

NOTE

SULLA PIÙ RECENTE FILOSOFIA EUROPEA E AMERICANA

(Contin.: v. *Critica*, anno XXX, pp. 261-271).

XV.

IL NUOVO ATOMISMO.

Lo studioso di filosofia che ha la forza di distogliere un po' lo sguardo dalle sue carte e di dare un'occhiata a quel che succede nel più vasto mondo, può trovar delle sorprese alle quali le sue carte lo avevano ormai disavvezzato. Se volge per esempio la sua attenzione a quel che avviene nel campo della fisica, avverte, per poco che ne capisca, uno straordinario affaccendamento, che stranamente contrasta con la placidità sonnolenta del mondo filosofico. Egli credeva di aver saldato i suoi conti col problema della natura, ricevendo dai fisici della generazione passata l'idea, molto rassicurante per le sue speculazioni, che l'atomismo non è che una ipotesi, che il fenomenismo è un limite insuperabile dell'indagine naturale, e che generalmente i concetti scientifici sono convenzioni arbitrarie ma utili. Riprendendo ora contatto con gli scienziati della generazione presente, trova che essi hanno un contegno molto meno acquiescente — e, anzi, si potrebbe dire aggressivo; e che lungi dal lasciar campo libero ai filosofi, col chiudersi in un prudente positivismo, fanno largo uso e critica spregiudicata di concetti filosofici, mostrando (bisogna anche riconoscere) una finezza mentale molto maggiore di quella dei loro antenati, materialisti e positivisti. Ed essi hanno dei risultati ben tangibili da opporre ai filosofi: l'atomismo, ci proclamano tutti ormai concordemente, non è più un'ipotesi, non è un'assunzione metafisica, ma una verità di ordine sperimentale. « L'atomismo ha vinto », ha detto con accento trionfale uno di essi in un recente libro, le cui conclusioni intendono di non eccedere i limiti dei risultati ottenuti in un laboratorio di

chimica (1). E questa vittoria appare più sicura, per il fatto stesso che nella nuova teoria atomica confluiscono diversi ordini di ricerche, moventi da punti lontanissimi l'uno dall'altro, e si confermano reciprocamente.

L'esistenza, dunque, dell'atomo sembra fuori discussione. È un atomo *sui generis*, che, tanto per cominciare, contraddice alla propria natura etimologica, perchè ha per suo primo carattere di esser diviso in parti, il nucleo e gli elettroni. L'uno e gli altri, come ormai sanno anche i lettori dei giornali, si equilibrano, nel senso che all'elettricità positiva dell'uno corrisponde un'eguale carica negativa degli altri. Ed è anche risaputo che il rapporto tra nucleo ed elettroni è concepito ad analogia di un sistema planetario e che nel mutuo giuoco delle azioni e reazioni l'equilibrio può essere più o meno facilmente rotto dalla proiezione di qualche elettrone superficiale fuori del sistema, da cui si generano fenomeni detti di ionizzazione. Una stabilità relativamente maggiore presenta il nucleo; ma neppur questo corrisponde al significato etimologico dell'atomo. Esso consta a sua volta di protoni e di altri elettroni interni, distinti da quelli periferici o planetari, e non è neppur certo che il processo analitico di decomposizione debba arrestarsi a questi elementi, tant'è vero che si comincia a parlare già da taluni dell'esistenza di sub-elettroni. Nella fase odierna delle scienze fisiche, l'attenzione degli studiosi è tutta concentrata sullo studio della composizione del nucleo e dei mezzi per ottenerne la disintegrazione. E in questo campo sono ormai famose le esperienze del Rutherford, che sono riuscite a fissare otticamente le traiettorie, e perfino acusticamente i « bombardamenti » di alcuni di questi proiettili atomici. Si è potuto inoltre accertare l'identità di natura del mondo materiale, vincendo l'irriducibilità dei così detti corpi semplici l'uno all'altro, perchè è risultato che i loro ingredienti comuni sono i nuclei dell'idrogeno, in proporzione diversa per ciascuno di essi, ma secondo una progressione definita, crescente per unità intere. I sogni degli alchimisti, della trasmutazione della materia, sono apparsi in via di realizzarsi. Ed altre speranze, anche più ambiziose, sono state concepite: poichè il conglomerarsi di protoni d'idrogeno nella formazione di nuclei più pesanti sprigiona una quantità enorme di energia, che corrisponde a una diminuzione della massa dell'agglomerato, si è potuto parlare di annientamento

