Articolo pubblicato sulla rivista *Episteme*, n.6 (II), anno 2002, ISSN 1593-3482 (6)

NEOPITAGORISMO E RELATIVITÀ

ROCCO VITTORIO MACRÌ

«Da quando i matematici hanno invaso la teoria della relatività, io stesso non la capisco più»

Albert Einstein

Ci troviamo in un'epoca che – per la prima volta nell'intero arco del pensiero scientifico-filosofico – vede la fisica padroneggiare, porre confini e dettare legge all'interno della sfera filosofica. Siamo a quasi un secolo di distanza dalla *seconda rivoluzione scientifica*, la quale ha scosso i pilastri della stessa gnoseologia: i concetti di *spazio*, *tempo*, *simultaneità*, *cosmo*, *esistenza*… vengono fatalmente rielaborati e trasformati, tallonando la cosiddetta *crisi dei fondamenti* della matematica. Gli stessi *principi primi* aristotelici subiscono "scacco matto": «Mediante la meccanica quantistica viene stabilita definitivamente la non validità del principio di causalità» sentenzia Heisenberg[1]. Nasce la *logica quantistica*. È *la fisica* che, per la prima volta, "ridisegna" *la filosofia*…

Sulle macerie del pensiero classico aleggia la figura, diventata oramai leggenda, che incarna e personifica la rottura col passato, l'*autorità* che ha cambiato per sempre la nostra *immagine del mondo*, la scintilla divina con la quale il Fato innescò "la rivoluzione", come egli stesso ebbe a dire: «Per punirmi del mio disprezzo nei confronti dell'autorità, il Fato fece un'autorità di me stesso»[2]. Albert Einstein fu l'artefice della metamorfosi moderna, che avendo posto «la matematica al centro dell'esperienza», come documenta Gaston Bachelard, e introducendo una visione elastica dello spazio e del tempo, sarebbe diventato pietra angolare del più grande cataclisma intellettuale della storia del pensiero scientifico. Nel suo continuo "detonare e detronizzare", la *rivoluzione einsteiniana* avrebbe attivato una serie di «choc epistemologici» nel cuore stesso della comunità scientifica, che – scrive Bachelard nel 1934 – obbligano lo scienziato a rimettere tutto in discussione: «Il fisico è stato costretto tre o quattro volte da vent'anni a questa parte a ricostruire la propria ragione, e, intellettualmente parlando, a rifarsi una vita»[3], fino al punto di mettere all'indice le stesse categorie di pensiero che avevano resistito e brillato per più di due millenni. L'unica possibilità di accesso alle nuove conquiste relativistico-quantistiche – ammette Abraham Pais – è «quella data da Einstein, è che la stessa logica classica deve essere modificata»[4].

Si tratta ora di analizzare l'influenza, il rapporto e perfino il *legame parentale* che la "gaussiana" concezione del pensiero matematico che spazia da Gauss a Cantor fino a Hilbert ha avuto nei riguardi della sconvolgente ideazione, progettazione ed elaborazione della fisica e metafisica contemporanee, e se Einstein può essere visto (suo malgrado) come l'anello di collegamento tra la cosiddetta *Scuola di Göttingen* e la *Scuola di Copenhagen*, tanto più che è ormai ben assodato che la seconda ha completato il lavoro di "svuotamento categoriale" iniziato dalla prima[5]. Allora il fisico moderno potrebbe essere considerato un «*pitagorico*» non solo perché – come abbozza quel «genio rivoluzionario tra i fisici»[6] – «considera il criterio della semplicità logica come strumento indispensabile ed efficace per la sua ricerca»[7], ma soprattutto perché «sostiene che il principio veramente creativo, nella fisica teorica, è quello della costruzione matematica»[8]. Anzi, si dovrà ammettere altresì, che si è andati *oltre* Pitagora – parliamo appunto di "neopitagorismo" – dal momento che

---

[1] W. Heisenberg, *Il contenuto intuitivo della cinematica e della meccanica nella teoria quantistica*, in S. Boffi (ed.), *De Broglie – Schrödinger – Heisenberg, Onde e particelle in armonia. Alle sorgenti della meccanica quantistica*, Milano 1991,p 181.

[2] Cit. in B. Hoffmann – H. Dukas, *Albert Einstein, creatore e ribelle*, Milano 2002, p. 30.

[3] G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, Roma-Bari 1978, p. 156.

[4] A. Pais, *Il danese tranquillo. Niels Bohr, un fisico e il suo tempo*, *1885-1962*, Torino 1993, p.75.

[5] Per un approfondimento si veda U. Bartocci – R.V. Macrì, *Il linguaggio della matematica*, «Episteme», 5, 2002.

[6] W. Heisenberg, *Fisica e filosofia*, Milano 1994, p. 44.

[7] A. Einstein, *Replica alle osservazioni dei vari autori*, in P.A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein, scienziato e filosofo. Autobiografia di Einstein e saggi di vari autori*, Torino 1958, p. 629.

[8] V.F. Lenzen, *La teoria della conoscenza di Einstein*, in P.A. Schilpp (ed.), *op. cit.*, p. 307.

«Einstein accetta il punto di partenza dell'assiomatica, secondo cui il contenuto logico-formale della matematica è nettamente separato dal suo contenuto effettivo o intuitivo»[9].

1. Il "ritorno" a Pitagora - Fa parte ormai della mentalità scientifica comune che, «le grandi teorie raramente sono semplici»[10] e per comprenderle «c'è bisogno di un livello davvero elevato nella conoscenza della matematica»[11]. «La scienza moderna si fonda quasi per intero sulla matematica»[12]. Raffinati modelli matematici hanno oggi assunto la guida non solo durante la creazione dei modelli fisici, ma addirittura durante il relativo processo ermeneutico, ridando splendore a Pitagora e all'affermazione del suo discepolo Filolao: «Senza il numero non sarebbe possibile pensare né conoscere alcunché». Sotto questa luce le parole di Dirac (1931) appaiono paradigmatiche: «Il più potente metodo di avanzamento che può essere suggerito oggi è quello di impiegare tutte le risorse della matematica pura, nel tentativo di perfezionare e generalizzare il formalismo matematico che costituisce la base esistente della fisica teorica, e, dopo ogni successo in questa direzione, di tentare di interpretare le nuove forme matematiche in termini di entità fisiche»[13].

«La cultura occidentale è caratterizzata da una sorta di mito della matematica, dalla fede, forse dovuta a Pitagora, in una sua virtù esplicativa e quasi trascendente. A molte persone, descrivere in termini matematici una struttura sintattica o delle relazioni di parentela sembra già una "spiegazione" sufficiente»[14]. Nel passare dal «*Nihil certi habemus in nostra scientia nisi nostram mathematicam*» del Cusano al *programma di Dirac* («Scoprire prima le equazioni e poi, dopo averle esaminate, gradualmente imparare ad applicarle […] È più importante avere bellezza nelle equazioni che trovare accordo tra equazioni ed esperimenti»[15]) transitano 5 secoli, ma visti da una prospettiva epistemologica hanno l'aspetto di un viaggio a ritroso di due millenni: è, in un certo senso, un ritorno a Pitagora. Contrariamente alle aspettative di Bertrand Russell che avrebbe desiderato per il Novecento «una ritirata da Pitagora»[16] il sentiero intrapreso dalla fisica contemporanea porta ad una rivalutazione della Scuola di Kroton, il ritorno cioè «a una tradizione molto antica»[17]. «Sembra che i pitagorici siano stati i primi ad intendere la forza creativa inerente alle formulazioni matematiche», bisbiglia Heisenberg[18]. «Frammisti ai loro discorsi sui numeri amici e nemici, i pentagrammi mistici, i

[9] *Ibidem*, p. 326. Dal rischio reale di una accecante reverenza da parte della fisica nei confronti della matematica contemporanea, tale da ammaliare e sottomettere l'eredità di Galileo nelle mani della Scuola di "prestigio matematico" del momento ci mette in guardia Morris Kline nel suo capolavoro *Matematica: la perdita della certezza*, Milano 1985, p. 15: «Le teorie fisiche più sviluppate, nella maggior parte dei casi, sono interamente matematiche (pur ammettendo che i risultati di tali teorie sono interpretati in termini di dati sensibili e di oggetti fisici: si possono sentire i suoni emessi da una radio pur senza avere la più pallida idea di cosa sia un'onda radio da un punto di vista fisico). Perciò anche gli scienziati che non si occupano in prima persona del problema dei fondamenti devono nondimeno porsi il problema di quale matematica possono utilizzare con sicurezza se non vogliono sprecare anni di lavoro servendosi di una matematica priva di salde basi».

[10] M. Polanyi, *La conoscenza personale. Verso una filosofia post-critica*, Milano 1990, p. 92.

[11] P.A.M. Dirac, in D. Monti, *Equazione di Dirac*, Torino 1996, p. 120. Racconta Sommerfeld che a seguito del successo che ebbe la teoria di Einstein dopo la spedizione dell'«apostolo ispirato della dottrina di Einstein, […] Il grande astronomo inglese Sir Arthur Eddington, […] nel 1920, un inviato della "Kölnische Zeitung" mi chiese qualche particolare su di essa, gli dissi che non era argomento per il grosso pubblico, sfornito com'è delle conoscenze matematiche necessarie per la comprensione di questa teoria» (A. Sommerfeld, "*Per il compleanno di Albert Einstein*", in P.A. Schilpp (ed.), *op. cit.*, Torino 1958, p. 53).

[12] J.D. Barrow, *Teorie del tutto. La ricerca della spiegazione ultima*, Milano 1992, p. 316.

[13] P.A.M. Dirac, *op. cit.*, p. 116.

[14] J.P. Changeux - A. Connes, *Pensiero e materia*, Torino 1991, p. 12.

[15] P.A.M. Dirac, *op. cit.*, p. 122. Esattamente di parere opposto la tradizione dei fisici italiani di inizio secolo che, intendendo le rappresentazioni fisico-matematiche come parametrizzazioni descrittive di ciò che non può avere altro fondamento che nel territorio dell'evidenza fenomenica, con le parole di Antonio Garbasso nel 1910 così si pronunciava: «A voler considerare le cose con pieno rigore, si direbbe anzi che di necessità il modello analitico [matematico] sia più lontano dalla natura che il modello, in apparenza più rozzo, della fisica sperimentale. Perché se la percezione fornisce una immagine della realtà, e l'analogia fisica è già una rappresentazione mediata, il calcolo che traduce quest'analogia nel linguaggio dell'algebra, costituisce in qualche modo un'icona dell'icona dell'icona» (A. Garbasso, *Fisica d'oggi, filosofia di domani*, Milano 1910, p. 118).

