between science and philosophy: a relation that is cleared up more and more through the critical comparison with philosophers as David Hume, Immanuel Kant and Ernst Mach, inscribing the Einsteinian Science in the ambit of the constructivism from the epistemological point of view.

§ 1. *Questioni preliminari*. - Affrontare il tema tanto complesso quanto attuale dei rapporti tra scienza e filosofia significa anzitutto, in generale, delimitare il dominio entro il quale viene ad esercitarsi l'analisi e, non da ultimo, definirne la natura. Motivi di ordine teorico e storico lo impongono poi nel caso specifico, visto che lo sviluppo della problematica precede il momento dell'approccio testuale a tre opere fondamentali per lo sviluppo del pensiero scientifico occidentale<sup>1</sup>. Sul piano teorico, perché un sottile filo rosso costituito dalla progressiva acquisizione della nozione di massa e dalla definizione del suo principio di conservazione, lega ed unisce il paziente esercizio della ricerca condotta da Galilei, Newton e da Lavoisier<sup>2</sup>; una acquisizione di conoscenza che trova il suo brillante coronamento nella geniale sintesi operata da colui che con ragione può essere considerato il più grande scienziato del XX secolo: Albert Einstein<sup>3</sup>. Sul pia-

<sup>1</sup> Si tratta, come da programma, dell'opera galileiana *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano* del 1632, dell'opera newtoniana *Philosophiæ naturalis principia mathematica* del 1687, del *Traité élémentaire de chimie*, 1789, di Lavoisier.

<sup>2</sup> Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) si esprime nel *Traité*, considerato il primo, moderno libro di testo di chimica, nei seguenti termini: «*Rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications. C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie; on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité ou equation entre les principes du corps qu'on examine, et ceux qu'on en retire par l'analyse*» (A.-L. de Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1<sup>re</sup> éd., Tome premier, Premier partie, chap. XIII, Paris 1789, pp. 140-141). Il corsivo è nostro.

<sup>3</sup> Come è noto, la quinta memoria pubblicata dal Nostro nel 1905 è intitolata: A. Einstein, *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?*, in «*Annalen der Physik*», 4, 18, 1905, pp. 639-641; trad. it. a cura di E. Bellone, *L'inerzia di un corpo dipende dal suo contenuto di energia?*, in A. Einstein, *Opere scelte*, a cura di E. Bellone, Bollati Boringhieri, Torino 2004, pp. 178-180. Sulla base dei risultati conseguiti con la quarta memoria del suo *annus mirabilis* (cfr. A. Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, in «*Annalen der Physik*», 4, 18, 1905, pp. 891-921; trad. it., *Sull'elettrodinamica dei corpi in moto*, in A. Einstein, *Opere scelte*, cit., pp. 148-177), il fisico tedesco giunge alla «conclusione generale» secondo cui «la massa di un corpo è una misura del suo contenuto di energia» (*ivi*, p. 180).

Nel 1917 il Nostro torna sulla conclusione appena esposta facendo leva su due premesse. A) «Il più importante risultato, al quale ci ha condotto la teoria speciale

no storico, giacché l'anno solare appena iniziato ci invita, e non solo sul piano meramente celebrativo, a far riferimento alla pubblicazione di un'opera fondamentale del fisico tedesco di cui ricorre il centenario<sup>4</sup>.

Poste le cose nei termini appena raggiunti consideriamo conseguente ed opportuno restringere l'ambito di questo contributo al tema dei rapporti tra scienza e filosofia nel pensiero di Albert Einstein, attraverso un'analisi di natura epistemologica; lo faremo, in particolare, con riferimenti alle fonti documentali