(1) PERRIN, *Les atomes*, Paris, 1930^o, p. 321.

della materia, o meglio della conversione di essa in pura energia radiante; il che spiegherebbe come siano inesauste e praticamente inesauribili le riserve di energia del sole e delle stelle, mentre un'ordinaria combustione le esaurirebbe in tempo relativamente breve. Se qualcosa di simile si potesse realizzare alla nostra scala, con l'energia liberata dall'annientamento di qualche chilogramma di materia, saremmo in grado di alimentare tutto il meccanismo delle nostre industrie.

Queste nozioni sono ormai nel dominio di tutti, almeno per ciò che riguarda i risultati più appariscenti. Nella loro genesi invece, e nel loro significato più intimo, esse appartengono al dominio di pochissimi e presentano grandi astrusità e complicazioni. Ora, se vogliamo colpire qualche tratto distintivo del nuovo atomismo, che interessi le nostre concezioni filosofiche, dobbiamo sforzarci di svelare questi aspetti meno apparenti. Io mi ci proverò nella misura limitata delle mie forze e delle mie informazioni scientifiche, nella speranza che altri, meglio dotati, possano allargare e prolungare il piccolo e breve solco.

C'è stata, nell'evoluzione della fisica moderna, un'oscillazione pendolare tra due vedute opposte della materia, l'una delle quali ne fa un continuo, indefinitamente divisibile, l'altra un composto di parti discrete, di atomi. In generale si può dire che le dottrine che considerano come una proprietà essenziale della materia la spazialità sono orientate verso la veduta del « continuo », perchè è inseparabile dall'idea di spazio quella di una divisione all'infinito; mentre le dottrine di origine più strettamente fisica e sperimentale si sono di buon'ora orientate verso l'atomismo, anche in via soltanto ipotetica.

Il cartesianismo, conforme alle sue premesse spaziali e geometriche, è stato decisamente anti-atomistico. Galileo si è sforzato di giungere a una transazione delle due vedute opposte, ponendosi da un punto di vista puramente logico o formale, cioè proponendosi di dimostrare che il continuo non possa risultare se non di parti discrete; ma il suo tentativo si può considerare fallito (1). Battuta in breccia la scienza cartesiana dalla fisica sperimentale dei secoli XVIII e XIX, l'atomismo ha avuto un sopravvento sempre più decisivo, fino a che nella seconda metà dell'800 non v'è stata una

(1) V. il mio scritto: *G. Galilei*, in « Archivio di Storia della filosofia », 1932, fasc. 4.

ripresa della dottrina del continuo, con l'energetica di Mach e di Ostwald. Oggi infine si rinnova il trionfo dell'atomismo, ma nel tempo stesso e, quel ch'è più caratteristico, per opera dei suoi stessi fautori, si riafferma la dottrina della continuità, nella forma della fisica relativistica. Ciò che più colpisce in queste oscillazioni è che le due vedute appaiono contrastanti e complementari insieme; esse si respingono e si attraggono, senza che per altro si riesca a trovare uno stabile punto di giuntura (1).

