

NOTE

SULLA PIÙ RECENTE FILOSOFIA EUROPEA

(Continuazione: v. fasc. I, pp. 30-41)

VIII.

LA TEORIA DELLA RELATIVITÀ E I SUOI SVILUPPI FILOSOFICI.

È ormai un dato di fatto pacifico che la teoria della relatività di Einstein è una concezione scientifica, la cui importanza fisica e astronomica va esaminata e valutata dai cultori delle scienze della natura e non dagli incompetenti filosofi. Già alcuni anni or sono il Cassirer osservava che si fa a quella dottrina un cattivo servizio quando si cerca di convertire troppo immediatamente i suoi dati in risultati filosofici e metafisici (1), come hanno fatto tutti coloro che l'hanno presa per una reincarnazione della sofistica protagorea o per un superamento della *Critica* kantiana. A questi fraintendimenti molto ha contribuito la scarsa conoscenza che i filosofi avevano dello stato presente delle questioni fisiche. Essi, che non avrebbero neppur sognato di contestare la validità delle equazioni di Maxwell o della trasformazione di Lorentz, si sono attaccati invece alla relatività come a un dominio proprio, forse perchè erano più direttamente colpiti dalle sottili argomentazioni sul tempo, sullo spazio, sulla simultaneità, e dal senso paradossale di alcune affermazioni relativistiche, che rinfrescavano il ricordo delle tesi zenoniane. Indagini storiche accurate, fatte da cultori di scienze fisiche, hanno mostrato che la teoria della relatività è tutt'altro che una novità improvvisa e impreveduta — come, per dirla con un vecchio

(1) E. CASSIRER, *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie. Erkenntnistheoretische Betrachtungen*, Berlin, 1929, p. 75.

esempio, il colpo di pistola che fa voltar la gente nella strada —, ma è il logico epilogo di una serie di assidue ricerche, a cui hanno collaborato numerosi scienziati e matematici, dal Maxwell, al Lorentz, al Riemann, al Ricci, al Minkowski, ecc., e che il genio di Einstein ha fatto convergere in un unico foco.

Da queste premesse non bisogna tuttavia concludere che la filosofia sia tenuta a disinteressarsi della teoria della relatività, ma soltanto che il suo interessamento debba essere indiretto e mediato. Come dottrina della scienza, essa ha il compito d'indagare il carattere, il senso e il valore del procedimento scientifico seguito dalla scienza relativistica; come dottrina dei massimi principii, essa ha il diritto di giudicare se e quale assegnamento possa farsi sul nuovo concetto del tempo-spazio, che la nuova scienza offre alla meditazione filosofica. Epistemologia e metafisica sono di fatto le due grandi vie lungo le quali s'è andata incamminando la speculazione post-relativistica, specialmente nei paesi anglosassoni, francesi e tedeschi. E la produzione filosofica che s'è venuta accumulando è così ricca, e così vivace è l'eccitamento mentale suscitato dai nuovi problemi che, se pure i risultati non fossero ancora apprezzabili, noi non potremmo metter da parte questi studi con uno sterile *fin de non recevoir*. Qualunque idea si abbia dei rapporti formali tra la scienza e la filosofia, giova non dimenticare che la *Critica della ragion pura* e i *Principii metafisici della scienza della natura* sono nati nella mente di Kant dalla meditazione della meccanica newtoniana.

Un'esposizione sommaria, quale noi ci proponiamo di fare, degli sviluppi filosofici della teoria della relatività, implica però un'esposizione almeno altrettanto sommaria della teoria stessa. E questa è cosa molto più ardua di quanto non si creda. Le complicazioni delle formule matematiche non costituiscono, contro le apparenze, il nodo principale della difficoltà; si può benissimo capire il *senso* della teoria della relatività, anche senza essere particolarmente versati nelle matematiche superiori, ma è malagevole ricostruire il valore mentale di certi passaggi, che il matematico è in grado di compiere facilmente, con una mera sostituzione di formule, senza preoccuparsi delle cose che si sottendono alle formule. Un matematico definì la sua disciplina come quella « in cui non si sa di che cosa si parla »; e gli espositori della teoria della relatività hanno fatto spesso tesoro di quella definizione, dispensandosi dall'interpretare i loro simboli. Non potendo pertanto rimandare il lettore non-matematico a nessuna esposizione intelligibile della

dottrina, e dovendo pur dargliene qualche cenno per dare un significato alle considerazioni epistemologiche che formano oggetto del nostro studio, siamo costretti a rischiare per nostro conto un'esposizione non-matematica.

La teoria della relatività si divide in due parti, speciale e generale, la prima delle quali concerne i movimenti uniformi (dipendenti dal principio d'inerzia), la seconda generalizza i risultati della prima, estendendoli anche ai movimenti accelerati (dipendenti dal principio di gravità), o meglio trova delle formule più generali, in cui si parificano le due specie di movimenti, che sembravano rette da due leggi diverse.