della relatività, concerne la nozione di massa. La fisica pre-relativistica possiede due teoremi di conservazione di fondamentale importanza: il teorema della conservazione dell'energia e quello della conservazione della massa; questi due teoremi fondamentali sembrano indipendenti l'uno dall'altro, ma con la teoria della relatività vengono composti in un teorema unico» (A. Einstein, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich)*, Braunschweig, Vieweg 1917; trad. it. di G.L. Calice, *Sulla teoria speciale e generale della Relatività (volgarizzazione)*, Nicola Zanichelli editore, Bologna 1921, p. 39). Il principio di conservazione della massa, come mostrato, trova la sua definizione con Lavoisier; quello dell'energia, cioè il primo principio della termodinamica, giungerà a piena formulazione nella seconda metà del XIX secolo attraverso l'opera di Joule, Carnot, Thomson, Clausius e Faraday. B) «Il principio di relatività richiede che il teorema della conservazione dell'energia valga non soltanto rispetto ad un sistema di coordinate K, ma anche rispetto ad ogni sistema K', che si muova rispetto a K di traslazione uniforme (ossia rispetto ad ogni sistema galileiano). Il passaggio dall'uno all'altro di questi due sistemi è regolato dalla trasformazione di Lorentz in contrasto con la meccanica classica» (*ibid.*). Lo sviluppo di A) e B) ci consente di mostrare quanto segue: «Se un corpo acquista un'energia  $E_0$ , la sua massa inerte aumenta di  $E_0/c^2$ ; la massa inerte di un corpo non è costante, ma varia col variare della sua energia. Il teorema della conservazione della massa di un sistema coincide con quello della conservazione dell'energia e vale finché il sistema non acquisti o perda energia» (*ivi*, pp. 40-41). Tenuto conto che il termine  $mc^2$  è semplicemente l'energia posseduta dal corpo prima che questo acquisti l'energia  $E_0$ , l'ultima espressione dell'energia può scriversi

$$E = mc^2.$$

<sup>4</sup> Ci riferiamo, precisamente, alla memoria A. Einstein, *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, in «Annalen der Physik», 4, 1916, pp. 769-822, cioè l'estensione del principio di relatività a qualsiasi moto oltre a quello inerziale, cui potremmo affiancare senza eccessive forzature il volumetto A. Einstein, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich)*, Braunschweig, Vieweg 1917, l'unica esposizione complessiva della teoria della Relatività redatta dallo stesso fisico tedesco, destinata a rivelarsi come la sua opera più largamente conosciuta e tradotta, la cui «Prefazione» firmata è datata «dezember 1916».

# GALILEO E IL SUO CONCETTO DI INERZIA

*Paolo Bussotti*

*Estratto.* In questo articolo analizzo il concetto di inerzia in Galileo. La tesi di fondo è che nella produzione galileiana ci sono consistenti elementi per mostrare che lo scienziato pisano ammetteva, a seconda dei contesti fisici da lui considerati, l'inerzialità sia del moto circolare uniforme che del moto rettilineo uniforme. Nella prima sezione dell'articolo successiva all'introduzione, intitolata «Inquadramento del problema», riporto e commento alcune delle principali opinioni che nella storiografia sono state espresse sul tema dell'inerzia in Galileo. Successivamente analizzo numerosi passi delle opere galileiane dai quali traspare in quali circostanze i moti circolari uniformi fossero, per Galileo, inerziali e in quali circostanze invece non potessero essere considerati tali. La quarta sezione è dedicata all'inerzia rettilinea. L'idea di fondo espressa in questa sezione è che Galileo ebbe una concezione intuitiva del principio d'inerzia, anche se nelle sue opere manca una formulazione esplicita. Intendo provare che tanto i sostenitori dell'esistenza della sola «inerzia circolare» in Galileo quanto coloro che hanno riconosciuto la presenza esclusiva dell'inerzia rettilinea hanno fornito esegesi utili ma parziali delle idee dello scienziato pisano.

*Abstract.* In this paper, I analyse Galileo's concept of inertia. My thesis is that Galileo believed both the uniform circular motion and the uniform rectilinear motion were inertial. Their inertiality depended on the physical circumstances in which such motions were realised. In particular, according to Galileo, the uniform circular motion was inertial in some circumstances, while in other circumstance, it was not. In the first section after the introduction "Inquadramento del problema", I refer to and comment on some of the principal opinions expressed in the historiography as to the concept of inertia in Galileo. Afterwards, I examine numerous passages of Galileo's works, from which it is possible to realize in which conditions Galileo considered the uniform circular motion as an inertial one. I will also deal with other passages, where such a motion in not considered inertial. The fourth section concerns the rectilinear inertia. The conception expressed in this section is that Galileo achieved an intuitive idea of the inertia principle, although its complete formulation is missing in his works. I am going to prove that both the scholars who recognised only the

presence of the “circular inertia” in Galileo as well as those who recognised only the existence of the rectilinear inertia, offered an interesting but partial interpretation of Galileo’s thought.