[16] B. Russell, *La mia filosofia*, Roma 1995, p. 177.

[17] W. Heisenberg, *La tradizione nella scienza*, Milano 1982, p. 32.

[18] W. Heisenberg, *Fisica e filosofia*, op. cit., p. 84.

numeri perfetti, l'armonia delle sfere e così via, troviamo quelle proprietà dei numeri e delle figure spaziali, chiare da un punto di vista logico, che successivamente troveranno posto nel limpido giardino degli Elementi di Euclide»[19].

È vero che Aristotele denuncia nella sua *Metafisica* che i Pitagorici abbiano attribuito al numero quella funzione di causa materiale che gli Ionici attribuivano all'elemento sostanziale della realtà corporea: «Costoro sembrano ritenere che il numero sia principio non solo come costitutivo materiale degli esseri, ma anche come costitutivo delle proprietà e degli stati dei medesimi»[20], e che la fisica contemporanea incarna tale credo quasi come "mistero orfico" seguito dai nuovi adepti con nomi altisonanti quali quelli di Hilbert, Minkowski, Einstein, Heisenberg, Pauli, Dirac, ecc. Pur tuttavia, la "metrica pitagorica" originaria era ben lontana dal moderno nichilismo hilbertiano che svuota il pensiero matematico in una asettica e fredda intelaiatura logica priva di semantica e contenuti intuitivi. Al contrario, era fondata sull'*evidenza* e l'*intuizione* che l'"umano" si ritrovava già nella sua intima costituzione psichica: l'elevazione mistica e la poetica visione del *kosmos* come *armonia* ne danno diretta testimonianza. In fondo Copernico, Keplero, Galileo, Newton… depositano a favore di questa prospettiva[21]. Ma come direbbe ai nostri giorni un Russell: «La logica e la matematica… sono l'alfabeto del libro della natura, ma non il libro stesso»[22].

Esisteva inoltre la *visione iperuranica* di un sapere matematico che intelaia la struttura del mondo in modo monolitico, irremovibile, unitario, anelastico, intrasferibile, non assoggettabile o soggiogabile: professione di fede che da Pitagora, rimbalzando su Platone, attraversa i secoli come un raggio luminoso riflesso ora da Cartesio, ora da Leibniz fino ad arrivare a Husserl: «Nessun Dio può minimamente modificare ciò, come non può modificare il fatto che 1 + 2 = 3 o che sussistano altre verità essenziali»[23]. Perfino Hume, dopo aver "dissacrato" e "soggettivizzato" ogni supremo principio sotto la guida dell'empirismo, si inginocchia reverente dinanzi all'«apodittiticità» della matematica, a «quelle realtà che sono sicurissime e certissime»[24], come testimonia lo stesso Kant nella sua *Critica della ragion pratica*: «Eppure lo stesso Hume non estese l'empirismo al punto da comprendervi anche la matematica. Egli pensava che le proposizioni matematiche siano analitiche, e, se questo fosse esatto, esse sarebbero effettivamente apodittiche»[25].

Vedremo come questa certezza inizierà a incrinarsi all'inizio dell'Ottocento e come Gauss segnerà un'era nuova di stampo *strumentalista* e *trans-intuizionista*, che porterà prima alla nascita ed accettazione delle *geometrie non-euclidee* e successivamente alla matematica *formalista* e *pragmatista* del nostro secolo, attraversando i *transfiniti* di Cantor. «Dopo quel radicale mutamento del pensiero matematico – rileva Renato Nobili – anche nella fisica fu aperta la via alla determinazione di nuove costituzioni di significato e alla costruzione di modelli matematici astratti, totalmente irriducibili al genere delle rappresentazioni fenomenologiche del mondo visibile. Parallelamente a ciò, anche le istanze epistemiche generali del pensiero fisico subirono trasformazioni profonde; cosicché, ad esempio, quelle nozioni oggettivistiche e metafisiche forti che furono le Verità, le Leggi e i Principi della Natura nel volgere di pochi decenni furono abbandonate e rimpiazzate da nozioni deboli, soggettivistiche e pragmatistiche, quali sono le rappresentazioni, le leggi e i modelli matematici copiosamente fioriti sul diramato albero della fisica teorica contemporanea»[26].

---

[19] P.P. Wiener – A. Noland (edd.), *Le radici del pensiero scientifico*, Milano 1971, p. 1.

[20] Aristotele, *Metaph.*, I, 5, 985 b 23 - 986 a 16.

[21] Cfr. T.M. Tonietti, *Verso la matematica nelle scienze: armonia e matematica nei modelli del cosmo tra Seicento e Settecento*, in M. Mamone Capria (ed.), *La costruzione dell'immagine scientifica del mondo*, Napoli 1999. Il mondo antico è completamente intessuto da tale concezione. Cfr., solo per fare qualche esempio, Proclo, *In Platonis theologiam*, IV, 34; Boezio, *De institutione arithmetica*, I, 1 e 2; Agostino, *Ad Orosius contra Priscianum et Origenem*, PL 42, 674, e *De quantitate animae*, 8-12, PL 32, 1042-1047; Alberto Magno, *Metaphys.*, I, tr. 4, c. 2; Bonaventura, *Itinerarium mentis in deum*, 2, n. 10; Alano di Lilla, *Sermo de trinitate*, 255.

[22] B. Russell, *op. cit.*, p. 238.

[23] E. Husserl, *Idee per una fenomenologia*, Torino 1981, I, p. 95.

[24] Nicola Cusano, *La dotta ignoranza*, Roma 1991, p. 76.

[25] E. Kant, *Critica della ragion pratica*, a cura di V. Mathieu, Milano 1996, p. 53.

[26] R. Nobili, *La cognizione dello spazio e il principio di dualità*, Pavia, preprint 1990, p. 5.

2. "Gaussbuster" ovvero all'origine della metafisica moderna – Esiste un curioso parallelismo tra Gauss e Einstein: entrambi hanno messo in moto un *processo epistemologico rivoluzionario* – che sbocciò sulle masse come inedite e sbalorditive immagini del mondo incrinanti l'"autorità", il "senso comune", le "evidenze", le "certezze" del pensiero classico – più grande di quanto potessero sospettare, un passo più grande di loro stessi il cui controllo fatalmente sfuggirà di mano e a nulla varranno i tentativi di recupero.

Similmente alla "canonizzazione" avuta da Einstein nel novembre del 1919 per la conferma delle previsione della sua Relatività generale in seguito alle misure sulla deflessione della luce durante l'eclissi del 29 maggio 1919 fatte dalla spedizione guidata da Eddington[27], Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855) ebbe la sua nel dicembre 1802, quando l'astronomo Wilhelm Olbers, ad un anno di distanza dalla scoperta di *Cerere* e dalla successiva scomparsa[28], posizionò il telescopio seguendo i dati forniti da Gauss, "riscoprendo" così l'asteroide dileguato. Il risultato fece di Gauss «una celebrità europea»[29]. La riscoperta di Cerere fu per «il principe dei matematici» un successo clamoroso, a commento del quale Laplace veniva a definire Gauss «uno spirito ultraterreno in un corpo umano»[30].

Con l'avvento dell'era gaussiana la definitiva accettazione e sistemazione dei numeri complessi[31] e la scoperta delle geometrie non euclidee fecero vacillare l'intera struttura epistemologica, che dovette rinunciare a ogni pretesa di assolutezza: potevano esistere altri numeri, altre algebre e altre geometrie di pari dignità epistemica. Come ebbe a osservare il matematico tedesco Felix Klein, «Gauss si erge alla testa del XIX secolo non solo cronologicamente»[32]. La nuova visione gaussiana che veniva a imporre i caratteri *empirio-strumentaliste* sul terreno della teoresi greca doveva però pagare un prezzo altissimo: la rinuncia all'*autoevidenza*[33]. Un tradimento al pitagorismo antico indicato dai *Frammenti* rimasti del discepolo più illustre, Filolao: «La natura del numero e dell'armonia non ammettono alcun inganno perché l'inganno non è loro proprio. La natura dell'indeterminato e dell'impensabile e dell'irrazionale porta l'inganno e l'invidia». Ciò veniva a manifestarsi sulle due colonne del fondamento del pensiero classico: l'aritmetica e la geometria, pietre angolari del pensiero umano dal tempo degli antichi Greci, «fortezze inespugnabili» fondate su verità autoevidenti che avrebbero trovato un inesauribile campo di applicazione nello studio della natura. «Coloro i quali credevano – spiega Russell - (come in generale si credeva sul continente) che fosse possibile una conoscenza del mondo reale certa e indipendente dall'esperienza non avevano che da additar[le]… : soltanto un pazzo avrebbe messo in dubbio la [loro] validità, e soltanto uno sciocco ne avrebbe negato il riferimento oggettivo»[34].

---

[27] Cfr. il paragrafo 16c di A. Pais, «*Sottile è il Signore…»: la scienza e la vita di Albert Einstein*, Torino 1991, per una rassegna dei titoli del "Times" e di altre riviste scientifiche e non durante il momento della "beatificazione" di quel memorabile novembre: «Rivoluzione nella scienza. Nuova teoria dell'universo. La concezione newtoniana demolita», «Euclide al tappeto», «Notizia sconvolgente, che farà sorgere i dubbi perfino sull'affidabilità della tavola pitagorica», «Tempi duri per persone colte», «All'assalto dell'assoluto», ecc.

[28] Il 1° gennaio del 1801 l'Osservatorio di Palermo poté vantare una sensazionale scoperta fatta dall'astronomo Giuseppe Piazzi: il primo asteroide mai osservato, *Cerere*. Piazzi, tuttavia, aveva potuto osservare solo 9° dell'intera orbita del pianeta; una porzione fino allora considerata insufficiente per consentire il calcolo dell'orbita completa. Gauss accettò la sfida e arrivò a calcolare un'orbita ellittica innovativa rispetto ai tentativi utilizzati fino allora, che in seguito si rivelò esatta.