La relatività speciale di Einstein non è a sua volta che l'estensione di un principio già noto nella meccanica classica col nome stesso di principio di relatività, che consiste nel considerare come indifferente ed equivalente, rispetto alle leggi del moto, la condizione di riposo o di movimento rettilineo e uniforme di qualunque mobile. Questa relatività implicava tuttavia la permanenza dello spazio e del tempo come punti di riferimenti del moto: così il Newton, nelle sue applicazioni della meccanica ai movimenti celesti, postulava l'immobilità assoluta dello spazio e la costanza assoluta del tempo. Alla nozione stessa del relativo pareva che fosse indispensabile un termine di rapporto assoluto; e tempo e spazio, infatti, elevati da lui a dignità di « sensorii di Dio », costituivano appunto delle condizioni assolute di tutte le relazioni fisiche. La meccanica celeste post-newtoniana, fino ad Einstein, è stata fedele a questi presupposti (se non alla illustrazione deistica di essi), sia che assumesse come costante la posizione delle stelle fisse, sia che postulasse un etere immobile, sia che immaginasse, col Naumann, un invisibile corpo α , fisso nello spazio, a cui si potessero riferire i moti relativi di tutti gli astri.

Il principio classico di relatività, testè accennato, ha avuto un'incondizionata validità fino ai nostri tempi, o, più precisamente, fino a quando sono stati studiati dei movimenti abbastanza lenti, non esclusi quelli degli astri. Ma l'esame di movimenti celerissimi, come quelli dell'elettricità e della luce, ha dimostrato l'insufficienza del principio e ha fatto constatare delle divergenze notevoli nel comportamento di questi fenomeni. Le equazioni del Maxwell, che costituiscono le leggi dell'elettrodinamica, non conservano la loro forma nel passaggio da una condizione di riposo a una condizione di movimento. Similmente, la luce si propaga nel vuoto con una velocità costante, eguale per tutti i colori e qualunque sia la velo-

città con cui si muove la sorgente luminosa. Questa costanza è stata indirettamente provata dal famoso esperimento di Michelson-Morley, che ha avuto un'importanza decisiva nella genesi della teoria della relatività. Gli sperimentatori movevano dal presupposto della meccanica classica, che la propagazione della luce fosse relativa alla quiete e al movimento della sorgente luminosa; quindi pensavano che un raggio luminoso, moventesi nel senso del moto della terra, avesse una velocità maggiore di un altro raggio che si propagasse lungo una direzione normale a quella del primo; e con un dispositivo di specchi che rimandavano indietro i due raggi, credevano di poter misurare la differenza delle rispettive velocità, mercè l'esame delle frange d'interferenza dei raggi stessi. Invece l'esperienza, ripetuta nelle condizioni più diverse, e con strumenti sempre più perfetti, diede sempre risultati negativi, offrendo così l'indiretta prova dell'indipendenza della velocità della luce da quella della sorgente luminosa. Per spiegare questa anomalia, un fisico, il Fitz Gerald, formulò l'ipotesi che un corpo in moto subisse una contrazione nel senso stesso del suo movimento; ma tale ipotesi sembrò ad alcuni arbitraria e gratuita, simile a « un dono dall'alto », com'ebbe a dire il Minkowski. Einstein sentì per primo l'importanza del problema che l'esperienza di Michelson-Morley apriva al pensiero scientifico. Da una parte v'era un principio di grande autorità, dall'altra un dato di fatto che vi contraddiceva: abbandonar l'uno non era possibile, perchè continuava ad essere adeguato a tutta una serie di fenomeni; per rinunciare all'altro sarebbe stata necessaria una smentita sperimentale, mentre al contrario tutte le esperienze lo confermavano; accettar l'uno e l'altro significava rinunciare a ogni criterio unitario nell'interpretazione dei fenomeni. L'unica soluzione plausibile sarebbe stata di escogitare una formulazione nuova del principio di relatività, che includesse anche il fenomeno ribelle. Tale soluzione costituisce appunto la dottrina einsteiniana della relatività (ristretta, cioè limitata ai movimenti uniformi (1)).

A differenza del principio classico di relatività, che presupponeva la costanza degl' intervalli temporali e spaziali, quello di Einstein considera come relativi lo stesso spazio e lo stesso tempo. Ogni sistema di riferimento ha la sua propria misura delle distanze

(1) EINSTEIN, *Sulla teoria speciale e generale della relatività*, tr. ital., Bologna, 1921. p. 14 e segg.; R. MARCOLONGO, *Relatività* 2, Messina, 1923, pp. 63, 210, 212 e segg.

spaziali e degl'intervalli temporali; e le misure non coincidono, quando quei sistemi son diversi. Lo spazio misurato da un osservatore in riposo differisce da quello che è misurato da un osservatore in movimento; e lo stesso può dirsi del tempo. Due avvenimenti contemporanei per il primo di essi sono successivi per il secondo. Tutto ciò può dar l'impressione a un terzo, che considera dall'esterno quella differenza, che il tempo e lo spazio effettivamente si accorciano e si allungano, come se fossero delle materie elastiche, mentre invece non si tratta che di mutamenti di prospettive. Ma le variazioni del tempo e dello spazio non vanno intese come se ciascuna si effettuasse per sè, indipendentemente dall'altra. In realtà esse sono inter-relate. Poichè la velocità-limite con cui i fenomeni si propagano è quella della luce, qualunque misura spaziale è in funzione del tempo della propagazione della luce, e questo tempo è a sua volta esprimibile in termini di spazio (1 secondo = 300 mila km.). Non vi sono insomma uno spazio e un tempo separati, ma v'è un continuo spazio-temporale.