### 1. *Inquadramento del problema*

I grandi temi del pensiero galileiano sono stati esaminati tanto in profondità da importanti studiosi che è oggi difficile dire qualcosa di nuovo o scoprire aspetti originali che non siano già stati esplorati. Il problema di quale tipo di moti Galileo ritenesse inerziali, e addirittura l’opportunità di usare la parola «inerzia» in riferimento alle concezioni galileiane, sono questioni che rientrano in questi grandi temi. Sono però convinto che, in seguito a un esame spassionato dei testi galileiani, nessuno possa in tutta onestà affermare di aver pienamente compreso quali fossero i moti inerziali per Galileo. Cerco qui di fornire una interpretazione complessiva del concetto di inerzia in Galileo, cosciente però che altre interpretazioni sono possibili.

Le prime due giornate del *Dialogo sopra i due massimi sistemi* sono le sezioni della propria opera in cui Galileo offre il maggior numero di spunti di riflessione sulla questione dell’inerzia. Ce ne sono quasi in ogni pagina. Anche la terza e la quarta giornata dei *Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze e Della forza della percossa*<sup>1</sup>, la cosiddetta sesta giornata dei *Discorsi*, offrono un materiale molto vasto ed interessante. Le due grandi opere saranno la fonte principale delle argomentazioni qui esposte, anche se non mancheranno riferimenti ad altri testi di Galileo. Il *Dialogo* ed i *Discorsi* sono due lavori dallo stile molto diverso: l’opera del 1632 è stata scritta per mostrare la validità del sistema copernicano anche a un pubblico di non specialisti ed è un lavoro in cui Galileo espone molte sue concezioni generali sulla fisica, sulla metodologia e sul modo di imposta-

<sup>1</sup> Per il *Dialogo* (Galilei 1632), si veda l’Edizione Nazionale, vol. VII (EN VII). Per i *Discorsi e dimostrazioni*, Galilei 1938, EN, VIII. Come noto, *Della forza della percossa* non fu pubblicato durante la vita di Galileo. Consultabile in EN, VIII, pp. 319-348.

re il ragionamento scientifico. Benché considerazioni di questo tipo non manchino neppure nei *Discorsi*, è tuttavia indubbio che nell'ultimo suo grande capolavoro, specialmente nella terza, nella quarta giornata e in *Della forza della percossa*, Galileo fosse concentrato sul moto locale e che il suo scopo fosse essenzialmente, anche se non esclusivamente, risolvere i problemi di fisica su cui meditava da decenni e che lo hanno fatto considerare, a giusta ragione, come il pioniere della fisica classica. È quindi comprensibile che anche i riferimenti all'inerzia siano piuttosto diversi nell'una e nell'altra opera, almeno per quanto riguarda l'ampiezza dell'argomentazione: estesa nel *Dialogo*, più specifica nei *Discorsi*. Dunque gli studiosi che hanno voluto presentare Galileo in un certo modo, cioè essenzialmente come uno scienziato a cui l'inerzia rettilinea (l'unica inerzia che effettivamente esiste) era quasi del tutto estranea e che invece credeva nell'inerzia del moto circolare uniforme, si sono riferiti per lo più al *Dialogo*, sottostimando i passi del *Dialogo* stesso e dei *Discorsi* in cui Galileo sembra giungere vicino alla moderna formulazione del principio d'inerzia. L'opposto è successo per gli studiosi che vedono in Galileo un fisico già in possesso di gran parte dei concetti di quella che sarà la fisica classica, non ultimo il concetto di inerzia. Essi tendono a sottostimare i passi del *Dialogo* in cui Galileo sembra ammettere l'inerzialità del moto circolare uniforme e a considerarli come concessioni agli aristotelici, quasi un artificio, per rendere più accettabile la distruzione del cosmo aristotelico perpetrata da Galileo durante il *Dialogo*. Sono convinto che questa operazione non sia corretta se non nei casi in cui Galileo stesso dice esplicitamente che sta usando un mito o esponendo una «bizzarria»<sup>2</sup>. Ci sono studiosi che non possono essere annoverati in alcuna di queste due correnti interpretative. Stillman Drake, di cui avrò modo di parlare ampiamente, è il più autorevole e profondo di questo terzo tipo di studiosi.

Sosterrò la seguente tesi così articolata:

<sup>2</sup> Per un'analisi della «bizzarria», rimando a Barcaro 1993, anche per indicazioni bibliografiche. Di questo autore segnalo anche gli interessanti Barcaro 1980 e Barcaro 1982.