[29] R. Tazzioli, *Gauss, principe dei matematici e scienziato poliedrico*, Milano 2002, p. 36.

[30] *Ibidem*, p. 39.

[31] Gauss completerà l'interpretazione geometrica dei numeri complessi solo a partire dal 1831, perfezionando il cammino intrapreso nella sua dissertazione discussa a Helmstedt nel 1799, dove è contenuta la dimostrazione del famoso teorema fondamentale dell'algebra, che afferma che ogni polinomio a coefficienti complessi ammette almeno una radice complessa. Lo studio delle funzioni complesse venne poi proseguito da Cauchy che nel 1825 propose una generalizzazione dell'integrale definito che includesse anche le variabili complesse.

[32] *Ib.*, p. 6.

[33] È vero quanto asserisce Russell: «L'autoevidenza è uno degli argomenti più problematici di tutta l'epistemologia» (B. Russell, *Teoria della conoscenza*, Roma 1996, p. 248). D'altra parte la soluzione tentata da questi sembrerebbe ben lontana da una compiutezza filosofica soddisfacente. Si veda, per completezza, oltre che *Autoevidenza*, in B. Russell, *op. cit.*, pp. 248 e sgg., anche *La matematica e i metafisici*, in B. Russel, *Misticismo e logica*, pp. 71 e sgg., dove viene sottolineato che «l'evidenza è spesso un fuoco fatuo» (p. 74).

[34] Cit. in J.D. Barrow, *La luna nel pozzo cosmico*, Milano 1994, p. 31.

Il carattere certo e unitario che rivestiva la nostra conoscenza del mondo veniva intaccato alla radice: l'incontrovertibilità delle verità autoevidenti era stata messa in questione da convenienze empirio-pragmatiste, e «insieme con essa vacillavano secoli di fiducia nell'esistenza e nella conoscibilità di verità inattaccabili relative all'universo»[35]. «Anche se non abbiamo elementi per stabilire se Gauss sia stato influenzato direttamente dagli scritti di Hume», appare evidente come Gauss all'inizio dell'Ottocento «pensasse che l'intera matematica è priva di verità»[36]. In una lettera a Bessel del 21 dicembre 1811 scrive: «Non dobbiamo mai dimenticare che le funzioni [di variabili complesse], come tutte le costruzioni matematiche, sono solamente nostre creazioni; quando la definizione da cui siamo partiti cessa di avere senso, non dovremo domandarci "che cos'è", ma piuttosto "che cosa conviene assumere per mantenerla significativa"»[37].

Uno sguardo indietro di qualche secolo ci consente di avere un quadro complessivo più esauriente riguardo le novità concettuali apportate dalla "gaussite" durante la crescita del pensiero scientifico. Furono la Germania e l'Italia a fornire il maggior numero di matematici all'inizio del rinascimento, ma l'opera più importante venne composta in Francia nel 1484 da Nicolas Chuquet: *Triparty en la science des nombres*. Qui veniva espresso per la prima volta un numero negativo isolato in un'equazione algebrica. Ciò nonostante, per le radici di equazioni che comportavano soluzioni immaginarie l'autore così si esprimeva: «Tel nombre est ineperible»[38]. Nella prima metà del XVI secolo i numeri negativi cominciavano ad essere più facilmente "manipolati" grazie all'introduzione della notazione tedesca con i nuovi simboli "+ e –" al posto della "più sana" notazione italiana "*p* e *m*". Pur tuttavia, nonostante si avesse completa familiarità con le proprietà dei numeri negativi, questi venivano ancora chiamati "numeri absurdi"[39], a testimonianza del forte grado di diffidenza e perplessità diffuso nei matematici dell'epoca[40] (ancora ben lontani di quel *morbus mathematicorum recens* col quale Frege accuserà la struttura assiomatica moderna). Soltanto l'uso e l'abuso nella pratica delle tecniche e procedimenti operativi porterà all'"accettazione perché funziona" tramite la – oramai paradigmatica – *logica del successo*. Si arriva così alla *oggettualizzazione delle procedure*, ossia alla cristallizzazione di veri e propri oggetti matematici che acquisteranno una realtà indipendente dalle circostanze nelle quali sono stati introdotti. Per questa stessa ragione verranno accettati e accolti i *numeri immaginari*[41].

Scrive Kline: «Senza aver completamente superato le difficoltà connesse con i numeri irrazionali e con i numeri negativi, i matematici europei accrebbero i loro problemi andando a inciampare in quelli che noi oggi chiamiamo numeri complessi»[42]. Dalla scoperta di Scipione del Ferro dell'esistenza di una soluzione algebrica dell'equazione di terzo grado, allo stimolo che questa dette a Nicolò Tartaglia nel sistematizzarla fino all'*Ars magna* di Gerolamo Cardano del 1545 che rese di dominio pubblico le procedure risolutrici delle equazioni di terzo e di quarto grado (grazie all'aiuto

---

[35] J.D. Barrow, *op. cit.*, p. 40.

[36] M. Kline, *Matematica: la perdita della certezza*, op. cit., p. 98.

[37] *Ibidem*. La similitudine con Einstein arriva addirittura nella conversione in età matura e nel rigetto del proprio credo epistemologico avuto prima della pienezza. Come il "secondo" Einstein nella maturità rinnegherà il "primo" per aver accettato la metafisica operazionista, anche Gauss, nella fase matura della sua vita, rimediterà e rimetterà in discussione la matrice empirista e strumentalista che l'aveva guidato per tutto l'arco degli anni fruttuosi e memorabili. Così come anche tutte e due le "riconversioni" avverranno troppo tardi in rapporto all'avvio degli sviluppi successivi, che cristallizzeranno invece il cammino empirio-operazionista della scienza posteriore.

[38] C.B. Boyer, *Storia della matematica*, Milano 1990, p. 322.

[39] *Ibidem*, p. 326.

[40] «Quanto ai numeri negativi, sebbene essi fossero diventati noti in Europa attraverso i testi arabi, la maggior parte dei matematici del XVI e del XVII secolo non li accettava come numeri o, se lo faceva, non li accettava tuttavia come radici delle equazioni» (M. Kline, *Storia del pensiero matematico*, vol. I, Torino 1996, p. 294). Racconta Kline che «Pascal considerava la sottrazione di 4 da 0 come una totale assurdità» e che Cartesio «chiamava false le radici negative delle equazioni sulla base del fatto che esse pretendono di rappresentare numeri minori di nulla» e soltanto per il fatto da lui dimostrato che «le radici false possono essere mutate in radici reali, Descartes era disposto ad accettare i numeri negativi» (*Ibidem*, pp. 294-295).

[41] Termine coniato da Cartesio allorché approfondì l'impossibilità di "trasmutare" le radici complesse in radici reali, come invece era riuscito a fare per quelle negative: «Esse non sono perciò reali ma immaginarie, cioè non sono numeri. Descartes tracciò una distinzione più chiara dei suoi predecessori fra le radici reali e immaginarie delle equazioni» (*Ibidem*, p. 296).

[42] *Ibidem*, p. 295.

di Ferrari), si incominciava a intravedere un residuo protagoreo sull'opportunità di un utilizzo infido delle radici quadrate di numeri negativi, radici che tuttavia Cardano chiamava «sofistiche»[43]. Il passo successivo fu fatto dall'algebrista Raffaele Bombelli nella sua *Algebra* del 1560 (ma stampata nel 1572) che tramite «considerazioni sofistiche»[44] – come egli stesso ebbe a dire – arrivò all'«idea assurda» del seme germinale del concetto di "numero complesso". Fin qui i concetti di *numero immaginario*, *numero complesso* (o, come venivano chiamati allora, numeri "falsi" o "silvestri"), e quello stesso di *numero negativo* vengono "supposti" ma non "proposti", ossia procedono sul filo metafisico della "plausibilità empirica" di stampo protagoreo: «Siccome funziona, usiamolo». Nel 1629 il matematico francese Albert Girard riconobbe definitivamente la natura delle soluzioni negative e complesse, e fu così in grado di perfezionare il lavoro sulla relazione che intercorre tra le radici e i coefficienti di un'equazione algebrica, già iniziato da François Viète[45]. Per una copertura epistemico-razionale dovremo però aspettare fino a Gauss che, grazie ancora una volta all'abuso del "miracolo cartesiano" di collegamento tra il mondo algebrico e quello geometrico riuscirà a proclamare il "diritto di cittadinanza" a ciò che Eulero nel 1770 definiva entità «immaginarie o impossibili»[46]. Come è stato giustamente inneggiato allo stesso Gauss in occasione del suo cinquantesimo di dottorato: «Lei ha reso possibile l'impossibile»[47].

Grazie al *parallelismo geometrico* Gauss veniva a dare inizio a una nuova era dove delle *entità metafisicamente contraddittorie*[48] venivano "addomesticate" perché sovrapponibili empiricamente a costruzioni geometriche recuperanti l'*evidenza perduta* dall'altro versante. Così, d'altra parte, era già stato fatto secoli prima per l'uso dei *numeri negativi* che, a quell'epoca, «sollevavano maggiori difficoltà, poiché non potevano facilmente venire approssimati da numeri positivi, ma la nozione di senso (o di direzione su una linea) li rendeva plausibili»[49]. Il sodalizio algebra-geometria ha salvato "in corner" e reso ammissibili spesso operazioni definiti impossibili dalla prima (come il caso della «lussuria» dei numeri immaginari, con le parole di Thomas Jefferson del 1799[50]), come questa d'altra parte ha reso omaggio alla seconda rendendo possibile operazionisticamente quel "salto" che l'intuizione molte volte non dava licenza di fare, come nel caso della geometria non-euclidea. Gauss estenderà tale sodalizio anche alla fisica, quando metterà in dubbio – scrutando tra le tre vette[51] – il carattere euclideo dello spazio fisico… e Einstein completerà l'opera.

