

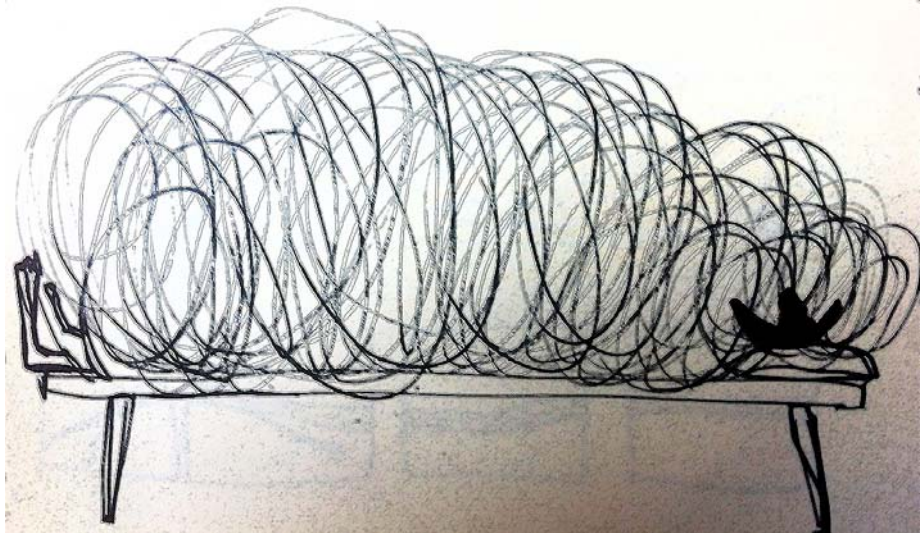
PIETRO GRECO

EINSTEIN E LA SINDROME IONICA.**OLTRE LA RELATIVITÀ GENERALE, LA RICERCA DI UNA TEORIA UNITARIA DI
CAMPO CONTINUO**

1. Zurigo/Berlino (1912-1915-1917)
2. L'ultima Lettera da Princeton
3. La teoria unitaria del campo
4. Don Chisciotte della Einste e i «malvagi» quanti
5. Teoria unitaria del campo: storia di un fallimento?

ABSTRACT: *EINSTEIN AND THE IONIC SYNDROME. SEARCHING FOR A UNIFIED THEORY OF CONTINUUM FIELD BEYOND THE GENERAL RELATIVITY*

In Physics and Reality (1936), Albert Einstein wrote about his General Theory of Relativity: "It is similar to a building, one wing of which is made of fine marble (left part of the equation), but the other wing of which is built of low grade wood (right side of equation)".



Why the author of one of the highest achievement of human thinking was so critical? Two the main metaphysical reasons: the trust in unity of nature; the trust in continuity of nature. So Einstein was in searching for a more general theory to unify its two fundamental forces, gravity and electromagnetism. So Einstein wanted to realize the "Maxwell program" and so to uncover a general theory of continuum field. The left part of the general relativity equation is fine marble because states a continuum field. The right side of equation is low grade wood because states discrete particles that are disturbing Einstein metaphysics.

1. Zurigo/Berlino (1912-1915-1917)

Un giovane professore di fisica, Albert Einstein, torna in Svizzera con la sua famiglia dopo qualche tempo trascorso a Praga. Ha un'idea che gli ronza per la testa. Da almeno cinque anni. È un'idea che considera "la più felice" della sua vita. Ma, per quanti sforzi abbia fatto, da un lustro pieno non riesce a trovare la matematica necessaria per trasformare quella sua felicissima idea in una solida teoria scientifica. Appena giunto in città,

l'Atene sul Limmat come in molti definiscono la vivace Zurigo, Einstein incontra l'amico Marcel Grossmann. Il matematico ungherese che, divenuto rettore dell'Eidgenössische Technische Hochschule a soli 34 anni, lo ha strappato all'università di Praga e lo ha riportato in Svizzera. Einstein sembra disperato. «Aiutami Marcel, sennò divento pazzo!»¹. Marcel Grossmann lo aiuta, mettendolo sulla giusta strada. Sei giorni dopo, il 16 agosto, Albert Einstein è già in grado di scrivere al suo collaboratore, Ludwig Hopf: «Nel caso della gravitazione tutto fila a meraviglia: se non mi sono completamente ingannato, ho scoperto le equazioni più generali»². Tre anni, tre mesi e quindici giorni dopo Albert Einstein può renderle finalmente pubblica quell'equazione più generale del campo gravitazionale che, non senza difficoltà, ha finalmente trovato:

$$R_{\mu\nu} - g_{\mu\nu} (R/2) = -kT_{\mu\nu}$$

È la formula sintetica ed elegante che, probabilmente, esprime la più grande conquista nella storia della fisica teorica e, per dirla con sir Joseph John Thomson, «una delle conquiste più elevate del pensiero umano» di tutti i tempi: la relatività generale»³. È la formula che dopo otto anni di ricerca matta e disperata consente di trasformare in solida scienza l'idea più felice della vita di Albert Einstein. Il 4 marzo 1917 Albert Einstein scrive al matematico tedesco Felix Klein. «Non ho dubbi che verrà il giorno in cui anche quest'ultima descrizione dovrà cedere il passo a un'altra, per ragioni che al momento non sospettiamo neppure. Sono convinto che questo processo di

¹ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, tr. it. Bollati Boringhieri, Torino 1986.

² Cfr. A. Einstein, *Einstein CPEA (Collected Papers of Albert Einstein)*, voll. 1-14, Princeton University Press, Princeton - New Jersey 1987-2014; qui vol. 5, lettera a L. Hopf, 16 agosto 1912.

³ Cfr. W. Isaacson, *Einstein*, tr. it. Mondadori, Milano 2008.

approfondimento della teoria non abbia limiti»⁴. La mia teoria della relatività generale, dice Einstein, è una buona teoria. Ma dovrà essere superata. Il perché lo spiega chiaramente quasi venti anni dopo, nel marzo 1936, in un articolo pubblicato sul *Journal of the Franklin Institute*: l'equazione tensoriale che mette in relazione il campo gravitazionale con la materia «è simile a una costruzione, una parte della quale è fatta di marmo pregiato (primo membro dell'equazione), mentre l'altra è costituita di legno di qualità scadente (secondo membro dell'equazione)»⁵. Il primo membro dell'equazione, costituito da marmo pregiato, è quello che descrive il campo gravitazionale, come curvatura dello spaziotempo.

$$R_{\mu\nu} - g_{\mu\nu} (R/2) = \text{campo gravitazionale} = \text{marmo pregiato}$$

Il secondo membro dell'equazione, il legno scadente, è quello che descrive la materia. È una componente di scarsa qualità perché costituisce, scrive Einstein, «solo un rozzo sostituto di una rappresentazione che dovrebbe corrispondere a tutte le proprietà note della materia stessa»⁶.

$$-kT_{\mu\nu} = \text{materia} = \text{legno scadente}$$

Al tentativo di trasformare in marmo pregiato anche il legno scadente della seconda componente dell'equazione della relatività generale, Albert Einstein dedicherà gli ultimi quarant'anni della sua vita. Perché? Cosa ha portato in dieci anni, tra il 1907 e il 1917, Albert Einstein ad avere l'idea più felice della sua vita, a trasformarla in una delle conquiste più elevate del pensiero umano e a manifestare, subito dopo, tanta insoddisfazione? Questo libro,

⁴ Cfr. A. Einstein, *Einstein CPEA (Collected Papers of Albert Einstein)*, cit., lettera a F. Klein, 4 marzo 1917.