Uno degli episodi più significativi di questo conflitto si ebbe già sul finire del '600, nello studio del problema della luce. Il Newton formulò un'ipotesi emissionistica, che attribuiva alla luce una struttura discontinua e corpuscolare. D'altra parte, lo Huyghens aveva già formulato un'ipotesi ondulatoria, secondo la quale l'irradiazione è un perturbamento di natura continua, scomponibile in una infinità ininterrotta di onde. Dal Fresnel allo Herz, questa seconda ipotesi s'è consolidata ed ha avuto la sua prova cruciale nell'esperienza del Foucault. È accaduto così che, mentre l'atomismo trionfava nella spiegazione della materia, la dottrina del continuo prevaleva in quella delle radiazioni luminose e in tutte le altre, elettriche, magnetiche, ecc., che la scienza veniva nel frattempo assimilando ad esse. Il dualismo tra il continuo e il discreto veniva in tal modo a prender corpo nella dualità dell'energia radiante e della ma-

(1) Il Lohr (*Atomismus und Kontinuitätstheorie in der neuzeitlichen Physik*, Leipzig, 1926) mostra che l'idea della continuità è implicita in molte concezioni della fisica del discontinuo. P. es.: i centri di forza di Faraday non sono isolati nello spazio, ma implicano una continuità materiale. Similmente, gli atomi di Thomson sono immersi in un fluido etereo continuo. Per il Lohr l'assunzione di particelle discrete corrisponde in ultima istanza alle posizioni mentali discrete del nostro intelletto, mentre il *continuum* è una forma dell'intuizione, la quale è matematicamente articolata (mediante gl'intervalli-limiti infinitamente piccoli) in elementi differenziali che fluiscono l'uno nell'altro, senza tuttavia sciogliersi in elementi indipendenti l'uno dall'altro. Il calcolo infinitesimale di Leibniz e di Newton creò una forma adeguata al continuo con la legge del differenziale e dell'azione contigua (*Nahewirkungsgesetz*). Contro il nuovo atomismo, il Lohr crede di poter riaffermare la vitalità di una fisica del continuo (sulle orme dello Jannan), secondo la quale non c'è uno spazio distinto da una sostanza; ma solo uno spazio con alcune proprietà, che vengono caratterizzate da valori variabili di situazione e di tempo. Nel movimento, ciò che si muove è una determinata *Zustandstruktur*, un determinato complesso spaziale, non un portatore sostanziale delle proprietà. Invece di un movimento di particelle, bisogna parlare di una *Fortpflanzung*, di mutamenti di stato. Si tratta qui, com'è facile riconoscere, di un aggiornamento della fisica cartesiana.

teria. Ma recentemente questo tacito compromesso, che dissimulava in realtà un problema insoluto, è stato nuovamente turbato dall'apparizione della teoria dei *quanta*. Il Planck, che ne è l'autore, movendo da alcuni dati sperimentali, noti sotto il nome di legge di Stefan e di legge di Wien, e relativi alla misura delle radiazioni luminose emananti da un recinto isoteramico, attraverso un foro praticato sulla parete di esso, e sottoponendo questi dati al calcolo matematico, è giunto a conclusioni incompatibili con l'ipotesi di una radiazione continua e conciliabili solo con l'ipotesi di una emissione di energia per *quanta* discreti. La luce in altri termini sarebbe emessa a fiotti discontinui — atomi luminosi o *fotoni* — con un'energia matematicamente calcolabile secondo una certa formula. Einstein ha poi generalizzato queste conclusioni, facendo della discontinuità un principio universale del mondo fisico. In effetti, con la veduta atomistica dell'energia radiante sembrerebbe appianato il conflitto tra materia e radiazione. Nell'un caso e nell'altro si tratterebbe della stessa sostanza, in due forme, per così dire, di aggregazione diversa: la materia in senso stretto sarebbe una specie di radiazione congelata, secondo l'immagine del Jeans, cioè dotata di movimenti lenti e circolari; l'energia radiante si propagherebbe in linea retta con la velocità della luce. È una veduta che, sia detto per incidente, presenta, insieme con grandi differenze, anche strane affinità con quella cartesiana dei vortici materiali, attraverso i quali passa in linea retta l'elemento sottilissimo della luce. E tanto Cartesio quanto i moderni si sono arrestati innanzi al mistero inesplicabile di questa diversità di comportamento; anzi i moderni si sono trovati in condizioni, sotto certi aspetti, più svantaggiose. Infatti la dottrina dei *quanta*, se da un lato porta con sé la ricordata semplificazione, da un altro invece crea una complicazione nuova, per il fatto che i fenomeni d'interferenza e di polarizzazione dei raggi luminosi non si spiegano con l'ipotesi dell'emissione discontinua e richiedono invece un'interpretazione conforme alla dottrina ondulatoria. In altri termini, l'opposizione del continuo e del discreto si sposta dalla diade materia-radiazione in seno all'unica e identica sostanza risultante dall'accennata unificazione.