3. L'eredità di Gauss: dalla "perdita dell'intuizione" alla "libertà cantoriana" – Il sigillo di Gauss recava il motto «pauca sed matura», ma in realtà quello che avvenne fu lo sviluppo di una serie continua di nuovi oggetti matematici privi di una adeguata fondazione filosoficamente ineccepibile e accettati in base alla suprema legge del più spregiudicato e "antieuclideo" pragmatismo: l'applicabilità. Nuove algebre e nuove geometrie venivano ad accumularsi nell'*atanor* sempre più "spazioso" dell'*esistente matematico*. Scrive mirabilmente Kline: «Dopo tutto, i consueti numeri re-

---

43 C.B. Boyer, *op. cit.*, p. 330.
44 *Ibidem*, pp.332-333.
45 Sottolinea però Kline che «le opinioni avanzate di Girard non ebbero tuttavia alcuna influenza» (M. Kline, *Storia del pensiero matematico*, op. cit., p. 296).
46 Paul J. Nahin, *An Imaginary Tale. The Story of* $\sqrt{-1}$, Princeton 1998, p. 31.
47 *Ibidem*, p. 82.
48 Scriveva De Morgan nel 1831: «Abbiamo dimostrato che il simbolo $\sqrt{-1}$ è privo di significato, anzi addirittura autocontraddittorio e assurdo.» (P.J. Nahin, *op. cit.*, p. 82). Aggiunge ai nostri giorni M. vos Savant: «Yet it is accepted, and imaginary numbers are used routinely. But how can we justify using them to *prove* a contradiction?» (*Ibidem*, p. 224).
49 C.B. Boyer, *op. cit.*, p. 332. Il "sospetto di contraddizione" che nasce dalla manipolazione con i *numeri negativi* viene così candidamente spiegata da Paul J. Nahin: «This suspicion of negative numbers seems so odd to scientists and engineers today, however, simply because they are used to them and have forgotten the turmoil they went through in their grade-school years. In fact, intelligent, nontechnical adults continue to experience this turmoil, as illustrated in the following wonderful couplet, often attributed to the poet W. H. Auden: "Minus times minus is plus. The reason for this we need not discuss."» (P.J. Nahin, *op. cit.*, pp. 13-14).
50 P.J. Nahin, *op. cit.*, pp. 224-6.
51 «Per verificare l'applicabilità della geometria euclidea e della sua geometria non euclidea Gauss misurò effettivamente la somma degli angoli del triangolo formato dalle cime delle tre montagne Brocken, Hohehagen e Inselberg» (M. Kline, *Storia del pensiero matematico*, vol. II, Torino 1996, p. 1017).

ali e complessi venivano impiegati con scopi totalmente differenti e la loro applicabilità sembrava fuori discussione. Nonostante ciò, l'apparire di nuove algebre bastò per insinuare nella mente dei matematici il dubbio sulla verità dell'aritmetica e dell'algebra ordinaria proprio come accade a chi, entrato in contatto con le abitudini di una civiltà sconosciuta, comincia a mettere in discussione il proprio modo di vivere»[52]. La "creazione" continua di nuovi continenti matematici sui tracciati metodologici empiristi, fuori dalla sfera intuitiva, portò una specie di *cataclisma concettuale pre-einsteiniano* nei teorici dell'epoca: «E così la triste conclusione che i matematici furono costretti a trarre è che nella matematica non esiste verità […] Il tentativo greco di garantire la verità della matematica partendo da verità autoevidenti e impiegando solo la dimostrazione deduttiva è stato inutile. Per molti attenti matematici era troppo duro accettare il fatto che la matematica non fosse un corpo di verità; sembrava quasi che Dio avesse creato una molteplicità di algebre e di geometrie con il proposito di confonderli, proprio come aveva confuso le genti di Babele facendo loro parlare lingue differenti»[53].

I grandi matematici che avevano affinità o intuito filosofico diedero voce alle obiezioni dei nuovi universi razionali. Basterebbe pensare a William R. Hamilton («Nessuna persona sincera e intelligente può dubitare delle proprietà principali delle *rette parallele*, così come le espose duemila anni fa Euclide negli *Elementi*»[54]), a Francis Masères («Le radici negative… non dovrebbero mai dovuto essere ammesse in algebra, e bisogna sperare che ne vengano escluse»[55]), a Eulero («È chiaro che non si può neppure includere la radice quadrata di un numero negativo fra i numeri possibili, e bisogna dunque dire che è una quantità impossibile»[56]), a William Frend («Gli algebristi […] possono trovare dei numeri impossibili i quali, una volta moltiplicati fra loro, generano l'unità. Questo è un linguaggio incomprensibile e ripugna al senso comune; tuttavia, una volta adottato, come tante altre finzioni esso trova i più strenui difensori fra coloro che amano accettare le cose senza un attento esame e disprezzano la voce del retto pensare»[57]), ad Augustus De Morgan («L'espressione immaginaria… e l'espressione negativa… hanno una caratteristica comune: quando si trova una di esse come soluzione di un problema, ciò indica la presenza di qualche incoerenza o assurdità»[58]), per non parlare di Cartesio, Newton, Leibniz, Carnot, ecc. Sembrava quasi materializzarsi l'anatema scagliato da George Berkeley nel 1734 quando provocava i matematici con: «È vero che [i matematici] non si sottomettono ad alcuna autorità, non accettano nulla per vero senza prove, e non credono ad argomentazioni inconcepibili? È vero che essi non hanno i propri misteri, e quel che è più importante, le loro avversioni e le loro contraddizioni?»[59]. Come scrisse Poincaré nel 1899: «La logica talvolta genera mostri»[60].

Einstein aveva visto giusto quando osservò che «il sogno della conoscenza assoluta aveva agonizzato a lungo, ma era stato David Hume… a dare il colpo finale ai sogni di Platone»[61]. Fu Gauss che recuperò gli "algoritmi metafisici" di Hume all'interno del pensiero matematico tramite l'empirismo dell'applicabilità e la logica del successo: «Qui [nella rappresentazione geometrica] si mostra come il significato intuitivo di $\sqrt{-1}$ sia del tutto fondato, e per ammettere queste quantità nel dominio degli oggetti dell'aritmetica non è necessario nient'altro»[62]. La "spinta gaussiana" avrebbe portato successivamente al nuovo paradigma euristico accettato in matematica. Il motto di De Morgan – «Ricordatevi di $\sqrt{-1}$»[63] – ne rappresenta l'archetipo. «Ma fu ancora Gauss – scrive Kline – ad accorgersi della conseguenza più rivoluzionaria [della geometria non euclidea]. […] Gauss… es-

---

52 M. Kline, *Matematica: la perdita della certezza*, op. cit., p. 103.
53 *Ibidem*, pp. 106-7.
54 *Ib.*, p. 107.
55 *Ib.*, p. 132.
56 *Ib.*, p. 134.
57 *Ib.*, pp. 168-9.
58 *Ib.*, p. 170.
59 Cit. in B. Russell, *La mia filosofia*, op. cit., p. 217.
60 M. Kline, *Storia del pensiero matematico*, vol. II, op. cit., p. 1136.
61 D. Overbye, *Einstein innamorato. La vita di un genio tra scoperte scientifiche e passione romantica*, Milano 2002, pp. 126-7.
62 M. Kline, *Matematica: la perdita della certezza*, op. cit., pp. 172-3.
63 M. Kline, *Storia del pensiero matematico*, vol. II, op. cit., p. 1139.

sendosi reso conto che la geometria euclidea non è necessariamente la geometria dello spazio fisico, cioè non è necessariamente vera, mise la geometria nella stessa classe della meccanica e affermò che il carattere di verità deve essere attribuito soltanto all'aritmetica (e all'analisi che ne costituisce uno sviluppo). Questa fiducia nell'aritmetica è di per sé curiosa. L'aritmetica, infatti, non possedeva in quel periodo nessuna fondazione logica e la sicurezza che l'aritmetica, l'algebra e l'analisi fornissero delle verità sul mondo fisico derivava unicamente dall'esperienza. La storia della geometria non euclidea dimostra in maniera lampante quanto i matematici siano influenzati non dai ragionamenti che effettuano, ma dallo spirito dei tempi. Saccheri aveva respinto gli strani teoremi della geometria non euclidea e ne aveva concluso che Euclide era stato emendato da ogni neo. Un centinaio di anni dopo, invece, Gauss, Lobačevskij e Bolyai accettarono fiduciosamente la nuova geometria. Essi pensavano che la loro geometria fosse logicamente coerente e che perciò fosse altrettanto valida di quella di Euclide. Non avevano però nessuna dimostrazione di questa coerenza. Anche se dimostrarono molti teoremi senza imbattersi in evidenti contraddizioni, rimaneva aperta la possibilità che si potesse dedurre una qualche contraddizione»[64].

La scoperta che la geometria euclidea non era una verità unica, necessaria e assoluta riguardo al mondo fu perciò sbalorditiva, ed ebbe effetti di vasta portata e irreversibili. Essa minò alla base le concezioni assolutistiche della conoscenza umana in ampie regioni del pensiero: «I matematici vi si opposero a lungo – scrive Barrow – ma coloro che cercavano di sovvertire le tradizionali certezze euclidee videro in essa un segnale dell'avvento del relativismo. Il termine "non euclideo" venne a indicare qualche cosa di più generale di quanto valeva per le linee nello spazio»[65]. Una volta spalancata la porta della "trans-intuizione" e della "trans-evidenza" allora si aprì alla «regina delle scienze» un intero mondo di potenzialità latenti, pronte alla *cristallizzazione per coerenza*. La matematica poteva finalmente essere libera e volare poeticamente attraverso la creatività dello scienziato. «La geometria greca classica – chiarisce Kline – non aveva soltanto imposto delle restrizioni sul dominio della matematica, ma le aveva anche impresso un livello di rigore che ostacolava la creatività. Gli studiosi del XVII secolo avevano spezzato entrambi questi vincoli. Il progresso in matematica richiede un disprezzo quasi completo per gli scrupoli logici»[66].

"Disprezzo" che Cantor coltivò più di ogni altro. «La matematica – scriveva nel 1883 – nel suo sviluppo è completamente libera e vincolata soltanto all'evidente condizione che i suoi concetti siano in sé non contraddittori»[67]. Cantor era sopraffatto dal timore che i vincoli posti alla ricerca avrebbero potuto tagliare le ali alla creatività matematica, «giacché – egli affermava – l'*essenza* della matematica risiede proprio nella sua *libertà*»[68]. Senza di questa, sosteneva Cantor, non ci sarebbero stati i grandi sviluppi registrati nel corso del secolo; non avremmo avuto la moderna teoria delle funzioni se Gauss o Cauchy o Jacobi o Weierstrass e Riemann avessero dovuto «sottoporre le loro idee nuove a un controllo metafisico»[69]. D'altra parte è proprio la completa assenza del «controllo

---

[64] *Ibidem*, p. 1026.