⁵ Cfr. Id., *Physics and Reality*, *Journal of the Franklin Institute*, n. 221, 3, march 1936, pp. 349-382.

⁶ *Ibid.*

nato per raccontare com'è nata la teoria della relatività, finirà per cercare una risposta (provvisoria) a questa domanda. Perché? Semplice: perché è una risposta importante. Non solo per il fatto che non è possibile comprendere la storia della relatività senza comprendere l'insoddisfazione di Einstein per quell'equazione che considera una composizione disomogenea di marmo e di legno. E neppure per il fatto che quell'insoddisfazione appartiene a un fisico che è considerato il più grande di ogni tempo. Ma anche e soprattutto per il fatto che quella sensazione di incompiuto appartiene, ancora oggi, alla gran parte dei fisici teorici. O, almeno, alla gran parte di quei fisici teorici che, come Albert Einstein, sentono la "seduzione ionica". La seduzione ionica è quel fascino irresistibile di cui parla lo storico americano Gerald Holton che promana da un'idea, che, come un virus, i filosofi greci dell'antica Ionia hanno diffuso nella cultura occidentale⁷. Un'idea che ha tre componenti, tutte pregiate. Tutte metafisiche.

1. L'universo in cui ci è dato di vivere è il κόσμος: il cosmo. Ovvero, il tutto armoniosamente ordinato e comprensibile.
2. L'ordine e l'armonia cosmica sono espressione di un'intima unità.
3. L'ordine, l'armonia e l'unità del cosmo possono essere compresi della ragione dell'uomo.

I fisici sensibili alla seduzione ionica sono, di conseguenza, indotti a cercare per tutta la vita l'intima unità della natura e a esprimerla mediante leggi sempre più generali che tendono a confluire in una sola grande e armoniosa teoria. Una teoria del tutto. Albert Einstein non solo sente, ma è addirittura rapito dalla seduzione ionica e spende tutta la sua vita scientifica per cercarla, quella "teoria di tutto quanto". La relatività speciale

⁷ Cfr. G. Holton, *La lezione di Einstein*, tr. it. Feltrinelli, Milano 1997.

e poi la relatività generale sono stati solo due momenti, per quanto luminosissimi, di questa ricerca. Iniziata da giovanissimo, coerentemente condotta nell'arco dell'intera vita e interrotta, senza essere soddisfatta, solo dalla sua morte, sopraggiunta il 18 aprile 1955. La ricerca di Einstein è più che mai attuale. La teoria unitaria che il fisico tedesco ha a lungo cercato ancora non c'è. Cosicché molti sui colleghi, anche ai nostri giorni, avvertono netta la sensazione di Einstein che nella teoria fisica ci sia non solo tanto marmo pregiato, ma anche una quota parte di legno scadente.

2. *L'ultima lettera da Princeton*

Caro Albert,
[...] Vero mi chiedeva oggi se ho la sensazione di aver compreso la teoria unitaria del campo. Io ho risposto di sì, in modo imprudente. [...] Là dove nella teoria della relatività generale si trova un punto materiale, nella teoria unitaria del campo potrebbe esserci una massa elettrica in rotazione o una corrente circolare, che eserciterebbe allora gli effetti di induzione corrispondenti. Non ho ancora trovato una via praticabile per confrontare i risultati della teoria con l'evidenza sperimentale. [...] Perdoni.
Con molto affetto. Tuo Michele⁸.

La lettera con la richiesta di chiarimenti parte da Ginevra il 12 luglio del 1954. Il mittente è un anziano ingegnere di origine italiana. Ha 82 anni. E nutre un'ammirazione vasta e profonda, almeno quanto la consumata amicizia, per il destinatario, che si trova a Princeton, Stati Uniti. È in virtù di questa consuetudine, che si è venuta rafforzando e raffinando nel corso di oltre mezzo secolo, che l'ingegnere Michele Besso chiede conto non solo dei risultati della sua più impegnata ricerca scientifica, ma chiede conto anche dello scopo principale di una parte importante e lunga e sofferta della sua vita al più famoso e al più grande fisico di questo secolo: Albert Einstein. Quanto Michele abbia toccato un (anzi, «il») nervo scoperto dell'amico, lo dimostra il fatto che, esattamente un mese dopo, il 12 agosto il postino di Petit-

⁸ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, tr. it. Guida, Napoli 1995.

Sacconnex può già bussare alla porta di casa Besso per recapitare la risposta. Il vecchio ingegnere apre la busta, legge la missiva, cento fitte righe, e annota: «E.'s langer Brief». La lettera più lunga di Albert Einstein a Michele Besso, spedita da Princeton il 10 agosto del 1954, è anche l'ultima in un epistolario che, come sostiene Giuseppe Gembillo, è «il più completo, articolato e complesso»⁹ nella storia scientifica contemporanea. Michele Besso non è solo il miglior amico di Einstein. Che gli resta, spiritualmente, accanto anche quando Albert lascia la Svizzera prima per Praga, poi per Berlino e infine per Princeton. È il suo confidente scientifico. L'uomo che, come rileva Pierre Speziali, tra il 1903 e il 1905, «con le sue critiche e i suoi suggerimenti», stimola il giovane Albert e lo costringe «a presentare con esattezza l'espressione del proprio pensiero», rendendolo «sempre più severo di fronte a se stesso»¹⁰. Nel 1905 Albert Einstein pubblica finalmente quei tre famosi saggi sull'effetto fotoelettrico e la natura corpuscolare dei *quanti* di luce, sul moto browniano e sulla relatività ristretta che, come dirà Louis de Broglie «sono tre razzi fiammeggianti che nel buio della notte improvvisamente gettano una breve ma potente illuminazione su una immensa regione sconosciuta»¹¹. Sono naturalmente tutta farina, quelle idee, del sacco di Einstein. Ma aiutando l'amico a individuare i giusti obiettivi e calibrare l'esatta rotta di quei tre razzi fiammeggianti, Michele Besso ha reso, come giustamente sostiene Paul Rossier, «un immenso servizio»¹² alla scienza. L'amico Michele Besso non si limita, per il resto della sua vita, a svolgere questa funzione, per così dire, maieutica del pensiero scientifico di Einstein. È, soprattutto nella prima fase del loro rapporto amicale, il

⁹ Cfr. G. Gembillo, *La sfida del Novecento nel carteggio Einstein-Besso*, in *Einstein CPEA*, cit.

¹⁰ Cfr. P. Speziali, *Introduzione a Albert Einstein et Michele Besso: correspondance 1903-1955*, Hermann, Paris 1972.

¹¹ Cfr. R. Clark, *Einstein: the Life and the Times*, Avon, 1984.