Non tutte, però, le differenze delle misure dello spazio e del tempo, dipendenti dalla diversità dei sistemi di riferimento, sono praticamente apprezzabili. Nel caso di moti lenti, esse sono trascurabili; ma per moti celeri, che si avvicinano alla velocità-limite della luce, si fanno sempre maggiori. Il modo di computare tali differenze è offerto da una formula matematica che, dal suo inventore, prende il nome di trasformazione di Lorentz, e della quale Einstein ha esteso il valore a tutti i movimenti uniformi. Così vengono unificati sotto una stessa legge i moti celeri e i moti lenti: la meccanica galileo-newtoniana rientra nella meccanica di Einstein come un caso-limite, dove cioè, per la lentezza dei moti di cui si tratta, la trasformazione di Lorentz porta una variazione che si avvicina allo zero. Al posto dell'assoluto spazio-temporale della vecchia meccanica, subentra come nuova « costante » fisica, la trasformazione di Lorentz, molto meno carica di nebbie metafisiche, benchè porti ancora in sè qualche traccia di quell'assoluto, racchiusa nel mistico simbolo c , che esprime la velocità costante della luce. Se il tempo e lo spazio non sono più sensorii di Dio, la luce figura ancora come un raggio che parte dall'occhio divino. Bisogna però aggiungere che quella traccia scompare nella teoria della relatività generalizzata.

In questa seconda fase della dottrina, Einstein ha tolto a considerare i movimenti accelerati dipendenti dalla gravitazione. Può essere considerata come insormontabile — egli si è chiesto — la

differenza tra la massa inerziale e la massa ponderale di un corpo, tra il moto uniforme della meccanica e il moto accelerato della gravitazione? O si può risolvere anch'essa in una differenza relativa ai sistemi di riferimento? Per avvicinarci alla comprensione del problema, ricorriamo a qualche esempio. Una figura circolare, guardata di scorcio, ci appare come un'ellisse. Dobbiamo forse concludere che il circolo effettivamente si schiaccia, ed immaginare una forza che eserciti su di esso una pressione? Lo stesso potremmo immaginare anche della forza di gravità (1). Anche più calzante è questo secondo esempio, addotto dall'Eddington. Gli antichi si raffiguravano la terra come piana; sicchè, quando essi volevano tracciare sulla carta il contorno dei vari paesi, erano costretti ad alterare le rispettive distanze, ingrandendo le dimensioni della Grecia, che era al centro del loro quadro e accorciando le terre e i mari via via più lontani da quel centro. Di tali distorsioni ci dà un esempio la così detta proiezione ortografica d'Ipparco. Ora immaginiamo un osservatore che, con una carta alla mano, avesse voluto accertarsi della velocità di una nave moventesi dalle colonne d'Ercole verso la Grecia. Egli avrebbe dovuto constatare con sorpresa un'accelerazione a misura che la nave si avvicinava alla meta, e, per spiegarci lo strano fenomeno, avrebbe potuto pensare a un demone che attirasse i vascelli verso la patria e che ritardasse invece quelli che se ne allontanavano. Per noi invece quell'accelerazione non racchiude più nessun mistero, ma consiste in una illusione prospettica, dipendente dalla proiezione in un piano di ciò che ha natura di una curva (2). Analogamente, l'accelerazione della gravità che noi constatiamo prendendo come sistema di riferimento lo spazio euclideo a tre dimensioni, non potrebbe dipendere da una simile illusione? dal fatto cioè che noi trascuriamo una curvatura *sui generis* dello spazio euclideo, prodotta dall'inserzione della dimensione *tempo*? L'analogia è più che plausibile: quando noi ci rappresentiamo un movimento in uno spazio tridimensionale, noi dimentichiamo in effetti che la traiettoria è continuamente modificata dal tempo. Noi parliamo, p. es., delle *ellissi* che i pianeti descrivono intorno al sole, e così dicendo immobilizziamo lo spazio

(1) H. WEYL, *Raum, Zeit, Materie. Vorlesungen ueber allgemeine Relativitätstheorie*, Berlin, 1923 5, p. 166.

(2) A. S. EDDINGTON, *The nature of the physical world*, Cambridge, 1929, p. 117.

fuori del tempo, mentre è chiaro che, effettuandosi la traslazione nel tempo, il movimento non è ellittico, ma elicoidale.