[65] J.D. Barrow, *La luna nel pozzo cosmico*, op. cit., p. 35. «All'origine della svolta c'era stata l'opera di Gauss sulla geometria delle superfici, che iniziava lo studio delle proprietà intrinseche delle superfici, indipendenti cioè dallo spazio in cui erano immerse» (E. Giusti, *Ipotesi sulla natura degli oggetti matematici*, Torino 1999, p. 84). Nell'opera di Gauss del 1828, *Disquisitiones generales circa superficies curvas*, l'idea chiave è quella di considerare «la superficie non come la frontiera di un solido» ma di per sé stessa, con le parole di Eugenio Beltrami «come un velo infinitamente sottile». L'approccio di Gauss sarà ripreso anni dopo da Riemann, il quale - nella sua lezione di abilitazione tenuta proprio di fronte a Gauss nel giugno del 1854 - esporrà la sua celebre teoria delle *varietà pluriestese*. I perfezionamenti successivi di Beltrami e Ricci Cubastro riveleranno la grande fecondità dell'idea gaussiana nella formulazione matematica della *Relatività generale*, come ebbe a sottolineare lo stesso Einstein: «L'importanza di Gauss per lo sviluppo della fisica moderna e specialmente per i fondamenti matematici della teoria della relatività è enorme» (Cit. in R. Tazzioli, *op. cit.*, p. 64).

[66] M. Kline, *Storia del pensiero matematico*, vol. I, op. cit., p. 465.

[67] Cit. in U. Bottazzini, *Insiemi di punti e numeri transfiniti*, in Paolo Rossi (ed.), *Storia della scienza moderna e contemporanea*, vol. III, tomo I, Milano 2000, p. 62.

[68] *Ibidem*, p. 63.

[69] *Ibidem*. Per questo motivo Kant era odiato da Cantor: «Kant era la sua bestia nera» (B. Russell, *Una filosofia per il nostro tempo*, Milano 1995, p. 24). Per un motivo opposto a quello di Cantor, Kant stava sullo stomaco anche a Russell. Sulla copertina di un libro di Cantor spedito dall'autore medesimo a Russell c'era scritto: «Vedo che il vostro motto è Kant o Cantor» (*Ibidem*). Ricorda Alan Wood in una conversazione avuta con Bertrand Russell la teatrale manifestazione di contrarietà che questi aveva «circa l'affermazione di Kant riguardo all'esistenza di un elemento sogget-

metafisico» che favorirà l'*empirismo logico* prima e la «novità relativistica» poi, nel campo della fisica, fomentando – in seno a quest'ultima – un recupero avventato della "libertà cantoriana" e realizzando così quella che poi Gaston Bachelard rileverà come «impronta di una induzione così audacemente estensiva da poter sviare una mente poco abituata alle libertà matematiche»[70]. La linea filosofico-progettuale di Cantor, largamente diffusa tra i matematici, la quale – con le parole e il disappunto di Gottlob Frege – considera sufficientemente giustificata una definizione che «si presta spontaneamente a costituire la base dei nostri ragionamenti, senza condurre mai ad alcuna contraddizione»[71], si trasmetterà in seguito nel campo della fisica, tramite Einstein prima e Heisenberg poi, dove il contagio porterà a una vera e propria epidemia di FLOP[72], sintomatica peste delle strutture portanti della scienza contemporanea. Già per il campo della matematica era necessario ricordare che il criterio di non contraddittorietà consente solo di raggiungere «una certezza empirica» – come aveva fin da allora avvisato Frege – giacché bisogna «in ogni caso essere pronti a incontrare da un momento all'altro qualche contraddizione che mandi in rovina l'intero edificio»[73]. Come esponeva H. Weyl nel 1917: «Una parte essenziale di quest'edificio è costruita sulla sabbia», ed una delle cause essenziali di questa circostanza «va ricercata unicamente nell'arbitrio (commesso sin dall'inizio in matematica) di considerare un campo di possibilità costruttive come un aggregato chiuso di oggetti esistente in sé»[74]. Ma oramai si era infiltrato anche nella fisica il nuovo credo dei matematici, quello che con enfasi scriveva Dedekind all'amico Weber in una lettera del 1888: «Noi siamo di razza divina e possediamo […] il potere di creare»[75].

4. Dagli assiomi ai postulati: il programma di Hilbert tradotto in fisica – «La teoria generale della relatività contrastava con la mirabile struttura euclidea del "sacro volumetto di geometria" che aveva incantato Einstein in gioventù; ed essenziale, ai fini della teoria stessa, era la negazione dell'assoluta validità del teorema di Pitagora, per il quale, da ragazzo, aveva trovato una dimostrazione per proprio conto. […] A quasi tutti gli studiosi della geometria elementare, un'alternativa valida del sistema euclideo sembrerebbe impossibile. Invero, il filosofo Kant aveva dichiarato che il sistema euclideo era inevitabile, una necessità del pensiero umano. Ma, a cominciare dagli inizi del diciannovesimo secolo, dopo un periodo di incubazione che risaliva fino a Euclide, matematici audaci proposero effettivamente alternative non euclidee e, come si rese conto Gauss, una volta che Euclide avesse avuto dei concorrenti, la geometria sarebbe divenuta, per necessità di cose, una scienza sperimentale»[76]. Viene così tracciata da Hoffmann e Dukas la linea di collegamento tra Gauss e Einstein. Le "certezze euclidee" impostate dall'antichità e indicate come rocce inabissabili

---

tivo nella matematica: il tono della voce può essere descritto solo come di disgusto, simile a quello di un fondamentalista posto di fronte all'ipotesi che Mosè abbia inventato di sana pianta i Dieci Comandamenti: "Kant mi ha *stufato*."» (A. Wood, *La filosofia di Russell. Uno studio sulla sua evoluzione*, in B. Russell, *La mia filosofia*, op. cit., p. 223)". Einstein invece parteggiava per la tesi cantoriana, la quale – oltre a «fare rivoltare Kant nella tomba» (D. Overbye, *op. cit.*, p. 131) – propendeva per una vittoria della libera creatività sulla rigidità delle kantiane *forme a priori*: «Gli assiomi della matematica sono altrettanti esempi dell'opinione di Einstein per cui i concetti sono libere creazioni della mente umana. […] In Kant… l'attività creativa della mente era limitata dalle forme *a priori* dell'intuizione. Ma il pensiero matematico se ne liberò con la scoperta di geometrie non euclidee, e si capisce quindi come Einstein abbia dotato il pensiero di una maggiore libertà di creazione che con Kant» (V.F. Lenzen, *La teoria della conoscenza di Einstein*, op. cit., p. 327).

[70] G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, Paris 1929, p. 61.

[71] Cit. in U. Bottazzini, *Fondamenti dell'aritmetica e della geometria*, in Paolo Rossi (ed.), *op. cit.*, p. 257.

[72] FLOP = *Falsificatore Logico Potenziale*, neologismo del presente autore. Si veda, per un approfondimento, *I FLOP nella trattazione relativistica del tempo*, in F. Selleri (ed.), *La natura del tempo*, Bari 2002.

[73] Cit. in U. Bottazzini, *Fondamenti dell'aritmetica e della geometria*, in Paolo Rossi (ed.), *op. cit.*, p. 257.

[74] Cit. in U. Bartocci, *Riflessioni sui fondamenti della matematica ed oltre*, «Synthesis», n. 3, anno III, 1994, p. 26.

[75] Inevitabile la ricaduta di tale mentalità sulla fisica contemporanea. Scrive Weizsäcker, ad esempio, che gli elettroni rimangono stabili sulle loro orbite perché le «leggi della meccanica quantistica… glielo impongono» (Cit. in P. Plichta, *La formula segreta dell'universo*, Casale Monferrato 1998, p. 177).

[76] B. Hoffmann – H. Dukas, *Albert Einstein, creatore e ribelle*, op. cit., p. 144. Einstein sigillerà irreversibilmente, in seguito, tale visione gaussiana. Con le parole di Max Jammer: «Fu Einstein che chiarì come la geometria, allorché viene applicata in questo modo all'indagine dello spazio fisico, cessa di essere una scienza assiomatico-deduttiva e diviene una fra le scienze naturali» (M. Jammer, *Storia del concetto di spazio*, Milano 1981, p. 148).

«in mezzo ai mari agitati della speculazione umana»[77] venivano poste prima in uno stato ipotetico e incerto dall'*empirismo gaussiano*, poi rese costruzioni immaginarie della creatività umana dal *libertinismo cantoriano*, e infine ricapitolate nel popperiano *mondo 3* delle congetture perché inadeguate per la neopitagorica struttura del mondo: eccessivamente semplicistiche e obsolete per l'*universo einsteiniano*. «E in virtù di queste… rivoluzioni – scrive William Clifford – l'idea dell'universo, il Macrocosmo, il Tutto, come soggetto della conoscenza umana, e perciò di interesse umano, è andato in frantumi»[78]. Scrive Russell: «La rivoluzione di Einstein ha spazzato via tutto...»[79]. «Dal punto di vista della dialettica hegeliana la teoria della relatività era una comoda fonte di antinomie: non era necessario… trovare una soluzione all'interno della fisica, ma bisognava riconoscere che la materia fosse un'astrazione irreale e che nessuna scienza della materia poteva essere logicamente soddisfacente»[80]. Così l'universo di Einstein – grazie alla gaussiana mentalità che si era venuta a creare – avrebbe travalicato i confini pitagorici dell'*evidenza* e dell'*intuizione*: «Il mondo di Einstein è un mondo di numeri; questi non suppongono prima di essi né una verità *a priori* come la condizione della loro espressione formale, né una immagine intuitiva come una condizione del loro significato fisico»[81]. La successiva *meccanica quantistica* ipostatizzerà questa sorta di metafisica e tramite l'«irrazionale» – per usare i termini di Meyerson –, quell'essenza aberrante di «aritmetizzazione del possibile», concederà quel "passo" contemplato da Bachelard: «Un passo ancora e il reale non è più che la causa occasionale del pensiero»[82]. Tanto che ai nostri giorni un Feynman può asserire: «Mi auguro quindi che riuscirete ad accettare la Natura per quello che è: assurda»[83].