¹² Cfr. P. Speziali, *Introduzione a Albert Einstein et Michele Besso: correspondance 1903-1955*, cit.

consigliere culturale che fornisce a Einstein indirizzi precisi e preziosi dove poter allenare il suo genio. Per esempio è Michele che introduce Albert alla scienza e alla filosofia di Ernst Mach. Ed Einstein ammetterà di essere stato fortemente impressionato da quella frequentazione, che ha un'influenza profonda, anche se non del tutto chiara, sul suo lavoro¹³. È, infine, Michele Besso l'amico di penna che per 40 anni, dopo quel 1905, lo segue premuroso sia nelle pene della separazione dalla prima moglie, Mileva, sia nell'amarezza della separazione dalle conseguenze epistemologiche che Einstein ritiene legate allo sviluppo della nuova fisica: la meccanica dei quanti. Una amarezza, lucida e dolorosa, non risolta, che ritorna appunto nell'ultima lettera di Albert Einstein a Michele Besso.

Caro Michele,
 La tua esposizione della teoria della relatività generale ne mette in luce molto bene l'aspetto genetico. E' però anche importante, in un secondo tempo, analizzare l'intera questione da un punto di vista logico-formale. Infatti, fino a quando non si potrà determinare il contenuto empirico della teoria, a causa di difficoltà matematiche momentaneamente insormontabili, la semplicità logica rimane l'unico, anche se naturalmente insufficiente, criterio del valore della teoria. [...] Il fatto che io non sappia se questa teoria [unitaria del campo, *nda*] sia vera dal punto di vista fisico dipende unicamente dalla circostanza che non si riesce ad affermare qualcosa sull'esistenza e sulla costruzione di soluzioni in ogni punto esenti da singolarità di simili sistemi non lineari di equazioni.
 [...] Io considero però assolutamente possibile che la fisica possa non essere fondata sul concetto di campo, cioè su una struttura continua. Allora, di tutto il mio castello in aria, compresa la teoria della gravitazione, ma anche di tutta la fisica contemporanea, non resterebbe praticamente niente.
 Cordiali saluti
 tuo A. E.¹⁴

Ancora una volta, l'ultima, Michele Besso ha costretto Albert Einstein a essere «severo di fronte a se stesso»¹⁵, ma anche «a presentare con esattezza l'espressione del proprio pensiero»¹⁶. Ancora una volta Einstein non lo delude. Il fisico registra, con palpabile delusione ma implacabile lucidità, le «difficoltà

¹³ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, cit.

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ *Ibid.*

¹⁶ *Ibid.*

matematiche insormontabili»¹⁷ che incontra la sua teoria unitaria del campo. Riconosce che la teoria risponde a una (sua personale) esigenza logica, ma che non è (ancora) una teoria *vera* dal punto di vista fisico. E questo non è poco per chi, essendo il più noto fisico vivente, alla ricerca di una *vera* teoria unitaria del campo ha dedicato ben oltre trent'anni di lavoro, sfidando la solitudine e l'isolamento scientifici. E non temendo la sconfitta. Tuttavia, dopo oltre trent'anni di sforzi sempre più solitari, Einstein non ha affatto perso le speranze che quelle difficoltà matematiche in cui si imbatte, quelle singularità in cui si ingolfano i suoi sistemi non lineari di equazioni, risultino solo «momentaneamente insormontabili»¹⁸ e che, prima o poi, sarà dimostrata la *verità* di una teoria fondata sul concetto di campo continuo in grado di unificare gravità ed elettromagnetismo, senza la quale «di tutto il mio castello in aria, compresa la teoria della gravitazione, ma anche di tutta la fisica contemporanea, non resterebbe praticamente *niente*»¹⁹. Abraham Pais, forse il massimo tra i suoi tanti biografi, ha definito *ottocentesca* la visione che Einstein ha della fisica nei suoi ultimi trenta o quarant'anni di vita²⁰. E, probabilmente, definirebbe *ottocentesco* lo spirito ironico e amaro dell'ultima lettera, una sorta di compendio e insieme di testamento scientifico, che invia a Michele Besso. D'altronde Abraham Pais non è solo. Una parte notevole dei fisici contemporanei stenta a capire i motivi che, subito dopo il 1916 e i successi della teoria della relatività generale e ancora a pochi mesi dalla sua morte, spingono Einstein a impegnarsi in una battaglia pressoché solitaria per *completare* il quadro concettuale di quella nuova fisica, la meccanica quantica, che ai più appare ormai completo e definitivo già alla fine degli anni '20. O che, quanto meno, offre ai fisici, in cambio della "semplice" rimozione

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ *Ibid.*

¹⁹ *Ibid.*

²⁰ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

del concetto di causalità rigorosa, uno strumento con una capacità predittiva senza pari degli eventi che accadono nel mondo a livello microscopico. L'impegno del nostro, modesto, intervento sarà quello di cercare di ricordare come nella sua ultima lettera a Michele Besso, così come nei suoi ultimi trenta o quarant'anni di vita, Albert Einstein, lungi dall'evocare uno spirito *ottocentesco*, dia un (ulteriore) saggio di straordinaria modernità. Non perché dimostri di avere ragione nel merito e ci fornisca una *vera* teoria unitaria del campo o la rifondazione causale della meccanica dei quanti. Ma perché dimostra di avere ragione nel metodo e ci fornisce la motivazione più forte che spinge (dovrebbe spingere) lo scienziato verso quello che Giuseppe Gembillo ha definito la ricerca razionale della meta²¹.

3. La teoria unitaria del campo

«Più di qualunque altra cosa, fu la scienza la vita di Einstein»²², sostiene Abraham Pais nella prefazione al suo *Sottile è il Signore ...*. E se mi è lecito ricorrere a un'espropriazione di immagine proporrei lo schema elaborato proprio dal Pais per descrivere come «la grandezza di Einstein, la sua visione del mondo, la sua umana fragilità»²³ convergano nella ricerca che ha impegnato da sola la gran parte della sua vita. La teoria unitaria dei campi è, infatti, al centro del pensiero scientifico di Einstein e, almeno dal 1916, anno in cui porta a termine e rende pubblica l'*intuizione* della teoria della relatività generale, è il fine di tutte le sue attività scientifiche. Questa teoria lo prende e quasi lo ossessiona. È il tema dell'ultima lettera a Michele Besso. È il tema dell'ultimo studio effettuato dando uno sguardo alle sue carte, la domenica 17 del mese di aprile del 1955, poche ore prima di morire, all'alba del lunedì successivo.

²¹ Cfr. G. Gembillo, *La sfida del Novecento nel carteggio Einstein-Besso*, in *Einstein CPEA*, cit.

²² Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

²³ *Ibid.*

Ed è il tema di cui parla in una lettera a Felix Klein già nel 1917. Ha appena completato di formalizzare l'*intuizione* della relatività generale, che già ne riconosce l'*incompletezza*. Proprio come la teoria di Newton è stata completata dalla relatività generale, così: «...non ho dubbi - scrive a Felix Klein - che verrà il giorno in cui anche quest'ultima descrizione dovrà cedere il passo a un'altra, per ragioni che al momento non sospettiamo neppure. Sono convinto che questo processo di approfondimento della teoria non abbia limiti»²⁴. L'esercizio di umiltà di Einstein non è solo un utile ammonimento per chi oggi va annunciando la fine prossima ventura della fisica, ma è anche una delle motivazioni che spinge l'uomo che ha *intuito* la relatività a ricercare una teoria in grado di unificare le due forze fondamentali della natura allora conosciute: la gravità e l'elettromagnetismo. Negli anni immediatamente successivi al 1916, il programma di ricerca di una teoria unitaria del campo che dia una rappresentazione completa della realtà fisica non è la scelta un po' strana di un fisico che fino ad allora non ha sbagliato un colpo. E non è neppure la scelta un po' snobistica di uno scienziato ormai appagato dai risultati, straordinari, che ha raggiunto. La ricerca della teoria unitaria di campo è un passaggio obbligato per Albert Einstein. Sia da un punto di vista strettamente fisico²⁵, che da un punto di vista culturale più ampio²⁶. Dal punto di vista del fisico teorico, dopo il 1916 la teoria unitaria del campo è un progetto ovvio. Il progetto di ricerca più naturale. Un passaggio obbligato, appunto. Ed è ovvio e naturale persino che questa ricerca miri a trovare, come cercherà di fare Einstein, la teoria che unifichi il campo gravitazionale e il campo elettromagnetico. È il quadro delle conoscenze che lo impone. Negli anni dopo il 1916 e per quasi tutti gli anni '20,

²⁴ Cfr. A. Einstein, *Einstein CPEA (Collected Papers of Albert Einstein)*, cit.

²⁵ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

²⁶ Cfr. G. Holton, *Le responsabilità della scienza*, tr. it. Laterza, Roma-Bari 1993.

infatti, si pensa che tutta la materia sia costituita da due sole particelle fondamentali: il protone, con carica elettrica unitaria positiva (+e), e l'elettrone, con carica elettrica unitaria negativa (-e). E si pensa anche che il moto e la struttura della materia siano regolati da due sole forze fondamentali: la gravità e l'elettromagnetismo. Anche le forze a livello atomico, sia quelle periferiche che governano le interazioni tra elettroni e nucleo, sia quelle che governano le particelle all'interno del nucleo, sono concepite come forze elettriche. Nel 1919, è vero, nascono i primi dubbi sulla natura tutta elettrica delle interazioni nucleari. E nel 1921 James Chadwick mostra che la legge secondo cui l'intensità del campo e, quindi, della forza varia come $1/r^2$ non vale più alle piccole distanze nucleari e propone: «È nostro compito trovare qualche campo di forza che spieghi questi effetti [...] Gli esperimenti attuali [...] mostrano che *le forze sono di un'intensità molto grande*»²⁷. Si inizia a capire che le forze nucleari non sono spiegabili sulla base delle semplici interazioni elettromagnetiche. Ma solo nel 1929 sarà scoperto il neutrino. E solo nel 1932 sarà scoperto il neutrone. E, di conseguenza, saranno scoperte le altre due forze fondamentali oggi conosciute: l'interazione debole e l'interazione forte. All'inizio del tentativo di unificazione delle forze fondamentali della natura, operato da Einstein, e fino alla fine degli anni '20, dunque, ci sono solo elettromagnetismo e gravità. Ed è gioco forza, come rileva Paolo Budinich²⁸, che quando il fisico Albert Einstein e, insieme a lui il matematico Hermann Weyl, il matematico esperto di linguistica Theodor Kaluza e il matematico Oskar Klein, tra il 1918 e il 1920, iniziano a studiare l'unificazione delle forze fondamentali della natura, pensino a unificare esclusivamente gravità ed elettromagnetismo. Entrambe

²⁷ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

²⁸ Cfr. P. Budinich, *Einstein e l'unificazione delle forze: storia di un fallimento*, in U. Curi (a cura di), *L'opera di Einstein*, tr. it. Corbo Editore, Ferrara 1989.

quelle interazioni fondamentali sono descritte da un completo, semplice ed elegante set di equazioni matematiche: l'interazione gravitazionale dalle equazioni di Einstein; l'interazione elettromagnetica dalle equazioni di Maxwell. Vero è che la separazione tra gravità ed elettromagnetismo «non solleva conflitti o paradossi»²⁹. Ma è anche vero che nessuno dei due set di equazioni riesce a descrivere l'intera realtà fisica. In questa situazione è naturale che Einstein, dopo aver formalizzato l'intuizione della relatività generale e dopo aver dato una descrizione completa dell'interazione gravitazionale, pensi al passo immediatamente successivo: quello di intuire e, poi, formalizzare una teoria unitaria che unifichi le due interazioni e descriva l'intera realtà fisica. «Esistono due strutture dello spazio indipendenti l'una dall'altra, quella metrico-gravitazionale e quella elettromagnetica»³⁰, scrive nel 1934. «Noi siamo indotti a credere che ambedue i tipi di campo devono corrispondere a una struttura unificata dello spazio»³¹. Einstein, d'altra parte, è sempre stato molto colpito dalla straordinaria unificazione tra elettricità, magnetismo e radiazione luminosa operata da Maxwell nel 1878. Un'opera che egli considera la più profonda trasformazione dei fondamenti della fisica fin dai tempi di Newton. Ma la ricerca della teoria unitaria di campo non è passaggio obbligato solo per il fisico. È un'esigenza, ineludibile, anche per il filosofo. Albert Einstein, infatti, è profondamente convinto dell'unità del reale. L'universo, in tutte le sue manifestazioni, dalle semplici alle più complesse, è regolato da poche leggi elementari, universali ed eterne. E il compito, almeno quello a lungo termine, della scienza è (la tensione verso) quella che Gerald Holton chiama: «l'unificazione finale di ogni conoscenza esatta»³². In linea di principio, da

²⁹ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

³⁰ Cfr. A. Einstein, *Ideas and Opinions*, Crown Publishers, New York 1954.

³¹ *Ibid.*

³² Cfr. G. Holton, *Le responsabilità della scienza*, cit.

poche leggi generali, scrive Einstein: «dovrebbe essere possibile ottenere per pura deduzione la descrizione, cioè la teoria, di ogni processo naturale, incluso quello della vita»³³. L'idea di Einstein è meno ingenua e, forse, meno riduzionista di quanto possa apparire a prima vista. In primo luogo egli sa che l'obiettivo dell'unificazione finale di quella che oggi chiameremmo una definitiva *Teoria del Tutto*, articolata in una serie senza fine di unificazioni parziali e di scoperte di leggi via via più elementari, non sarà mai conseguito. Compito della scienza è *tendere verso* più che *raggiungere* questo obiettivo. In secondo luogo Einstein è convinto che questa doverosa tensione della scienza non porta affatto a un progresso certo e irresistibile conquistato con sistematica e deterministica metodicità dal pensiero razionale. Il progresso può essere molto contorto. Vi possono essere ampie stasi, lunghi giri e persino passi indietro. Infatti: «non c'è nessun percorso logico che porti alle leggi elementari, c'è l'intuizione»³⁴. La ricerca della teoria unitaria del campo è, dunque, una parte, e una parte irrinunciabile, di una visione generale del mondo, di una coerente visione metafisica, di una *tensione* che indirizza sempre, fin dall'inizio, il pensiero di Einstein. Incluso il pensiero (e l'attività) del fisico.