Ancora un esempio, offertoci dall'Eddington in forma di un gustoso apologo. C'era una volta, egli dice, una specie di pesci che viveva in un oceano a due dimensioni. Si poteva osservare che questi pesci in genere nuotavano seguendo linee rette, a meno che non vi fosse un ostacolo al loro libero percorso. Ciò sembrava naturalissimo. Ma c'era una regione in quell'oceano dove i pesci che vi si avventuravano sembravano cadere sotto l'impero di un incantesimo: alcuni, traversandola, cambiavano la direzione del loro movimento, altri si mettevano a nuotare in giro, indefinitamente. Per spiegare questa singolarità, un tale immaginò una dottrina del movimento verticoso (Cartesio); un altro (Newton) immaginò che i pesci fossero tutti attirati da un pesce enorme (il pesce-sole), che dormiva al centro di quella regione. Questa dottrina fu confermata con esattezza meravigliosa per ogni genere di esperienza. Si trovò che tutti i pesci avevano in sè una potenza attrattiva proporzionale alla loro dimensione e inversamente proporzionale al quadrato delle loro distanze. Vi furono, sì, taluni che si lamentarono di non vedere come una tale azione potesse propagarsi a distanza; ma l'opinione generale fu che tale influenza si propagasse per mezzo dell'oceano, e che se ne comprenderebbe meglio il meccanismo il giorno in cui si conoscesse qualcosa di più sulla natura dell'acqua. Ma venne infine un tale (Einstein) che concepì una tutt'altra spiegazione. Egli era colpito dal fatto che i pesci, grandi e piccoli, seguivano sempre le stesse traiettorie, e portò tutta la sua attenzione sulle traiettorie invece che sulle forze. Così ottenne una spiegazione interessante dell'intero sistema. Vi era nell'oceano una collina che circondava il pesce-sole; e i pesci non potevano percepirla direttamente, essendo di due dimensioni. Ma quando un pesce veniva ad avventurarsi su l'uno dei due versanti della collina, benchè facesse del suo meglio per nuotar dritto, faceva sempre un certo giro (un viaggiatore che sale obliquamente il declivio di una montagna la cui sommità è alla sua destra deve scientemente poggiare a sinistra se vuol conservare la sua posizione primitiva in rapporto alla bussola). Era là il segreto di quell'attrazione incomprensibile o di quella deviazione delle traiettorie nella regione della collina. Questo paragone, soggiunge l'Eddington, non è perfetto, perchè non fa che intervenire una collina nello spazio, mentre bisogna rappresentarsi il fenomeno come dipendente da una curvatura sullo spazio-tempo. Esso nondimeno dimostra abbastanza bene come la curva-

tura dell'universo in cui abitiamo possa dare l'illusione di una forza attrattiva *sui generis* (1).

Ci avviamo così ad intendere, almeno approssimativamente, quale sia stato il procedimento seguito dall'Einstein nella sua teoria della relatività generalizzata. Invece di partire dallo spazio euclideo e di servirsi delle coordinate piane della fisica tradizionale, egli è partito dalla geometria quadridimensionale del Riemann e del Minkowski e si è servito delle coordinate curve del Gauss. Così, col sussidio del calcolo, egli è riuscito a ricostruire, con approssimazione anche maggiore del Newton, le leggi della gravitazione. Se i vantaggi sperimentali della sua dottrina sono modesti (e finora par che si limitano al computo di un lieve spostamento secolare del perielio di Mercurio e di minime inflessioni della luce stellare che passa per il campo di gravitazione del sole), i vantaggi dottrinali sembrano grandissimi. Per mezzo di essa si unificano in un solo principio i movimenti uniformi e quelli accelerati; la gravità s'identifica con l'inerzia; la fisica, secondo l'antico e inappagato voto di Cartesio, si converte in una geometria superiore.

Le meditazioni filosofiche sulla dottrina fisica qui sommariamente esposta hanno preso, come s'è accennato, due indirizzi distinti. Alcuni pensatori si sono fondati sulla nuova concezione dello spazio-tempo per elevare delle costruzioni metafisiche in antitesi col vecchio materialismo, che s'ispirava alle tramontate vedute meccanicistiche della scienza naturale. L'idea dell'atomo materiale come sostegno delle qualità fisiche non è infatti che una proiezione nello spazio sottratta al divenire del tempo; mentre, nella continuità spazio-temporale, l'atomo rigido si converte in un *evento*, e si fa intrinseca alla natura l'idea di un divenire che nell'ipotesi materialistica era sempre in qualche modo avventizia. Noi abbiamo già esaminate (2) alcune di queste costruzioni metafisiche, come quella dell'Alexander e del Whitehead. Ci resta qui a considerare l'altro indirizzo, più strettamente epistemologico, che consiste nel sottoporre ad esame critico il procedimento e i risultati della teoria della relatività. Tra i due indirizzi la distinzione non è così netta come la nostra classificazione lascerebbe apparire: i critici della scienza hanno sempre di mira una visione unitaria del cosmo, e i metafi-

(1) EDDINGTON, *Espace, temps, gravitation*, tr. fr., Paris, 1921, pp. 119-20.

(2) V. *La Critica*, 1928, pp. 20-30, 83-91.

sici a loro volta muovono da considerazioni critiche sui dati della relatività. C'è tuttavia una diversità d'indirizzo del rispettivo lavoro, simile a quella che, per usare un paragone dell'Eddington, corre tra l'opera di due minatori che da due punti opposti attendono a traforare lo stesso monte.