Innegabile è dunque il tallonamento della *nuova fisica* nei confronti dello "svuotamento semantico-categoriale" della *nuova matematica*. Lo *strano mondo* della fisica del Novecento è intimamente collegato a quello *astratto* e *immaginifico* della matematica post-gaussiana[84]. Dopo Einstein le geometrie non euclidee non esistevano più soltanto come sistemi logici su fogli di carta: l'architettura dell'universo era non-euclidea e ciò si poteva toccare con mano. Così come, dopo Heisenberg, le nuove e strane algebre "non commutative" sviluppate a partire dai *quaternioni* di Hamilton[85] – riflesso diretto della *rivoluzione gaussiana* – potevano finalmente innalzarsi dai "mondi di carta" ed esigere altrettanta dignità "inter-fenomenologica" del mondo fisico così come lo era stato per le geometrie non euclidee[86]. Era la vittoria del freddo costrutto matematico – esterno e alieno alla sfera

---

[77] J.D. Barrow, *op. cit.*, p. 34.

[78] W.K. Clifford, *Philosophy of the Pure Sciences*, in *Lectures and Essays*, London 1879, vol. I, p. 300, cit. in D. Overbye, *op. cit.*, p. 131.

[79] B. Russell, *La mia filosofia*, op. cit., p. 39.

[80] *Ibidem*, p. 41.

[81] L. Brunschvicg, *L'expérience humaine et la causalité physique*, Paris 1949, p. 410.

[82] G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, op. cit., p. 197.

[83] R.P. Feynman, *QED. La strana teoria della materia e della luce*, Milano 1996, p. 25.

[84] Scrive Heisenberg in *Fisica e filosofia*: «È vero che ci apparirà anche subito chiaro che questi concetti non sono ben definiti nel senso scientifico e che la loro applicazione può condurre a varie contraddizioni; ma noi sappiamo tuttavia che essi toccano la realtà. Può essere utile a questo proposito ricordare che perfino nella parte più precisa della scienza, nella matematica, noi non possiamo fare a meno di servirci di concetti che implicano delle contraddizioni. È ben noto, ad esempio, che il concetto d'infinito conduce a contraddizioni che sono state analizzate; eppure sarebbe praticamente impossibile costruire senza questo concetto le più importanti parti della matematica» (*op. cit.*, p. 233).

[85] «L'abbandono dell'antica ipotesi di Euclide ebbe un parallelo nella elaborazione di nuove algebre che rinunciavano a un altro assunto profondamente radicato, secondo il quale, quando l'operazione *A* era seguita dall'operazione *B*, il risultato doveva essere identico a quello prodotto compiendo prima *B* e poi *A*. […] La costruzione di Hamilton segnò l'inizio di un periodo in cui i matematici presero a creare liberamente sistemi di simboli servendosi di regole prestabilite e compatibili che ne governassero le combinazioni reciproche senza curarsi che tali sistemi descrivessero alcunché nel mondo reale» (J.D. Barrow, *op. cit.*, pp. 38-9).

[86] Così come «la teoria della relatività – scrive Heisenberg – sembra da principio una cosa astratta ed estranea», bisogna abituarsi («il nostro pensiero si può adattare solo lentamente all'ampliato dominio sperimentale e al nuovo mondo concettuale») con la *teoria dei quanti* «a una rinuncia ancor più profonda ai concetti finora abituali» (W. Heisenberg, *I princìpi fisici della teoria dei quanti*, Torino 1987, p. 74). Bisogna solo aspettare, cioè, pazientemente che i nuovi concetti rivoluzionari e astrusi sedimentino sufficientemente nella nostra mente, come il «Maestro della Scuola Copenhagen» suggerisce ad Alice, sconcertata dal mondo dei quanti: «*Ci farai l'abitudine presto, non temere*» (R. Gilmore, *Alice nel paese dei quanti*, Milano 1996, p. 78). Rileva a questo riguardo Jenner Barretto Bastos Filho: «Il paradigma di Copenhagen-Göttingen ha dominato lo scenario della fisica […] Il positivismo, la sopravvalutazione della misura, la fuga verso il formalismo matematico, e addirittura le "onde di coscienza", hanno abitato stabilmente nei

dell'*evidenza*, dell'*intuizione*, del *senso comune* – che trionfava sui detriti delle *categorie kantiane*, «completamente annichilite – postillerà Heisenberg – dalle scoperte del nostro secolo»[87]. Hermann von Helmholtz poteva finalmente cantare vittoria – «Essa [l'intuizione] è una conoscenza empirica ottenuta con l'accumulazione e il rafforzamento di impressioni simili ricorrenti nella nostra memoria, e non una forma di intuizione trascendentale data prima di ogni esperienza»[88] – così come David Hilbert poteva finalmente vedere realizzato il suo sogno «di dare una formulazione puramente matematica agli assiomi della fisica»[89], liberando «gli assiomi che stanno a fondamento delle discipline matematiche dall'obbligo di corrispondere ai loro significati intuitivi originari e naturali»[90]. Siccome per Hilbert «la matematica… possiede coerenza ma nessun *significato*»[91], era arrivato il momento di *trasformare gli assiomi in postulati*[92] (portando così a compimento l'ideale del tracciato epistemologico che da Gauss arriva a Cantor). D'altra parte, sottolinea il matematico Meschkowski, «se sul pensiero di Hilbert non riluce più, come su quello di Platone, "lo splendore dell'essere"», ciò è direttamente collegato alla *rivoluzione gaussiana*: «l'"esistenza" della geometria non euclidea rende impossibile all'uomo moderno di restare fermo alla concezione spaziale di Platone e di Kant»[93].

Il *programma hilbertiano*, pur lacerato dal celeberrimo teorema di Gödel, continuò a sopravvivere sotto le "vesti metafisiche" della fisica del Novecento, da Einstein in poi[94]. Lo sviluppo di un'algebra astratta manipolante enti matematici con procedimenti puramente formali, evitando ogni interpretazione sulla natura di essi, preparerà il terreno epistemico delle teorie scientifiche contemporanee, tanto da rendere possibile affermare che «per esempio, l'integrale di Feynman non corrisponde, per il momento, ad alcun oggetto matematico preciso. È tuttavia è il pane quotidiano dei fisici teorici»[95]. L'approccio astratto-assiomatico-formalista hilbertiano della fisica moderna è nettamente *strumentalista*, si nutre dell'*efficacia empirica* all'interno di un *humus positivistico* ancorato all'idea machiana di "scienza-formulario"[96]. È la filosofia dello $0!=1$, del $(-1)^0=1^0=1^1=1!=0!$ Eppu-

corsi di meccanica quantistica, operando un vero lavaggio del cervello» (J.B. Bastos Filho, *La dissoluzione della realtà: irrealismo e indeterminismo nella fisica del microcosmo*, in M. Mamone Capria (ed.), *op. cit.*, pp. 448-9).

87 W. Heisenberg, *Fisica e filosofia*, op. cit., p. 107.

88 Hermann von Helmholtz, *Sull'origine e il significato degli assiomi geometrici*, in A. Einstein, *Relatività: esposizione divulgativa*, Torino 1967, p. 249.

89 J.D. Barrow, *op. cit.*, p. 197.

90 R. Nobili, *op. cit.*, p. 3. «Il programma di Hilbert era più innovativo di quanto a prima vista potesse apparire. Fino ad allora, per accertare la coerenza di una struttura matematica era stato necessario fornire un'interpretazione particolare (ossia un "modello", come veniva chiamato) degli assiomi in questione. Se questo modello nel mondo reale esisteva, il sistema matematico veniva considerato coerente, nella convinzione che la realtà fisica fosse esente da contraddizioni. […] Hilbert abbandonò questo infruttuoso procedimento per cercare prove di coerenza che non facessero uso di modelli (né fisici né matematici) del significato degli assiomi» (J.D. Barrow, *op. cit.*, p. 198).

91 J.D. Barrow, *op. cit.*, pp. 194-5. Scrive Bertrand Russell: «La matematica pura è interamente costituita da asserzioni per effetto delle quali, se un tale enunciato è vero per *qualcosa*, allora il tale altro enunciato è vero per quella cosa. È essenziale non discutere se il primo enunciato è realmente vero, e non indicare quale sia la cosa per la quale si suppone che sia vero. […] Così la matematica può essere definita come la materia nella quale non sappiamo mai di che cosa stiamo parlando, né se ciò che stiamo dicendo è vero» (B. Russell, *Misticismo e logica*, op. cit., pp. 71-2).

92 La differenza sta nell'*autoevidenza*: i primi sono di per sé «chiari e distinti» direbbe Cartesio, mentre i secondi dovranno sottostare alla "spada di Damocle" di una possibile ventura contraddizione, cantorianamente potenziale. Mentre gli assiomi sono, nelle parole di Benjamin Fedorovich Kagan (1869-1953), «verità ammesse da ogni uomo, alle quali l'uomo inevitabilmente ricorre tanto in ciascuna scienza, quanto in qualsiasi ragionamento quotidiano», i postulati costituiscono precise richieste che «il lettore deve accettare accingendosi allo studio di una disciplina, affinché i ragionamenti successivi non suscitino obiezioni da parte sua» (Cit. in R. Tazzioli, *op. cit.*, p. 66).

93 H. Meschkowski, *Mutamenti nel pensiero matematico*, Torino 1973, p. 87. Come rileva giustamente Umberto Bartocci: «Logicismo, formalismo, crisi dei fondamenti, etc., sono tutti riconducibili nell'illustrato contesto ad esiti naturali del tentativo di espungere la geometria euclidea dai fondamenti della matematica» (U. Bartocci, *op. cit.*, p. 24).

94 È paradigmatico «il detto di Einstein che "la base assiomatica della fisica teorica… deve essere liberamente inventata"» (F.S.C. Northrop, *La concezione della scienza di Einstein*, in P.A. Schilpp (ed.), *op. cit.*, p. 341).