4. Don Chisciotte della Einsta e i «malvagi» quanti

Ma non sono solo la *naturale* prospettiva di lavoro in fisica teorica e la generale visione del mondo a indirizzare, dopo il 1916, Albert Einstein verso la ricerca della teoria unitaria del campo. C'è qualcosa d'altro. Qualcosa, forse, di ancora più forte. Qualcosa di radicale che sembra cambiare profondamente il modo di fare ricerca di Einstein. Tanto che Abraham Pais rileva

³³ Cfr. A. Einstein, *Ideas and Opinions*, Crown Publishers, New York 1954.

³⁴ *Ibid.*

addirittura una «diminuzione spontanea della tensione creativa»³⁵ che si verifica (si sarebbe verificata) in Einstein dopo il 1916 e che accompagna il fisico tedesco fino alla morte. Ad Abraham Pais, per la verità, appare del tutto inspiegabile questa «diminuzione spontanea della tensione creativa»³⁶. Se non attraverso la constatazione che, dopo il 1916, l'equilibrio tra il *critico* e il *visionario* (leggi, rispettivamente, il *fisico* e il *filosofo*) che convivono in Einstein si rompe e il *visionario* ha, infine, la netta prevalenza sul *critico*. Ma, forse, Abraham Pais incorre in un errore quando rileva una vera e propria frattura nel pensiero e nell'attività scientifica di Einstein (che sarebbe) avvenuta a partire dal 1917. Certo, a partire dal 1917 i successi scientifici di Einstein diminuiscono. Il fisico non ottiene più nulla di paragonabile alla teoria della relatività generale che ha elaborato nel 1916 o ai tre razzi fiammeggianti del 1905. Anche se la statistica cosiddetta di *Bose-Einstein*, che il fisico contribuisce a elaborare nel 1926, è tuttora pienamente valida. E anche se il cosiddetto *paradosso Einstein-Podolsky-Rosen*, proposto nel 1935, ha indirizzato per gli ottant'anni successivi la ricerca sui fondamenti della meccanica quantistica. In fondo, come ha osservato John Stachel, il curatore delle sue *Collected Papers*: se si domandasse agli scienziati qual è il maggior fisico di questo secolo, essi dovrebbero rispondere che è Einstein, per la sua teoria della relatività; ma se si domandasse loro chi lo segue in graduatoria, essi dovrebbero rispondere ancora una volta Einstein: per tutti i contributi diversi e successivi alla relatività³⁷. In ogni caso è certo che, a partire dal 1917, la fisica sembra non assorbire più totalmente Einstein. Ma tutto questo non avviene perché, come sostiene Pais, il *visionario* si imponga e faccia perdere al *critico* la sua tensione creativa. Quanto, al contrario,

³⁵ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

³⁶ *Ibid.*

³⁷ Cfr. J. Stachel, «*Quale canzone cantarono le sirene*». Come scoprì Einstein la teoria speciale della relatività, in U. Curi (a cura di), *L'opera di Einstein*, cit.

perché il fisico, come sostiene Eugenio Garin, si lascia lucidamente assorbire da «questioni più radicali, esigenze di conoscenze "più profonde"»³⁸. Questioni filosofiche. Le conoscenze che stanno maturando e che Einstein sente di dover "approfondire", perché cariche di radicali conseguenze filosofiche, sono quelle di cui Michele Besso ha immediata percezione, già nel 1917, quando si accorge, prima di ogni altro e con una punta di ironia, che "don Chisciotte della Einsta" sta per ingaggiare la sua solitaria battaglia contro i «malvagi quanti»³⁹. Albert Einstein è, infatti, il primo a comprendere che la scoperta del *quanto d'azione* da parte di Max Planck presuppone l'intima *discontinuità* dei processi fisici reali. Ed è il primo ad accorgersi, mentre la Grande Guerra sconvolge l'Europa, che questa discontinuità sconvolge non solo la «sua immagine del mondo ancora fondata sul principio di causa»⁴⁰, ma addirittura la concezione stessa della fisica come descrizione «oggettiva» della realtà esterna. Non è dunque che Einstein si distrae dalla fisica perché il *visionario* prevale sul *critico* e si lascia sedurre dalla filosofia. Ma, al contrario, Einstein si accorge che gli sviluppi della fisica si vanno rivelando sempre più carichi di implicazioni filosofiche. Implicazioni che, semplicemente, non è possibile ignorare e con cui bisogna fare i conti. Come scrive, esplicitamente, nel 1936:

Spesso si è detto, e certamente non senza una giustificazione, che l'uomo di scienza è un filosofo mediocre. Non sarebbe allora meglio che i fisici lasciassero ai filosofi il filosofare? Questa invero potrebbe essere la cosa migliore in un'epoca in cui il fisico credesse di avere a propria disposizione un solido sistema di concetti e leggi basilari così ben fondate da essere inaccessibili al dubbio; ma non può essere la cosa migliore in un'epoca in cui, come in quella attuale, gli stessi fondamenti della fisica sono diventati problematici. In un'epoca come la presente, in cui l'esperienza ci obbliga a cercare un nuovo più solido fondamento, il fisico non può semplicemente lasciare al filosofo la considerazione critica dei fondamenti teorici; è lui infatti che sa meglio e sente più nettamente dov'è che la scarpa fa male. Nel cercare un nuovo fondamento, egli

³⁸ Cfr. E. Garin, *Einstein filosofo*, in E. Garin e L. Radicati di Brozolo, *Considerazioni su Einstein*, Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, Napoli 1989.

³⁹ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, cit.

⁴⁰ *Ibid.*

deve sforzarsi di chiarire a se stesso fino a che punto i concetti che egli usa sono fondati e costituiscono qualcosa di insostituibile⁴¹.

Quella che fa male, molto male, a Einstein è la scarpa quantistica. La partita che si va aprendo con la nuova fisica dei quanti, infatti, ha una portata enorme: la *comprensibilità* e la *unità logica* della *realtà esterna*. E lui non vuole perderla, quella partita. Non senza combattere, almeno. E per quarant'anni, dal 1917 al 1955, la combatte, la sua battaglia *realista*, su due fronti. Nessuno dei quali è puramente filosofico. Anche se, su entrambi i fronti, i capisaldi sono *pregiudizi metafisici*, le sue due battaglie Einstein cerca di combatterle solo ed esclusivamente con le armi proprie della fisica. Sul primo fronte, quello dalla *causalità* gioca, per così dire, in difesa: nel tentativo di dimostrare, «per via furiosamente speculativa»⁴², che «Dio non gioca a dadi col mondo»⁴³, e che la nuova meccanica dei quanti, «malgrado tutti i suoi successi pratici»⁴⁴, lungi dall'essere la prova definitiva della «non validità della legge di causalità»⁴⁵, come a partire dal 1926 va sostenendo Werner Heisenberg, è solo «una via transitoria»⁴⁶ ed errata verso «una teoria della materia davvero soddisfacente»⁴⁷. Sull'altro fronte aperto contro i *malvagi quanti*, quello della *discontinuità* gioca, invece, all'attacco. E cerca di vincerla attraverso l'*intuizione* e la formalizzazione di un'organica teoria di «campo continuo». Una teoria che gli appare assolutamente *necessaria*, per due motivi. È convinto che la meccanica quantistica rappresenti un caso limite, per quanto di straordinario successo, di una nuova teoria più generale e più profonda tutta da scoprire. Proprio come la meccanica classica di Newton, sostiene nella famosa *Herbert*

⁴¹ Cfr. A. Einstein, *Pensieri degli anni difficili*, tr. it. Boringhieri, Torino 1990.