Anche dell'epistemologia relativistica abbiamo avuto in parte occasione di occuparci per il passato, parlando del Bergson e del Meyerson (1). Qui vogliamo più particolarmente studiare le interfeerenze della nuova dottrina dello spazio-tempo con l'estetica trascendentale di Kant e alcune interessanti conseguenze, inaspettatamente idealistiche, tratte da un grande astronomo inglese (il già citato Eddington) dalle vedute einsteiniane. Quanto al primo punto, è lecito forse affermare che la concezione kantiana sia indissolubilmente legata all'intuizione dello spazio euclideo e che la validità della geometria non euclidea nella rappresentazione scientifica dell'universo ne costituisca una implicita confutazione? Ora bisogna distinguere tra le cognizioni scientifiche di Kant e il significato filosofico della sua estetica trascendentale. È indubitato che nel raffigurarsi una intuizione pura dello spazio egli si riferisse allo spazio euclideo della geometria e della fisica del suo tempo; ma ciò non vuol dire che la pura forma della spazialità, come ordinatrice dei dati del senso esterno sia in alcun modo dipendente dalla scienza euclidea. Anche nello spazio del Riemann, in quanto è spazio, gli elementi debbono essere rappresentati l'uno fuori dell'altro; ed appunto in questa mera exteriorità, e nella spiegazione che ne dà Kant, come una necessità della nostra costituzione spirituale, consiste il valore permanente dell'Estetica kantiana. A questa considerazione il Cassirer, che ha dedicato un importante studio ai rapporti tra Einstein e Kant, ne aggiunge un'altra egualmente perentoria. Se la teoria kantiana dello spazio, egli dice, fosse legata a una veduta euclidea, essa non sarebbe valida neppure per spiegare le nostre rappresentazioni empiriche. Lo spazio della comune esperienza, infatti, a differenza dello spazio scientifico, non è isotropo nè omogeneo, il che vuol dire che non è affatto geometrico. E lo stesso si può ripetere anche del tempo. Ora è evidente che, se Kant ignorava lo spazio non euclideo delle geometrie superiori, costruito un secolo più tardi, non ignorava certo il carattere non euclideo dello spazio empirico, e tuttavia non ritenne affatto in-

(1) V. *La Critica*, 1929, pp. 104-13, 264-76.

compatibile con esso la propria concezione. Si può pertanto concludere che, se la forma della spazialità in genere è apriori nel senso kantiano, cioè una condizione dell'esperienza non spiegabile per mezzo di associazioni empiriche, la traduzione in atto di quella forma, invece, è soggetta a un processo evolutivo, per cui, a misura che si fanno più complesse le esigenze sperimentali, le costruzioni dello spazio si complicano a loro volta. E, come lo spazio euclideo rappresentava, di fronte allo spazio dell'esperienza prescientifica, un grado superiore di astrazione e di coordinazione, similmente lo spazio delle geometrie non-euclidee può significare un nuovo grado lungo la medesima linea ascensiva. Del che ci viene dato conferma dalla stessa impossibilità in cui siamo di rappresentarcelo sensibilmente, perchè il progresso delle costruzioni scientifiche consiste appunto nel distaccare gli oggetti dalle condizioni empiriche della sensibilità (1). Da questo punto di vista non fa più scandalo la relatività dei rapporti spaziali illustrata da Einstein: tale relatività non tocca l'osservatore empirico, che può praticamente contare sopra una sufficiente costanza delle sue relazioni con l'ambiente, ma tocca soltanto colui che vuol costruire una veduta d'insieme del cosmo prescindendo per quanto è possibile dai punti di vista divergenti di singoli osservatori, collocati nelle situazioni più disparate. In un certo senso, la così detta teoria della relatività potrebbe meglio chiamarsi della non-relatività, perchè tende a sottrarre i propri enti dal relativismo delle prospettive empiriche.

Osservazioni analoghe valgono per il tempo. E qui il Cassirer pone opportunamente a raffronto la tesi bergsoniana della *durée pure* col tempo einsteiniano simboleggiato dalla trasformazione di Lorentz, mostrando che in realtà essi si dispongono su due piani di coscienza diversi; il che spiega quanto poco siano state conclusive le fantastiche peregrinazioni attraverso gli spazi interstellari escogitate dai rivenditori di scienza relativistica al minuto e le non meno fantastiche constatazioni delle divergenze tra il tempo vissuto dai viaggiatori celesti e quello registrato dagli osservatori terreni. Un punto però vale ancor la pena di esaminare, per completar questa *mise a point* della critica kantiana con la scienza della relatività. L'unificazione del tempo e dello spazio, o, come si suol dire comunemente, la traduzione del tempo in una quarta dimensione spaziale, non annulla la distinzione posta da Kant tra le due

(1) CASSIRER, op. cit., p. 123 e segg.

forme, del senso interno e del senso esterno? Anche qui bisogna intendersi. Già lo stesso Kant, nel porre quella distinzione, non volle del tutto separare il tempo dallo spazio. Egli anzi, movendo dalla giusta considerazione che una sintesi di rappresentazioni fuori di noi non è possibile se prima non la compiamo dentro di noi, ammise una ideale priorità della forma del tempo su quella dello spazio e un necessario concorso dell'intuizione temporale nel prodursi della sintesi spaziale. Ma i relativisti, a loro volta, annullano forse ogni distinzione tra il tempo e lo spazio? Nella stessa espressione simbolica delle matematiche, la quarta dimensione dello spazio, cioè il tempo, non si confonde con le rimanenti, ma presenta una caratteristica, che il suo segno algebrico è negativo, mentre quello delle altre tre è positivo. Ciò basta a simboleggiare l'esigenza almeno di una distinzione; ed uno dei più filosofici fautori della scienza relativistica, il Weyl, non ha esitato a tradurre questa esigenza nei termini della dottrina kantiana, affermando che, « di fronte alla struttura materiale del mondo, il tempo e lo spazio sono da considerarsi come forme (al plurale) dei fenomeni » (1).