## IL RUOLO DELLO SPAZIO ASSOLUTO NELLA FISICA DI NEWTON

*Paolo Bussotti*

*Estratto.* In questo articolo analizzo il concetto di spazio assoluto in Newton. Chiarisco: 1) le ragioni che portarono Newton a introdurre questa nozione; 2) il modo in cui Newton credette di provare l'esistenza dello spazio assoluto; 3) il collegamento tra lo spazio assoluto e il principio di inerzia; 4) il ruolo dello spazio assoluto all'interno della fisica newtoniana. Passo poi ad esaminare le critiche rivolte a questo concetto da Leibniz e Mach. Cerco, nei limiti consentiti da questo articolo, di contestualizzare le loro argomentazioni, ma per lo più le analizzo in quanto tali, con lo scopo di mostrare che esse non contengono argomenti risolutivi contro lo spazio assoluto di Newton. Concludo riferendo alcune idee di Einstein, lo scienziato che, grazie alla formulazione della teoria della relatività, provò la non esistenza del tempo e dello spazio assoluti. La tesi che intendo sostenere è che la nozione di spazio assoluto è perfettamente adeguata per la fisica newtoniana e che i concetti base di una teoria possono essere resi obsoleti da una nuova teoria, mentre la loro obsolescenza può difficilmente esser provata all'interno della teoria stessa e senza ricorrere ad argomentazioni di tipo sperimentale o fisico-matematico. In questo modo, nella migliore delle ipotesi, si può ottenere una nuova formulazione della vecchia teoria, senza però aver provato che la vecchia formulazione è insostenibile<sup>1</sup>.

*Abstract.* In this paper, I deal with Newton's concept of absolute space. I clarify: 1) the reasons, which induced Newton to introduce such notion; 2) the arguments used by Newton to prove the existence of the absolute space; 3) the connections between the absolute space and the inertia principle; 4) the role played by the absolute space within Newton's physics. Afterwards, I analyse the critics addressed by Leibniz and Mach to this concept. Although I try to insert such critics in the context of Leibniz's and Mach's general vision, basically I examine their specific argumentations in themselves, because the restricted room of a paper makes it diffi-

<sup>1</sup> Ringrazio il Professor Brunello Lotti per i suoi consigli che possono essere definiti con una sola parola: fondamentali. Ogni errore o imprecisione dipende esclusivamente da me.

cult to present a wide context. I try to prove that Leibniz's and Mach's arguments are not decisive against the concept of absolute space. I close my paper by explaining some of Einstein's ideas, the scientist, who, thanks to his relativity theory, proved that the absolute space and time do not exist. My thesis is: a) the notion of absolute space is perfectly adequate for the Newtonian physics; b) it is possible to prove the fundamental concepts of a theory are obsolete only by means of a new theory, while such a proof can hardly be achieved within the theory itself and without resorting to experimental or physical-mathematical results. At best, in this manner, it is possible to obtain a new formulation of the old theory, without having proved the old formulation cannot be sustained.

### 1. *Introduzione*

Newton sostenne l'esistenza del tempo e dello spazio assoluti. Questo è un fatto ben noto. Altrettanto conosciute sono le critiche, di vario genere, rivolte a questa concezione fin dal tempo in cui essa fu formulata. Basta pensare, solo per menzionare alcuni autori, a quanto scrissero Leibniz o Berkeley o, in tempi assai più recenti, alle circostanziate osservazioni di Ernst Mach. Se l'idea di un tempo assoluto è abbastanza in linea con quello che si pensa intuitivamente di questo concetto perché, dopo Newton e fino alla teoria della relatività, pochi, almeno tra i fisici, dubitarono dell'esistenza di un tempo assoluto che scorra in modo uniforme, uguale per tutti gli osservatori, per lo spazio la questione è assai più complessa. L'idea di considerare lo spazio un mero ambiente neutro in cui avvengono i fenomeni, indipendente dai fenomeni stessi, e non invece l'ordine della coesistenza dei fenomeni, così che l'esistenza dello spazio sia determinata dalle posizioni relative degli oggetti e dai moti relativi, sembra una posizione filosoficamente ingenua. Dunque perché uno scienziato del livello di Newton insistette più volte sulla necessità dello spazio assoluto? Chiarisco il mio pensiero: non mi convincono gran parte delle interpretazioni che ricollegano la credenza newtoniana nello spazio assoluto a un contesto che non sia direttamente legato alla fisica, interpretazioni che, quindi, si riferiscono alle concezioni metafisiche e teologiche di