⁴² Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

⁴³ *Ibid.*

⁴⁴ *Ibid.*

⁴⁵ *Ibid.*

⁴⁶ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, cit.

⁴⁷ *Ibid.*

Spencer Lecture tenuta a Oxford nel 1933, è stata per due secoli una teoria limite, dal prodigioso successo pratico, di quella teoria più profonda ma non ancora scoperta: la relatività generale. Einstein, come rileva Abraham Pais, è altresì convinto che non è possibile trovare la nuova teoria fondamentale, come dire, riformando la meccanica quantistica.

La nuova teoria fondamentale deve essere costruita dal principio: *partendo da zero*⁴⁸. Questa teoria fondamentale da costruire *ex novo* può e deve essere, è la conclusione di Einstein, una teoria unitaria classica del campo gravitazionale e del campo elettromagnetico. Da cui le leggi quantistiche emergano come condizioni imposte dalla teoria stessa.

Einstein comincia, dunque, a pensare, in perfetta solitudine, che la teoria unitaria di campo consentirà non solo e non tanto una comprensione più profonda dello spaziotempo e della costituzione della materia. Ma anche e soprattutto una comprensione più profonda dei postulati della meccanica quantistica e del rapporto tra *micro* e *macro*. Come, infatti, nota ancora Abraham Pais: «All'inizio degli anni venti, la struttura del nucleo era un problema interessante ma secondario, e l'unificazione delle forze una questione minore. I fenomeni quantistici costituivano la sfida cruciale. Einstein era perfettamente conscio di ciò quando, all'età di quarant'anni, iniziò la ricerca dell'unificazione»⁴⁹.

Albert Einstein sa fin dall'inizio che è e resterà solo in questa impresa, incomprensibile ai più.

Sono diventato agli occhi dei miei colleghi una sorta di eretico testardo

si lamenta nel 1949 con l'amico Besso⁵⁰. Ma né la grandiosità dell'impresa, né la solitudine in cui si ritrova, ancora una volta, lo spaventano.

⁴⁸ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

⁴⁹ *Ibid.*

⁵⁰ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, cit.

5. *Teoria unitaria del campo: storia di un fallimento?*

Quella che cerca Einstein con tanta passione e, verrebbe da dire, con tanto coraggio, non è, in realtà, una teoria unitaria dei campi *qualsiasi*. Non gli basta, infatti, unificare gravità ed elettromagnetismo. Non gli basta trovare soluzioni soddisfacenti di tipo particella. Non gli basta neppure una conciliazione quale che sia tra la relatività generale e la meccanica quantistica. Tappe che avrebbero reso felice, allora come oggi, ogni altro fisico. Lui ha in mente qualcosa di più. Lui ha in mente una teoria unitaria *ideale*. Anzi, come la chiama Abraham Pais, una teoria *totale*⁵¹. Rigorosamente *causale*. Da cui le particelle della fisica e tutti i postulati quantistici emergono come soluzioni particolari delle equazioni generali del campo. La storia della ricerca di questa teoria *totale* è nota. A partire dal 1920 e, praticamente, fino al giorno della sua morte Albert Einstein cerca di elaborare una teoria unitaria di campo utilizzando e abbandonando, di volta in volta, due diversi metodi matematici: «come un viaggiatore che è spesso costretto a fare molti cambiamenti di mezzo di trasporto onde arrivare alla meta, meta che non raggiungerà mai»⁵². Il primo metodo è da attribuire a Theodor Kaluza e Oskar Klein che, riprendendo un tentativo di Hermann Weyl, sviluppano, tra il 1921 e il 1926, una teoria in cui lo spaziotempo è la sezione di un «universo cilindrico a cinque dimensioni»⁵³. Nella teoria di Kaluza-Klein la quinta dimensione è proporzionale alla carica elettrica dell'elettrone, è chiusa e conferisce al cilindro un raggio, davvero infinitesimo, di appena 10^{-30} cm. Per questa ragione, propongono i due matematici, la quinta dimensione non risulta fisicamente osservabile. La teoria, come rileva Paolo Budinich⁵⁴, si propone di elaborare un'unica equazione matematica da cui sia possibile derivare non

⁵¹ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

⁵² *Ibid.*

⁵³ Cfr. A. Einstein, *Einstein CPEA*, cit.

⁵⁴ Cfr. P. Budinich, *Einstein e l'unificazione delle forze: storia di un fallimento*, cit.

solo le equazioni del campo gravitazionale di Einstein e le equazioni del campo elettromagnetico di Maxwell, ma anche la quantizzazione della carica elettrica. Einstein considera poco convincente sul piano fisico, addirittura innaturale, questo modello a cinque dimensioni. Tuttavia lo utilizza a più riprese, prima di abbandonarlo definitivamente nel 1947. La seconda strada seguita da Einstein è una generalizzazione della geometria di Riemann che adotta come concetti fondamentali quelli di connessione e di torsione, introdotti da Hermann Weyl, da Tullio Levi-Civita, da Jan Schouten e, soprattutto, da Elie Cartan, che determina un modo per connettere le proprietà differenziali di enti geometrici, come vettori o tensori, tra un punto e l'altro di spazi curvi. In altri termini Einstein si chiede se l'elettromagnetismo non possa essere considerato, come la gravità, una proprietà *geometrica* dello spaziotempo⁵⁵. Non ci addentriamo nei particolari. Diciamo solo che i due approcci matematici non sono concettualmente equivalenti. Eppure Einstein li adotta entrambi. Con un certo opportunismo. Ma forse senza convinzione. D'altra parte lui non è affatto sicuro che attraverso i formalismi matematici si possa giungere alla *meta*. Come scrive a Felix Klein: «Mi sembra proprio che Lei stimi di gran lunga troppo il valore dei punti di vista formali. Questi possono essere preziosi quando una verità *che è già stata trovata* [il corsivo è di Einstein] necessita di una formulazione definitiva, ma falliscono quasi sempre come strumenti euristici»⁵⁶. La sua speranza non è tanto quella che si possa giungere per via formale, attraverso uno dei due approcci matematici, alla teoria unitaria di campo, quanto quella che lo studio dei formalismi gli consentano di ispirare in qualche modo quella sua invidiabile e invidiata capacità di intuire la realtà fisica che lo ha portato a elaborare le teorie

⁵⁵ Cfr. A. Salam, *L'unificazione delle forze fondamentali*, tr. it. Rizzoli, Milano 1990.