Anche di fronte all'*Analitica della ragion pura* della Critica kantiana, la dottrina della relatività non solo non costituisce una deviazione, ma anzi una conferma del carattere funzionale e sintetico delle leggi scientifiche. Coloro che si son fermati alle apparenze protagonoree del relativismo non hanno considerato — come osserva giustamente il Cassirer — che le indagini di Einstein tendono a fondare, attraverso e oltre la relatività, delle nuove « invarianti » fisiche. Esse riconoscono che la costanza, propria del lavoro concettuale, non appartiene mai alle cose, quali non siano, ma solo e sempre ad alcuni riferimenti fondamentali e ad alcune dipendenze funzionali, che nella lingua simbolica delle matematiche e della fisica si traducono in equazioni determinate. Questa risoluzione delle cose, mutevoli aggregati di qualità sensibili, nei rapporti quantitativi e invariabili, di cui tutta la scienza moderna ci offre, nella sua storia, una progressiva esemplificazione, raggiunge il suo stadio più alto nella scienza einsteiniana, che semplifica il mondo materiale fino al punto da farlo coincidere con un puro schema dello spazio-tempo e sostituisce alla personificazione, sempre in qualche

(1) WEYL, op. cit., p. 223: *So darf man behaupten dass erst der jetzt von uns eingenommene Standpunkt der allgemeinen Relativität dem Umstande völlig gerecht wird, dass Raum und Zeit dem materiellen Gehalt der Welt als Formen der Erscheinungen gegenübertreten.*

modo animistica, delle « forze » fisiche una composizione di traiettorie geometriche (1). Il mondo di Einstein sta a quello della fisica precedente come il mondo di Galileo stava a quello della fisica animistica del Rinascimento. E lo studio di esso fa risultar molto più chiaro, secondo il Cassirer, il valore della trasformazione introdotta da Kant nella dottrina della conoscenza, dalla vecchia *Abbildtheorie* della tradizione platonica, nella nuova *Funktionstheorie*. In conclusione, lungi dall'ostacolare l'idealismo critico della filosofia kantiana, la scienza di Einstein ne ha facilitata l'intelligenza e confermata la validità.

Che la cosa effettivamente sia così, ci viene provato, oltre che dalle considerazioni del Cassirer, anche indirettamente dal fatto che tutte le dottrine critiche della scienza sorte negli ultimi anni dallo studio della teoria della relatività, hanno un'evidente intonazione idealistica. E il fatto è anche più significativo perchè gli autori di quelle dottrine sono per la maggior parte cultori di scienze naturali, ignari dell'idealismo della tradizione filosofica, ed anzi propensi, per abito mentale dello specialismo scientifico, alle interpretazioni materialistiche degli « oggetti » delle loro discipline. Emerge tra costoro un astronomo inglese, A. S. Eddington, autore di due opere importanti sulla teoria della relatività, in cui alla trattazione scientifica s'intreccia quella epistemologica: il tutto con una libertà e spregiudicatezza mentale e con una vivacità d'intuizioni filosofiche, che ci rivelano come sia progredita la nuova generazione scientifica rispetto alla precedente. Il primo dei due libri, che s'intitola *Spazio, tempo, gravitazione*, ci fa assistere alla spontanea germinazione del problema filosofico nel pensiero del suo autore, che era originariamente partito da più modesti e limitati intendimenti. Infatti, dopo di aver dato un'esposizione, irta di formule matematiche, della dottrina fisica, l'Eddington giunge a questa conclusione inaspettata: « La teoria della relatività riconduce tutta la scienza della natura a delle relazioni; altrimenti detto, ciò che conta è la struttura, non la sostanza. Se anche la sostanza è indispensabile alla struttura, la sua natura non entra nel computo... È forse esagerato dire che il nostro spirito, ricercando la permanenza, è quello che crea l'universo della fisica? e che là dove la scienza ha fatto progressi maggiori, ivi lo spirito non ha fatto che riprendere dalla natura ciò ch'esso stesso aveva introdotto? Da quanto si è

(1) CASSIRER, op. cit., pp. 40, 55, ecc.

detto, questa conseguenza s'impone: le leggi della meccanica, della gravitazione, dell'elettrodinamica, dell'ottica, che noi abbiamo raccolte in un unico schema, non hanno la loro origine in un meccanismo speciale della natura, ma nel nostro spirito » (1). Tale conclusione ha un evidente senso kantiano, tanto più significativo quanto meno consapevole. Non ci manca neppur l'ombra della cosa in sè, della « sostanza sconosciuta », che si nasconde dietro i rapporti meramente strutturali della scienza, per quanto già s'intraveda che l'apprensione diretta della coscienza possa attingerla.