95 J.P. Changeux - A. Connes, *op. cit.*, p. 16.

96 Scrive, ad esempio, Roger Penrose: «La teoria ha due argomenti molto efficaci a suo favore e solo uno, di scarso rilievo, a sfavore. Innanzitutto, la teoria è sorprendentemente esatta rispetto a tutti i risultati sperimentali fino ad oggi ottenuti. In secondo luogo [...] si tratta di una teoria di straordinaria e profonda bellezza dal punto di vista matematico. L'unica cosa, che può essere detta contro di essa, è che, presa in assoluto, non ha alcun senso!» (Cit. in A. Zeilinger,

re il matematico contemporaneo giudizioso avverte: «Malgrado lo stato insoddisfacente della matematica, la molteplicità delle scuole, il disaccordo sugli assiomi da accertare, e il pericolo che nuove contraddizioni, qualora scoperte, possano invalidare gran parte della matematica, alcuni matematici applicano tutt'ora questa scienza ai fenomeni fisici»[97]. Ma lo scienziato della *nuova era*, accecato dal potere predittivo della *nuova scienza*, ha barattato la verità con il successo: «Tutto quello che si può richiedere da una teoria fisica è che le sue predizioni siano in accordo con le osservazioni»[98]. Come osserva Russell: «Il male è intellettuale… Per conto mio, non ho soluzioni da prospettare; la nostra è un'epoca che sostituisce sempre più il potere agli ideali primitivi, e ciò accade nelle scienze come in altre cose. Mentre la scienza come conseguimento di potere diviene sempre più trionfante, la scienza quale conseguimento di verità è uccisa da uno scetticismo generato dall'abilità degli scienziati».

5. Conclusioni: le basi metafisiche della teoria della relatività – L'avvento della Relatività, facendo saltare i quadri abituali di riferimento spazio-temporali insieme all'edificio concettuale della fisica newtoniana – che a Kant appariva come «quella conoscenza del sistema del mondo chiara e immutabile per tutto l'avvenire» – e rendendo inintuitivo lo spazio così come il tempo «una creazione del nostro pensiero»[99], veniva a materializzare sullo sfondo della realtà fisica l'ideale "gaussiano-cantoriano-hilbertiano" concepito e architettato precedentemente nell'universo del costrutto matematico. La «rivoluzione copernicana della Relatività» avrebbe apportato un vero e proprio «terremoto dei concetti» – per usare dei termini che Bachelard dichiaratamente mutua da Nietzsche – sulle stesse fondamenta gnoseologiche, dove «tutto l'edificio della ragione è "scosso"»: «Con la scienza einsteiniana incomincia una rivoluzione sistematica dei concetti fondamentali»[100].

Dunque il frutto epistemologicamente più profondo dell'impatto einsteiniano sulla fisica è il suo stesso sconfinamento dal mondo dei numeri e della materia a quello del pensiero, della logica e dei pilastri della conoscenza, come sottolinea Hans Reichenbach: «La teoria della relatività di Einstein ha dato una forte scossa ai fondamenti filosofici della conoscenza»[101]. La stessa Meccanica Quantistica può essere vista come una conseguenza estrema, una *ipostasi* del tracciato epistemico della teoria di Einstein: non abbiamo fatto altro – avrebbe rilevato lo stesso Born, uno degli artefici della *meccanica matriciale* – che «avere fedelmente proseguito sulla via che egli [Einstein] ci aveva indicato nei suoi giorni migliori»[102]. Confesserà Heisenberg: «Avevo soltanto… applicato il tipo di filosofia che egli stesso aveva posto alla base della sua teoria della relatività ristretta»[103]. È stato «Einstein – confermerà Gamow – ad abbandonare le vecchie idee di "senso comune" sul computo del tempo, la misura della distanza e la meccanica, … [arrivando] alla riformulazione della "insensata" Teoria della Relatività. […] Heisenberg ne dedusse che la stessa situazione esistesse nel campo della Teoria dei Quanti»[104]. Ecco in sintesi la storia di come si sia arrivato a *relativizzare* la stessa *logica*. Oramai si parla di una «pluralità» di logiche… Scrive B.L. Whorf in *Le lingue e la logica*: «Nuovi tipi di logica possono forse aiutarci a capire com'è che gli elettroni […] sembrano comportarsi illogicamente»[105].

Problemi di interpretazione e ricerca di paradigmi in meccanica quantistica, in F. Selleri (ed.), *Che cos'è la realtà. Dibattito nella fisica contemporanea*, Milano 1990, p. 123).

[97] M. Kline, *Matematica: la perdita della certezza*, op. cit., p. 15.

[98] S.W. Hawking – R. Penrose, *The Nature of Space and Time*, Princeton 1996, p. 116.

[99] E. Schrödinger, *L'immagine del mondo*, Torino 2001, p. 115.

[100] G. Bachelard, *La dialettica filosofica dei concetti della relatività*, in P.A. Schilpp (ed.), *op. cit.*, p. 511.

[101] H. Reichenbach, *Relatività e conoscenza a priori*, Bari 1984, p. 59.

[102] Cit. in F. Selleri, *La fisica del novecento. Per un bilancio critico*, Bari 1999, p. 94.

[103] W. Heisenberg, *La tradizione nella scienza*, op. cit., p. 127.

[104] G. Gamow, *Trent'anni che sconvolsero la fisica*, Bologna 1966, p. 107.

[105] Scrive il logico americano Alonzo Church: «Noi non attribuiamo alcun carattere di unicità o di verità assoluta ad alcun sistema logico particolare… possiamo considerare l'analogia di una geometria tridimensionale utilizzata nella descrizione dello spazio fisico… può esservi, e in realtà vi è, più di una geometria il cui uso è lecito nella descrizione dello spazio fisico. Analogamente, esiste senza dubbio più di un sistema formale che può essere utilizzato come logica, e di questi sistemi uno può essere più proficuo o più comodo di un altro; non si può, però, dire che uno sia giusto e l'altro sbagliato» (Cit. in J.D. Barrow, *op. cit.*, p. 43).

Rileva Bachelard che intere schiere di scienziati e filosofi che durante i secoli avevano cercato un continuo accumulo e perfezionamento nella decodifica del reale sotto l'ombra di un'unica e primordiale razionalità vengono adesso travolti e devastati dalla «novità relativistica»: una «scienza senza antenati», la Relatività, in quanto non sarebbe «potuta sbocciare che nell'atmosfera di una matematica perfezionata; ecco perché la dottrina manca veramente di antecedenti»[106]. La matematica assurge così a «vero e proprio metodo di invenzione»[107]; da "descrittore" a "creatore", la sua "carica deduttiva" diventa "induttiva": «L'espressione matematica da sola consente di pensare il fenomeno»[108]. Il calcolo tensoriale è per Bachelard esempio perfetto di «strumento matematico che crea la scienza fisica contemporanea come il microscopio crea la microbiologia», «Langevin diceva che: "Il calcolo tensoriale conosce la fisica meglio dello stesso fisico"»[109].

Il «pensiero relativistico» è, dunque, animato da un'«audacia induttiva», una proprietà "rivelata" dello strumento matematico che nella Teoria gioca un ruolo privilegiato. Ciò, però, non esime ma, anzi, estremizza «lo scandalo della ragione», per usare ancora una volta dei termini bachelardiani. Come mette bene in evidenza Bouasse nella sua critica risoluta al potere esplicativo della teoria di Einstein, decisamente minore rispetto a quella classica: «Si sopprime l'etere e ci si esime dall'insegnarci con che cosa dobbiamo sostituirlo!»[110]. Non possiamo dunque accettare l'invito di Hume («Allora buttatelo nel fuoco») di bruciare, tramite Einstein, l'unità del pensiero logico-intuitivo plurimillenario che soggiace nell'"incoscio collettivo" dell'umanità tutta intera. Noi non facciamo – osserva Bouasse – «i sillogismi diversamente da Aristotele: anzi, Aristotele ne conosceva la teoria molto meglio della maggior parte dei nostri filosofi moderni. Bacon, Descartes… si sbagliavano spesso nelle applicazioni; ciò non toglie che i loro attrezzi, dei quali talvolta essi si servivano male, erano esattamente i nostri. Se Bacon, Descartes… risuscitassero, si farebbe loro facilmente comprendere in che cosa essi si sbagliavano, perché i loro cervelli e i nostri sono costruiti allo stesso modo», né sono «suscettibili di perfezionamento». E dunque – si chiede Bouasse – come è possibile «simultaneamente rigettare i dati intuitivi del nostro cervello sullo spazio e sul tempo, e serbargli […] fiducia quando si tratta di ragionare? […] Voi dite che il nostro cervello è un falso testimone, poi conservate la metà della sua testimonianza! […] È assurdo. […] Io dico che i dati intuitivi del nostro cervello formano un blocco che non avete il diritto di dividere. Se ne rigettate una parte, siete fatalmente condotti a rigettare il tutto: cosa che sopprime ogni possibilità di conoscenza»[111].

Bachelard ammette il "cartesicidio" caratteristico della fisica post-relativistica, simbolo di agonia e sprezzo per la "dea *intuizione*" e parenti stretti "*evidenza*", "*chiaro*" e "*distinto*": «Siamo di fronte – egli dice – a una vera dialettica. Si procede sistematicamente negando il postulato di analisi cartesiana, esattamente nello stesso modo in cui si sviluppa la geometria non-euclidea negando il postulato di Euclide»[112]. E se un Cassirer parla di «crisi dell'intuizione» avvenuta «dopo le geometrie non-euclidee e dopo la relatività speciale e generale»[113], non può essere nascosto al proprio *intelletto* – "scolasticamente" inteso – che «come *ipotesi metafisica*, la teoria di Einstein risulta contraddittoria»[114]. Inefficace la certificazione data da Heisenberg che «"non contraddittorio" si riferisce… alla consistenza e completezza matematica del formalismo che viene costruito a partire dagli assiomi»[115], quando è ormai ben noto invece che la formalizzazione matematica di una teoria è ben lungi dallo schermare la stessa dall'*incoerenza latente* che sfocia a livello di quello che Bridgman definisce come «sfondo descrittivo enorme». Dietro alle equazioni c'è una enorme struttura qualitativa fatta di risultati empirici, ipotesi, generalizzazioni, scelte filosofiche, gusti personali, conve-

---

[106] G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, op. cit., p. 99.
[107] G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, op. cit., p. 39.
[108] *Ibidem*, p. 50.
[109] *Ibidem*.
[110] H. Bouasse, *La question préalable contre la théorie d'Einstein*, Paris 1923, p. 18.
[111] *Ibidem*, pp. 18-20. La trad. it. è a cura di M.R. Abramo in *Gaston Bachelard e le fisiche del novecento*, Napoli 2002, pp. 21-2.
[112] G. Bachelard, *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, Paris 1937, p. 42.
[113] E. Cassirer, *Determinismo e indeterminismo nella fisica moderna*, Firenze 1970, p. 243.
[114] H. Bouasse, *op. cit.*, p. 17.
[115] W. Heisenberg, *La tradizione nella scienza*, op. cit., p. 137.

nienze: «Quando si prenda atto, finalmente, di questa ricca realtà confrontandola con il ritratto della teoria scientifica tramandato dall'empirismo logico, che vale meno di una caricatura, si comprenderà facilmente che la teoria, accanto ai suoi innegabili successi, non solo può presentare punti deboli, ma può anche sopravvivere ai suoi stessi fallimenti»[116]. Come conferma lo stesso Bridgman: «Ogni sistema di equazioni può comprendere solo una piccolissima parte della situazione fisica effettiva: dietro le equazioni vi è uno *sfondo descrittivo enorme*, tramite il quale esse stabiliscono legami con la natura»[117].