⁵⁶ Cfr. A. Einstein, *Einstein CPEA*, cit.

della relatività. «Credo che per compiere autentici progressi»⁵⁷, scrive infatti a Hermann Weyl nel 1922, dopo aver pubblicato insieme a Jakob Grommer il suo primo articolo sulla teoria unitaria del campo, «si debba di nuovo carpire alla natura qualche principio generale»⁵⁸. L'uno o l'altro dei due mezzi di trasporto vanno egualmente bene se avvicinano alla meta. L'uno o l'altro dei due approcci matematici vanno egualmente bene se servono per risvegliare l'*intuizione* e carpire alla natura qualche principio generale. Nel corso della sua quarantennale ricerca, Einstein resta sempre saldamente fermo nell'intenzione di unificare *esclusivamente* gravità ed elettromagnetismo e di giungere per questa via a una teoria della materia davvero soddisfacente. Ciò anche dopo la nascita della meccanica quantistica e della teoria quantistica relativistica dei campi introdotta da Paul Dirac. Alcuni vedono un errore in questa presa di posizione di Einstein: Dirac ha ottenuto uno straordinario risultato che permette di prevedere l'esistenza di un nuovo tipo di materia mai prima immaginato. In realtà l'approccio di Einstein può essere discutibile, ma è decisamente coerente. Einstein considera infatti la relatività una teoria di principio, ancorché incompleta. Mentre considera la meccanica quantistica una teoria fenomenologica e provvisoria. Per questo non abbastanza solida (si potrebbe dire non abbastanza degna), da consentire generalizzazioni relativistiche. «La teoria quantistica dei campi, poi, lo [fa] inorridire»⁵⁹. Semplicemente non crede ad alcuna delle conseguenze di questo approccio che concilia la meccanica quantistica solo con la relatività ristretta e non con la relatività generale. E in un modo, peraltro, che egli giudica incompleto e insoddisfacente. Nel 1925 Einstein elabora la sua prima teoria unitaria del campo in modo autonomo. E già crede di essere giunto alla meta. «Dopo una ricerca incessante nel corso degli ultimi due anni, ora credo di

⁵⁷ *Ibid.*

⁵⁸ *Ibid.*

⁵⁹ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

aver trovato la giusta soluzione»⁶⁰, scrive nell'introduzione all'articolo. Ma è costretto rapidamente a ricredersi⁶¹. In realtà i suoi tentativi non produrranno mai alcun risultato significativo dal punto di vista fisico. Anche se, ammette Pais, «... rimane da vedere se i suoi metodi avranno qualche interesse per la fisica teorica del futuro»⁶². Il problema sollevato da Einstein resta, infatti, ancora oggi aperto. E c'è chi non esclude che le lunghe e solitarie ricerche di Einstein possano sortire in futuro effetti concreti⁶³. D'altra parte lo stesso Einstein, non uso a facili vanterie, dirà una volta a tavola, tra lo scorato e il profetico: i fisici mi capiranno solo tra un secolo⁶⁴. La ricerca della teoria unitaria del campo è costellata di tentativi, rovelli, entusiasmi, frustrazioni. Di tutto questo Albert Einstein rende partecipe con discreta regolarità il suo confidente scientifico e filosofico, Michele Besso. Spesso lo rassicura, annunciando di essere quasi giunto alla meta. Altre volte lo deprime, annunciando l'inermità dei suoi sforzi. Sforzi che si protraggono per quasi quarant'anni senza sortire alcuno dei successi sperati. Questa è, per sommi capi, la storia della ricerca einsteiniana di una teoria unitaria di campo. Ma è la storia di un fallimento? Beh, se si guarda alle aspettative immediate e si valutano i risultati, bisogna dire di sì. La ricerca è fallita. Einstein non trova la sua teoria *totale*. Non unifica gravità ed elettromagnetismo. Né rifonda la meccanica dei quanti. La causalità rigorosa non si ricompone, e la microfisica conserva la sua natura non deterministica. Le forze ritenute fondamentali, che intanto sono diventate quattro, continuano a sfuggire a ogni tentativo di completa unificazione. Quasi che la realtà volesse sottrarsi a quella "comprensibilità" e a quella "unità logica" con cui il

⁶⁰ Lettera citata in A. Pais, *ibid.*

⁶¹ *Ibid.*

⁶² *Ibid.*

⁶³ Cfr. P. Budinich, *Einstein e l'unificazione delle forze: storia di un fallimento*, cit.

⁶⁴ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

fisico tedesco cerca di afferrarla. Albert Einstein è pienamente consapevole del proprio insuccesso. In quell'ultima lettera a Michele Besso che giunge a Petit-Saconnex poco prima che la morte, in rapida successione, colga entrambi, ammette il suo totale fallimento. E la sua profonda amarezza: «considero assolutamente possibile che la fisica possa non essere fondata sul concetto di campo, cioè su una struttura continua». Ma non è pentito di quella sua quarantennale battaglia. Certo la sconfitta ha la forma di «insormontabili difficoltà matematiche». Ma non può essere che provvisoria, perché in caso contrario: «di tutto il mio castello in aria, compresa la teoria della gravitazione, ma anche di tutta la fisica contemporanea, non resterebbe praticamente "nulla"»⁶⁵. Forse la fisica non sarà mai più fondata sul concetto di «campo continuo». Forse le insormontabili difficoltà matematiche in cui si imbatte Einstein rappresentano una sconfitta davvero definitiva. Ma la ricerca di una teoria unitaria del campo non è un fallimento. Tantomeno il fallimento di un *visionario*. Se, infatti, proviamo ad andare oltre le aspettative immediate, allora bisogna convenire che Einstein ha ancora qualcosa da insegnarci. La battaglia ingaggiata da «don Chisciotte della Einsta» è stata titanica. E, anche se l'ha perduta, non si è rivelata meno importante di quella ingaggiata dal fisico quando, a inizio secolo, ha rivoluzionato la meccanica classica. Certo la sua idea di causalità rigorosa potrà apparire «ottocentesca» (anche se è molto più profonda di quanto non colgano alcuni sui critici). Ma il suo metodo di ricerca è quanto di più moderno ci sia. Per molte ragioni. Alcune sono squisitamente fisiche. Albert Einstein già all'indomani del 1916 pensa, con straordinario tempismo e in splendida solitudine, che l'unificazione delle forze fondamentali della natura e la ricerca di una teoria unitaria in grado di descrivere la realtà sia a livello macroscopico che microscopico fossero i principali problemi irrisolti e i primi obiettivi da

⁶⁵ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, cit.