L'altro libro dell'Eddington, che ha per titolo *The nature of physical world*, pubblicato a dieci anni dal primo, rivela una padronanza di gran lunga maggiore dei problemi filosofici che in questo erano appena abbozzati. L'antitesi latente tra i due punti di vista sulla realtà, l'uno della scienza che ciruisce la natura con le sue relazioni, l'altro della coscienza che ne coglie qualcosa di più interiore ed attuale (dove quest'ultimo termine esprime un contrasto col carattere ipotetico delle leggi scientifiche), è più largamente sviluppata. « Il mondo della scienza è un mondo umbratile (*shadow world*), che ombreggia un mondo familiare alla nostra coscienza. Fin dove ci aspettiamo che si estenda la sua ombra? Non certo dov'è quistione di nostri stati interni, emozioni, ricordi, ecc., ma dove si tratta d'impressioni che appartengono ai sensi esterni. Ma il tempo entra negli uni e nelle altre, e così forma un legame intermedio tra l'interno e l'esterno » (2).

Come si passa dal mondo immediato della coscienza alla formazione del mondo scientifico? C'è una capacità selettiva della mente, la quale si esercita col creare una cornice di leggi permanenti, in cui s'inquadra il divenire naturale. Queste leggi sono di tre specie: leggi identiche, leggi statistiche, leggi trascendentali (un termine che ha per l'A., come vedremo, un significato molto diverso da quello kantiano). Le prime non esprimono che la permanenza stessa della mente e dei suoi valori: tali, p. es., le grandi leggi di « conservazione » (massa, energia, momento, ecc.) della meccanica classica, nonchè quelle che ha aggiunte la dottrina della relatività. Esse sono in fondo, dice l'Eddington, dei meri truismi, e nello scoprirle in natura, la mente non fa che riprendere ciò che ha posto già in essa. Le leggi statistiche si riferiscono al compor-

(1) EDDINGTON, op. cit., pp. 242-47 passim.

(2) EDDINGTON, *The nature*, ecc., pp. 109-10.

tamento delle folle e si fondano nel presupposto che, benchè l'azione degl'individui sia imprevedibile nella sua singolarità, i risultati medii possono essere predetti con confidenza. Molta dell'apparente uniformità della natura è uniformità di medie. E la tendenza della scienza fisica contemporanea, in contrapposto con quella classica, sta nel convertire le « identità » delle costruzioni meccanicistiche in mere uniformità empiriche. Non soltanto il principio di entropia della termodinamica ha un evidente e riconosciuto carattere statistico, ma anche i principii della meccanica hanno, sotto un certo aspetto, una simile natura. « L'eclisse del 1999 è sicura come il bilancio di una compagnia di assicurazione; la sorte di un *quantum* atomico è incerta come la vostra vita e la mia » (1). Infine le leggi del terzo tipo, che l'Eddington chiama trascendentali, son quelle che non constano di ovvie identità, ma che concernono il comportamento di oggetti estranei: elettroni, *quanta*, ecc. Si va compiendo qualche progresso verso queste leggi, ma assai più lento che non verso le altre: qui infatti non si tratta per noi di riguadagnare dalla natura ciò che noi stessi abbiamo conferito alla natura, ma ci troviamo di fronte al suo intrinseco sistema di governo. Pure, possiamo dire che questo governo ci sia del tutto estraneo? È qui il nodo della quistione. Si ha un bel dire che le leggi d'identità o di conservazione sono dei meri truismi, o dei decreti della mente: se in qualche misura valgono nel mondo naturale, vuol dire che questo debba avere in sè qualcosa di quei truismi o una certa sudditanza verso la mente.

A questa conclusione bisogna riconoscere che l'Eddington arriva da sè, senza alcuno sforzo. Gli enti della fisica, egli dice, sono delle schede di segnali indicatori (*pointer readings*) attaccate a un fondamento sconosciuto. « Perchè non attaccarle a qualcosa di natura spirituale, la cui caratteristica preminente è il pensiero? Sembra piuttosto sciocco (*silly*) preferire di attaccarle a una così detta natura concreta inconsistente col pensiero e poi meravigliarsi come mai venga fuori il pensiero. Noi abbiamo rinunciato ad ogni preconcetto su quel fondamento e per la maggior parte non possiamo scoprir nulla della sua natura. Ma in un caso, cioè pei segnali indicatori del mio cervello, io ho una veduta che non è limitata all'evidenza dei segnali stessi. Questa veduta mi mostra che essi sono attaccati al fondamento della coscienza. Ed io posso pensare

(1) *Ibid.*, p. 300.