È solo grazie all'«oscurità matematica»[118] che regna sovrana sulle nuove teorie che il novello "apprendista stregone" può ritenersi degno di possedere l'arcana chiave meta-ermeneutica e il potere ad essa congiunto. Sentendosi appartenente alla pitagorica classe dei neo-*mathematicoi* non si abbassa ad una «umana, troppo umana» *rappresentazione*, figlia dell'intuizione. L'"ammassato" gruppo degli *acousmaticoi* – cioè coloro che, come denunciava Cartesio già ai suoi tempi, «si astengono dall'esaminar molte cose... poiché stimano che possano esser comprese da altri forniti di maggior intelligenza, abbraccian[d]o il parere di coloro sulla cui autorità maggiormente confidano»[119] – si accascia ai bordi delle corsie preferenziali del pensiero scientifico, affidandosi ciecamente ai cosiddetti "esperti" («cieca schiavitù al dogma», direbbe Herbert Dingle[120]), nella convinzione che quanto non si sia riuscito a intendere sia dovuto ad un inadeguato e insufficiente numero di neuroni a loro disposizione; una sorta di "filosofia del rimando" «di cui sono preda non solo tanti studenti, ma anche tanti docenti»[121]. Ed ecco così il «mastery, instead of the servitude, of mathematics in relation to physics» denunciato da Dingle[122]. Non deve sorprende allora che il matematismo entri a far parte della nuova ermeneutica contemporanea e a sostituire interi blocchi kantiani della psiche in altrettanti moduli "gaussiani". Confessa senza malizia un docente universitario di ingegneria elettrica del calibro di Paul Nahin: «Later, in college, I would learn that the operation of radio is impossible to understand, at deep theoretical level, without an understanding of $\sqrt{-1}$»[123]. È la matematica che prende il posto del sillogismo aristotelico. Come manifesta apertamente Dirac: «Le nuove teorie, considerate al di là della struttura matematica, sono costruite con concetti fisici che non possono essere spiegati in termini di cose precedentemente note allo studente, che neppure possono essere spiegati adeguatamente con le parole»[124]. Riesce facile concepire, a questo punto, come si stia approdando con sempre più facilità a riconoscere con Bridgman che «tutta la nostra conoscenza è relativa» e che in questo senso «la relatività in senso generale diventa un puro truismo»[125]. Si arriva così alla signoria della *sintassi* sulla *semantica*, all'indebolimento, detronizzazione e perdita del *fondamento*[126], come anche di una umana comprensione[127].

---

[116] F. Selleri, *Introduzione*, in F. Selleri (ed.), *La natura del tempo*, op. cit., p. 22. Dinanzi al voltafaccia dell'Einstein maturo che cambia rotta e fa una "inversione a U" sul tracciato epistemologico intrapreso negli *anni memorabili*, Max Born – sbigottito e dispiaciuto per la «tragedia» di aver perso «il nostro capo e portabandiera» – ammette: «Dobbiamo accettare il fatto che anche nella fisica, come in tutte le altre attività umane, le convinzioni fondamentali vengono prima del ragionamento» (M. Born, *Le teorie statistiche di Einstein*, in P.A. Schilpp (ed.), *op. cit.*, p. 68).

[117] P.W. Bridgman, *La logica della fisica moderna*, Torino 1965, pp. 83-84.

[118] M. Mamone Capria, *La crisi delle concezioni ordinarie di spazio e di tempo*, in M. Mamone Capria (ed.), *op. cit.*, p. 347.

[119] R. Descartes, *Regulae ad directionem ingenii*, in *Opere filosofiche*, vol. I, a cura di E. Garin, Roma-Bari 1991, p. 64.

[120] H. Dingle, *Science at the Crossroads*, London 1972, p. 13.

[121] U. Bartocci – R.V. Macrì, *Il linguaggio della matematica*, op. cit., p. 111.

[122] H. Dingle, *op. cit.*, p. 130.

[123] P.J. Nahin, *op. cit.*, p. XV.

[124] F. Selleri, *La causalità impossibile. L'interpretazione realistica della fisica dei quanti*, Milano 1988, p. 45.

[125] P.W. Bridgman, *op. cit.*, p. 52. Ciò viene tradotto all'interno dell'immagine scientifica del mondo come un continuo susseguirsi di teorie rivoluzionarie senza arrivare mai alla verità: una «corsa che non avrà mai fine» (F.A. Levi, *Esplorazione del tempo e dello spazio*, Milano 1981, p. 126), quando invece lo stesso artefice della nuova visione del mondo si affannava per trovare la chiave "definitiva". Ciò fu osservato distintamente da Wolfgang Pauli, il quale a proposito della tenacia e dell'inventiva di Einstein a garantire ogni anno una nuova teoria unitaria scrisse: «È interessante dal punto di vista psicologico che per qualche tempo la teoria corrente sia ritenuta dal suo autore "la soluzione definitiva"» (Cit. in R. Highfield – P. Carter, *Le vite segrete di Albert Einstein*, Padova 1994, p. 190).

[126] Un approfondimento si ha in R.V. Macrì, *Relativismo e pensiero debole: la perdita del fondamento*, «Episteme», n.1, 2000.

Il pericolo di un matematismo sofisticato e "trans-categoriale" alla guida delle teorie scientifiche è estremamente elevato, e, se lasciato a se stesso, rischia di diventare un alieno alla ragione stessa: dovremo allora abituarci a vedere sorpresi e sconcertati gli stessi creatori delle teorie scientifiche quando i razzi di questo "Math-Alieno" travalicano e sconfinano gli universi dell'intuizione, come accadde allo stesso Einstein quando si scontrò con la *precessione di Thomas*[128]. Bisogna recuperare lo *status baconiano* di una matematica al servizio della ragione e non viceversa: quella che l'Einstein non ancora condizionato dalla *spinta minkowskiana*[129] era solito sottostare, come dimostra una frase dello stesso riportata da un suo amico nel 1920: «I'm afraid I'm wrong again. I can't put my theory into words. I can only formulate it mathematically, and that's suspicious»[130]. E nel 1927, in occasione del secondo centenario della morte di Newton, in una lettera al segretario della Royal Society e poi riportata su *Nature* (119) e su *Science* (65) scrive: «È solo nella teoria dei quanti che il metodo differenziale di Newton diviene inadeguato, e infatti viene meno la causalità in senso stretto. Ma non è detta l'ultima parola. Possa lo spirito del metodo di Newton consentirci di riportare l'armonia tra la realtà fisica e ciò che è alla base di tutto il suo insegnamento: la causalità in senso stretto». Auspichiamoci la stessa cosa, anzi recuperiamo con Newton l'essenza stessa della matematica, quando nel 1728 scrisse: «Ma è giusto che le radici delle equazioni debbano essere spesso impossibili [complesse], per timore che esse debbano esibire i casi di problemi che sono impossibili come se fossero possibili»[131].

[127] L'esasperato formalismo matematico che accompagna l'immagine scientifica del mondo nella nostra epoca sembra voler spezzare il nesso storico ed epistemologico tra scienza e filosofia, dimenticando che la prima è figlia della seconda: «La filosofia e la scienza sono assai più intimamente legate che non credano gli scienziati che disprezzano la prima e i filosofi che ignorano la seconda» (A. Garbasso, "Scienza realistica", in *Scienza e poesia* a cura di J. de Blasi, Firenze 1934, p. 220). Bisogna dunque domandarsi perché per una parte considerevole della comunità scientifica l'opera di divulgazione è temeraria e temuta: per la paura legittima di inquinare ciò che è puro (matematico) o non piuttosto per la paura di scoprire in uno stato chimerico quello che si credeva matematicamente compreso? Può la (falsa) matematica ostruire il cammino ad una "umana" (o fisica, o filosofica) comprensione? A sentire lo stesso Einstein il pericolo non è illusorio: «Da quando i matematici hanno invaso la teoria della relatività, io stesso non la capisco più» (A. Sommerfeld, *Per il compleanno di Albert Einstein*, in P.A. Schilpp (ed.), *op. cit.*, p. 54).

[128] Cfr. A. Pais, *"Sottile è il Signore…"*, op. cit., cap.7 (7a.3), pp.158-159.

[129] Scrive Lewis Pyenson nel suo meritevole *The young Einstein: the advent of relativity* (Bristol – Boston 1985, p. 80): «Minkowski thought that by mathematising special relativity he clarified the essential physical features of Einstein's theory. Although Einstein accepted Minkowski's mathematisation as only a technical improvement on his own work, many other physicists and mathematicians attempted to extend Minkowski's formulation of matter and electromagnetism. Few realised that there were major differences between Minkowski's and Einstein's approaches to the principle of relativity». Per quanto riguarda l'influenza dei matematici su Einstein, in particolare della Scuola di Göttingen, oltre al suddetto testo di Pyenson si cfr. anche S. Walter, Minkowski, *Mathematicians and the Mathematical Theory of Relativity*, in H. Goenner et al. (edd.), *The Expanding Worlds of General Relativity*, Birkhäuser 1999.

[130] Cit. in L. Pyenson, *op. cit.*, p. 28.

[131] I. Newton, *Arithmetica universalis*, 2ª ed., 1728, p. 193.