raggiungere della fisica. Ebbene, quei problemi irrisolti e quegli obiettivi da raggiungere sono ancora oggi le massime priorità della fisica. Certo, Paul Dirac, concedendo poco all'intuizione e seguendo strade squisitamente formali, già negli anni '30 elabora una teoria quantistica relativistica dell'elettrone (del campo elettronico) che è stata in grado di fornire una descrizione fisica accurata dell'atomo e di effettuare previsioni clamorosamente confermate dall'evidenza sperimentale: come la scoperta dell'antimateria. Nel dopoguerra hanno grande successo anche l'elaborazione di una teoria quantistica relativistica del campo elettromagnetico, nota come *Elettrodinamica quantistica* (QED), e di una teoria quantistica relativistica delle interazioni nucleari, nota come *Cromodinamica quantistica* (QCD). Il pakistano Abdus Salam, con Stephen Weinberg e Sheldon Glashow sono riusciti nell'opera di unificare due forze fondamentali della natura, l'elettromagnetismo e l'interazione debole, elaborando la *teoria delle forze elettrodeboli*. Oggi abbiamo il *Modello Standard delle Alte Energie*, la cui conferma definitiva è avvenuta con il rilevamento del "bosone di Higgs" nel 2012. Tutte queste teorie consentono, ricorrendo a una serie di artifici matematici, di fare previsioni molto accurate ed estremamente precise. Ma nessuna riesce a riconciliare la meccanica quantistica con la relatività generale. Men che meno a fornire un quadro *completo* della realtà fisica elementare. Ma né la QED, né la QCD, né il Modello Standard e neppure l'unificazione di Salam-Weinberg-Glashow accontenterebbero in qualche modo Einstein. Così come non hanno accontentato Paul Dirac: «Oggi la maggior parte dei fisici teorici sembrano soddisfatti di questa situazione. Io credo invece che, con tali sviluppi, la fisica abbia imboccato una via sbagliata e che non si dovrebbe esserne soddisfatti»⁶⁶. Infatti, scrive Paolo Budinich: «La teoria elettrodebole è senza dubbio un primo passo

⁶⁶ Cfr. P. Dirac, *Metodi in fisica teorica*, Conferenza all'ICTP di Trieste, 1968.

sulla strada della unificazione ma non è una vera teoria; è solo un modello piuttosto innaturale e *ad hoc* che descrive bene i fenomeni ma certo nasconde meccanismi fondamentali elementari che ancora non comprendiamo»⁶⁷. Sembra avviata verso lo stesso successo anche la teoria, o per dirla con Budinich, il modello di unificazione tra l'interazione elettrodebole e l'interazione forte. Ma si tratta, appunto, di successi parziali, con grossi problemi di fondo e di cui «non si dovrebbe essere soddisfatti»⁶⁸. Che in ogni caso escludono la gravità. La quale, peraltro, sembra voler sfuggire a qualsiasi ipotesi di unificazione. In definitiva, si può discutere se la sua teoria unitaria del campo continuo sia il mezzo migliore per attuarlo, ma il programma elaborato da Albert Einstein settant'anni fa e perseguito in quasi perfetta solitudine per quarant'anni, è più che mai attuale. Scrive ancora Paolo Budinich: «Oggi, specialmente in Europa, molti pensano, come a suo tempo Einstein, che una teoria unificata deve pur esistere e che prima o poi qualcuno mostrerà la via per scoprirla»⁶⁹. Un discorso, almeno in parte, analogo merita la ricerca dei fondamenti della meccanica quantistica. Certo Einstein sbagliava a pensare che la meccanica quantistica è una teoria fenomenologica utile solo per scopi pratici, ma con fondamenti tutti da riscrivere. Certo l'interpretazione, una vera e propria frattura epistemologica oltre che una rivoluzione fisica, che Bohr e la scuola di Copenaghen danno della meccanica quantistica è convincente. Tuttavia in meccanica quantistica esistono ancora oggi importanti problemi aperti. Non ultimo quello del rapporto *micro-macro*. La ricerca dei fondamenti resta un programma più che mai moderno. Anche per le enormi implicazioni filosofiche che questa teoria fondamentale della fisica comporta. Come ha scritto John Bell, forse la vera arretratezza è quella logica FAPP (for

⁶⁷ Cfr. P. Budinich, *Einstein e l'unificazione delle forze: storia di un fallimento*, cit.

⁶⁸ *Ibid.*

⁶⁹ Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

all'practical purpose) con cui una parte ormai consistente dei fisici contemporanei si accontenta di maneggiare la meccanica dei quanti: se è buona, anzi molto buona, per ogni scopo pratico, perché perdere tempo e lambiccarsi il cervello con problemi filosofici come il realismo, la causalità, la località, il ruolo dell'osservatore, la completezza dei fondamenti? La modernità di Albert Einstein, tuttavia, non sta solo nell'aver individuato il nocciolo dei più grandi problemi della fisica contemporanea. Tutti i punti dove la scarpa della fisica fa più male. La sua modernità ha una valenza culturale più ampia e più generale. Einstein è moderno sia perché, come sostiene Eugenio Garin, individua l'«indissolubile nesso fra scienza e filosofia» e, nel combattere la sua battaglia, si rivela oltremodo «operoso in un periodo di crisi del pensiero moderno»⁷⁰. Sia perché, come sostiene Giuseppe Gembillo, ripropone con lucida determinazione la piena validità di un metodo: quello della «ricerca razionale della meta»⁷¹. Un metodo decisivo per lo sviluppo del pensiero umano. Anche quando la strada si dovesse rivelare un vicolo cieco e la «meta» si dovesse rivelare irraggiungibile. È Einstein stesso, nell'ultimo abbozzo autobiografico, nel marzo del 1955, a delineare le ragioni profonde di questa eterna modernità: «È dubbio se una teoria dei campi [classica] possa render ragione della struttura atomica della materia e della radiazione nonché dei fenomeni quantistici. La maggior parte dei fisici risponderà con un "no" convinto, ritenendo che il problema dei quanti sia stato risolto in linea di principio per altra via. Comunque stiano le cose, ci è di conforto la massima di Lessing: l'aspirazione alla verità è più preziosa del suo sicuro possesso»⁷². Caro Albert...

Caro Albert,
 Ciò che muove, che determina, senza essere da altro determinato; il punto al qual si traggono d'ogni parte i pesi, la «natura del movimento che riposa in se stessa», del movimento indisturbato ... non ti lascia

⁷⁰ Cfr. E. Garin, *Einstein filosofo*, in E. Garin e L. Radicati di Brozolo, *Considerazioni su Einstein*, cit.

⁷¹ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, cit.

⁷² Cfr. A. Pais, *Sottile è il signore...*, cit.

riposo - e mi ha fruttato quella che è forse in assoluto la tua lettera più lunga, che ho ricopiata per essere sicuro di non essermi fatto sfuggire nulla. [...]
Con molto affetto e gratitudine dal tuo
Michele⁷³.

Il 17 agosto 1954 Michele Besso scrive la risposta alla lettera più lunga di Albert Einstein. Il più bel conforto per il fisico di Princeton. E il più bel commento, forse, a quella ricerca della teoria unitaria di campo che da quarant'anni non [gli] lascia riposo. Michele Besso muore il 15 marzo del 1955. Il successivo 18 aprile Albert Einstein lo segue in quella «separazione tra passato, presente e futuro»⁷⁴ che per “i fisici credenti” ha «solo il significato di un’illusione, per quanto tenace»⁷⁵.

⁷³ Cfr. A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1905)*, cit.

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ *Ibid.*