che il fondamento degli altri segnali sia di natura continuo con ciò che mi è rivelato in questo caso particolare, benchè io non possa supporre che esso abbia gli attributi più particolari della mia coscienza » (1). Non è pensabile che l'attività della materia a un certo punto del cervello stimoli l'attività della mente; al contrario, l'attività della materia non è che una descrizione metrica di certi aspetti dell'attività della mente. Essa è il nostro modo di riconoscere una certa combinazione delle nostre misure di « struttura », mentre l'attività della mente è la nostra veduta interna nel complesso delle relazioni, la cui comparabilità dà il fondamento di quelle misure (2). Insomma, partendo dall'etere, dagli elettroni e dagli altri meccanismi fisici noi non possiamo raggiungere l'uomo cosciente e render conto di ciò che è appreso dalla sua coscienza. Il fisico di oggi considera il mondo esterno in un modo che si può descrivere come più mistico, benchè non meno esatto e pratico di trent'anni fa, quando si riteneva che nessuna verità fosse certa se non si potesse esibire un modello meccanico. Parlare di qualunque aspirazione al di là della fisica sembrava un non-senso. Oggi invece si va oltre, e si domanda se ci sia un fondamento fisico dello stesso non-senso. Se il cervello contiene il fondamento fisico del non-senso che viene immaginato, dev'esserci una combinazione particolare delle entità della fisica, capace di produrlo. Ora, quando io dico che, nell'enunciare la proposizione vera $7 \times 8 = 56$, il mio cervello produce zucchero, e nell'enunciare la proposizione falsa $7 \times 8 = 65$ il mio cervello produce gesso, chi può affermare che il meccanismo abbia funzionato male? Come macchina fisica, il cervello ha agito nei due casi secondo le leggi inderogabili della fisica: perchè stigmatizzare la sua azione? Questa distinzione di prodotti in buoni e cattivi, in veri e falsi, non ha riscontro nella chimica. Noi non possiamo assimilare le leggi del pensiero alle leggi della natura; esse son leggi che *ought to be* (*sollen*) obbedite, non leggi che *must be* (*müssen*) obbedite; e il fisico deve accettar le leggi del pensiero prima di accettar le leggi fisiche, ed anzi come condizioni di esse. In un mondo di ètere e di elettroni, noi possiamo forse incontrare il non-senso, ma non già il non-senso condannato (3).

In conclusione, qualunque testimonianza di realtà non può venirci dalle leggi fisiche, ma solo dalla coscienza. Noi possiamo im-

(1) Ibid., p. 259.

(2) Ibid., p. 268.

(3) Ibid., p. 345.

maginare un mondo, Utopia, per esempio, governato da tutte le leggi della natura note ed ignote che governano il nostro stesso mondo, ma contenente migliori stelle, pianeti, città, animali, ecc.; un mondo che potrebbe esistere, ma che, per puro caso, non esiste. Chi ce lo attesta? Non certo la scienza. Pensiamo a un frammento di materia in esso: non è reale materia, ma attrae ogni altro frammento di (irreale) materia in Utopia, secondo la legge di gravitazione. Scale e orologi costruiti di questa materia irreale misureranno intervalli irreali; stelle irreali emetteranno raggi irreali che cadranno su retine irreali e impressioneranno irreali cervelli, e così via. Insomma, non appena noi entriamo nel ciclo della fisica, non possiamo mai trovare un punto vulnerabile, perchè ciascun elemento è connesso a tutto il resto del circolo, e tutte le leggi di natura espresse dal ciclo valgono ipoteticamente. La sola coscienza guarda nell'interno del circolo. Così, da un punto di vista più profondo di quello che presiede all'elaborazione degli schemi fisici delle leggi, noi non possiamo considerare la connessione con la mente come un mero incidente in un mondo inorganico esistente per sè. L'attualità della natura implica la coscienza. Questa attualità a sua volta non esprime che un aspetto soggettivo e immediato del mondo; per generalizzare tale risultato e per adeguarlo a una pluralità d'individui consapevoli, noi dobbiamo includerlo in una *potenzialità* più vasta e concludere che il concetto di una esperienza possibile costituisce il limite massimo dell'oggettività delle nostre conoscenze (1). Anche qui noi giungiamo, pur attraverso un differente giro di pensiero, allo stesso limite della Critica kantiana.

Può sembrare forse che le considerazioni precedenti non abbiano stretto rapporto con la dottrina della relatività e siano appropriate a qualunque concezione scientifica. Ma il valore della fisica einsteiniana in rapporto con la filosofia sta appunto nell'aver resi più evidenti certi aspetti idealistici della gnoseologia e di averne resi consapevoli gli stessi cultori delle scienze naturali. Fino a qualche decennio fa pareva inevitabile che un naturalista non potesse essere se non materialista. Oggi invece si comincia a intendere che la tendenza ad entificare, che è insita alla scienza per la necessità del suo procedimento, non significa materializzare, ma permeare di relazioni mentali costanti il flusso del divenire cosmico; e che pertanto la scienza non ha per compito di comprimere le rivelazioni

(1) Ibid., pp. 265-67.

della coscienza, ma le esige e ne viene integrata. Se il progresso della filosofia non consiste soltanto in una successione dinastica di sistemi decifrabili da pochi iniziati, ma in una larga ed intensa circolazione di esigenze mentali poste dal pensiero filosofico, bisogna convenire che la dottrina della relatività ha molto contribuito, negli ultimi anni, a tale progresso (1).

continua.

GUIDO DE RUGGIERO.

(1) Abbiamo tolto in esame il pensiero dell'astronomo Eddington, come quello che meglio si prestava a un particolareggiato discorso. Considerazioni analoghe sono suggerite dalle vedute filosofiche più sporadiche e frammentarie di altri teorici della relatività. P. es. anche il Weyl afferma che le cose del mondo reale ci son date soltanto come « intenzionali oggetti di atti di coscienza: l'*Erlebnis* della coscienza è il dato assoluto che non si può trascendere » (*Raum, Zeit, Materie*, cit., p. 3). E il Tutto non è nè spazio nè tempo, ma storia, « *als einen in zeitlicher Entwicklung begriffenen, im Raume sich abspielenden Prozess* ».