Newton, soprattutto quando queste interpretazioni cercano di mostrare uno iato tra le concezioni del tempo e dello spazio assoluti e il resto delle fisica newtoniana. Che da un punto di vista metafisico-psicologico, Newton sia stato indotto a pensare al concetto di spazio assoluto anche in virtù di sue convinzioni extra-fisiche, è possibile, anzi probabile, come attestano varie sue affermazioni, per esempio nello scolio generale ai *Principia* o nelle lettere a Bentley<sup>2</sup>. Tuttavia credo che fondamentalmente Newton abbia introdotto queste due nozioni in virtù di necessità interne della sua fisica poiché esse, e soprattutto lo spazio assoluto, hanno un profondo collegamento con il pilastro portante della fisica newtoniana, il principio d'inerzia, vero principio strutturale e autenticamente formale dell'edificio costruito dallo scienziato inglese. Dunque questo articolo sarà diviso, oltre a questa introduzione, in altre quattro sezioni, numerate da 2 a 5. Nella sezione 2, analizzerò il celebre esperimento del secchio, tramite cui Newton credette di provare l'esistenza dello spazio assoluto. Nella sezione 3, divisa in sottosezioni, esplicherò il ruolo dello spazio assoluto nella fisica di Newton; nella sezione 4, anch'essa ripartita in sottosezioni, esporrò alcune delle critiche più stringenti a questo concetto newtoniano, in particolare quelle di Leibniz e Mach. La tesi che intendo sostenere è che, fino alla fondazione di una teoria alternativa a quella di Newton, la teoria della relatività, l'idea newtoniana di uno spazio assoluto fosse la più 'economica' e semplice sul piano fisico. Seguiranno le conclusioni in cui riferirò alcune idee proprio di Einstein sul concetto di spazio assoluto.

Quello che qui espongo non è nuovo nei particolari, spero però che il quadro complessivo tracciato possa interessare non solo i fisici e gli storici della fisica, ma anche persone che hanno un interesse filosofico-conoscitivo verso questa disciplina.

<sup>2</sup> Le quattro lettere scritte da Newton a Bentley tra 1692 e 1693 affrontano in gran parte il problema del rapporto tra Dio e il mondo fisico. Sono anche incluse interessanti considerazioni in merito alla possibile finitezza o infinità dell'universo. Segnalo una vecchia traduzione italiana del 1834 (Newton 1692-93, 1834) liberamente scaricabile da Google Books in formato pdf. Per il testo inglese vedi Newton 1995, pp. 330-339.

## A.-L. LAVOISIER: *TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE*

*Salvatore Califano - Vincenzo Schettino*

*Estratto.* La storia scientifica di Antoine Laurent Lavoisier che con la pubblicazione di *Le Traité élémentaire de chimie* ha posto le basi per la trasformazione della chimica in una scienza moderna è esemplare per analizzare i complessi meccanismi attraverso i quali nuove idee scientifiche riescono a farsi strada per sovvertire i canoni scientifici correnti. La storia sembra indicare che le nuove scoperte sono importanti ma che ancora più importante è comprendere completamente la loro portata. Emerge anche dalla storia della chimica di fine '700 che il progresso scientifico è una impresa collettiva a cui contribuiscono molti protagonisti.

*Abstract.* The scientific contribution of Antoine Laurent Lavoisier who with the publication of *Le Traité élémentaire de chimie* established the foundation of the chemistry as a modern science is a prime example to analyze the complex pathways that new scientific ideas follow to supersede established scientific theories. It is also apparent that new scientific discoveries are indeed very important but that it can be even more important to fully disclose their relevance and implications. The development of the chemistry in the Lavoisier times once again shows that the scientific progress is substantially a collective achievement with contributions from many researchers.

### 1. *Introduzione*

Quando ripercorriamo la storia delle grandi scoperte che hanno scandito i progressi della scienza e le grandi rivoluzioni del nostro rapporto conoscitivo con la natura che ci circonda, sempre ci imbattiamo in grandi personaggi che sono diventati dei miti o delle icone. Sembrano, nell'immaginario popolare, figure leggendarie che, attraverso intuizioni improvvise, folgorazioni, sogni rivelatori o eventi all'apparenza insignificanti e associazioni casuali di idee, hanno di colpo sciolto nodi che sembra-

vano inestricabili. Tali sono, ad esempio, la caduta della mela di Newton o il serpente che si morde la coda di Kekulé. L'archetipo del velo dell'oscurità che improvvisamente viene squarciato è sicuramente nel grido *eureka* di Archimede così, umoristicamente ricordato nei versi di Alberto Cavaliere<sup>1</sup> quando i soldati romani del console Marcello conquistano Siracusa:

... nonostante gli ordini  
 Del console Marcello,  
 Che vuol vedere incolume  
 Il celebre scienziato  
 Anche Archimede è vittima  
 Dell'odio di un soldato.  
 È il distrattone classico  
 (Gridando *eureka*, un giorno,  
 In mutandine e sandali  
 Fu visto andare intorno):  
 Sta lavorando all'opera  
 Di strage e di difesa,  
 Senza nemmeno accorgersi  
 Che la città s'è arresa

Anche se la grandezza dei protagonisti dei progressi della scienza è fuori discussione, la vera storia è in realtà alquanto più complessa. Le nuove scoperte e le innovazioni della scienza emergono quasi sempre dopo una lunga incubazione. A proposito della identificazione della struttura ciclica della molecola di benzene, che ha rivoluzionato la chimica organica, Kekulé<sup>2</sup> ha raccontato di aver ricevuto una rivelazione in sogno ma in realtà, insieme con tanti altri chimici del tempo, aveva lavorato e si era arrovellato su questo problema per molti anni. Kekulé nel suo racconto privilegia il ruolo dell'immaginazione e della rivelazione improvvisa come strada per giungere a nuove verità o teorie scientifiche:

<sup>1</sup> A. Cavaliere, *Reperto Agitati* (1936), [www.poetare.it/cavaliere.html](http://www.poetare.it/cavaliere.html)

<sup>2</sup> Cfr. G. Schultz, *Feier der Deutsche, Chemischen Gesellschaft zu Ehren August Kekulé's*, in «Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft», 23 (1890), p. 1302.

Impariamo a sognare, signori, e poi forse scopriremo la verità.

E a quelli che non pensano

Che gli verrà data la verità

A loro sarà data senza sforzo

Ma guardiamoci dal rendere i nostri sogni di pubblico dominio finché non siano corroborati dalla nostra interpretazione cosciente.

Ma sostanzialmente riconosce che allo scienziato, al momento di ogni nuova scoperta, sembra di vedere più lontano dei suoi predecessori semplicemente perché viaggia «sulle spalle di giganti». I giganti sono i tanti ricercatori che prima di lui hanno accumulato dati, esperimenti, modelli interpretativi e ipotesi possibili e forse parziali o errate. Sono tanti frammenti di verità scientifiche che infine una geniale intuizione ricomponne in un quadro di insieme che cambierà tutto.

Le grandi scoperte scientifiche, e la scienza in generale, in questa prospettiva acquistano il sapore di una conquista collettiva al termine di una lunga gestazione. Lo scienziato non è mai solo ma è sempre membro di una comunità che segue percorsi di ricerca tortuosi per giungere a risultati che spesso avranno una vita difficile per essere riconosciuti da tutti e spesso anche dai protagonisti parziali. Ogni scoperta è allora anche figlia del suo tempo, matura e si realizza in un contesto storico di conoscenze ed errori pregressi. In questa visione anche la storia personale e la vicenda umana dello scienziato innovatore assumono un ruolo determinante.

Queste caratteristiche della dinamica delle grandi scoperte scientifiche emergono con chiarezza nella storia umana e scientifica di Antoine-Laurent Lavoisier che culminano nel suo *Traité Élémentaire de Chimie* (vedi Fig. 1) pubblicato nel 1789<sup>3</sup> e nelle sue altre opere e particolarmente nella sua nuova nomenclatura chimica.

<sup>3</sup> In edizione italiana cfr. A.-L. Lavoisier, *Trattato elementare di chimica*, Baiesi Edizioni, Bologna 2007.

## INDICE

Introduzione <i>Angelo Nevio Neri</i>	5
Scienza e filosofia nel pensiero di Albert Einstein <i>Angelo Genovesi</i>	17
Galileo e il suo concetto di inerzia <i>Paolo Bussotti</i>	51
Il ruolo dello spazio assoluto nella fisica di Newton <i>Paolo Bussotti</i>	111
A.-L. Lavoisier: <i>Traité Élémentaire de Chimie</i> <i>Salvatore Califano - Vincenzo Schettino</i>	163

Edizioni ETS  
Piazza Carrara, 16-19, I-56126 Pisa  
info@edizioniets.com - www.edizioniets.com  
Finito di stampare nel mese di marzo 2017