A questo punto, due soluzioni sono pensabili e sono state, effettivamente, tentate. Una prima si potrebbe dire kantiana, anche se i fautori di essa sono immemori di Kant. Il continuo e il discreto sono termini di una delle antinomie « matematiche » della *Critica della ragion pura*. Ora il fatto che, comunque si spinga avanti il procedimento analitico del pensiero, ci si ritrova in pre-

senza dell'antitesi, è segno che questa ha la sua origine in una illusione della ragione che trasferisce alle cose in sè ciò che appartiene a una propria maniera necessaria di pensare. In altri termini, la materia in sè è inconoscibile e quindi non si può dire di essa nè che sia continua nè che sia discreta; continuo e discreto sono due modi di rappresentarcela ed hanno pertanto una mera validità fenomenica. Il punto di vista fenomenistico è stato recentemente riaffermato, in seno alla nuova fisica, dallo Heiseberg, con un argomento diverso da quello kantiano, ma non meno convincente. « Con un'analisi profonda delle condizioni stesse di qualunque osservazione, Heiseberg mostra che questa implica sempre un'azione dell'osservatore nel sistema osservato e una reazione inversa. Per seguire il movimento di un proiettile, bisogna necessariamente illuminarlo, cioè inviare su di esso un certo numero di fotoni, una parte dei quali ritorna su di lui e manifesta la presenza dell'oggetto. L'urto di questi fotoni turba il movimento che si vuole studiare, ma la costante di Planck è così piccola, e i *quanta* di luce visibile sono così leggeri, che la luce necessaria per rischiarare il proiettile non gli trasmette che delle quantità insignificanti di energia e di movimento, sì che non turba il suo moto se non in misura insensibile. La cosa invece è ben diversa quando si discende nel dominio corpuscolare: il fatto che la quantità di luce utilizzata per illuminare un atomo e mettere in evidenza gli elettroni che esso contiene non può scendere al di sotto di un fotone, e che l'incontro di un fotone con un elettrone, per l'assorbimento del fotone o per l'effetto Compton, turba profondamente il movimento dell'elettrone stesso, ha per conseguenza che non si può sperare di mettere in evidenza il moto di un solo elettrone senza modificarlo in tal maniera che ogni osservazione è sprovvista di significato sperimentale... Il nostro scalpello per dividere la natura ha una lama di limitata sottigliezza, misurata dalla costante di Planck; e questo fatto impedisce che l'idea del movimento individuale di un corpuscolo, di un'orbita elettronica, possa avere un senso sperimentale » (1). Su queste conclusioni negative, lo Heiseberg ha fondato una meccanica di tendenza fenomenologica piuttosto che esplicita, utilizzando il calcolo delle matrici.

Carattere fenomenistico hanno anche altre soluzioni affini, tendenti a ridurre il contrasto tra il continuo e il discreto, col consi-

(1) LANGEVIN, *L'orientation actuelle de la physique* (nel vol. *L'orientation actuelle des sciences*, Paris, Alcan, 1930), pp. 55-56.

derare come equivalenti i corpuscoli e le onde. Si fa infatti notare che questo contrasto sussiste quando i termini son presi a una scala relativamente macroscopica, e si attribuisce ai corpuscoli una rigidità materiale incompatibile con la proprietà delle onde; ma alla scala microscopica della fisica atomistica la difficoltà scompare, ed è possibile associare strettamente insieme i corpuscoli alle onde ed interpretare gli uni con le altre. È qui il presupposto della nuova meccanica ondulatoria del de Broglie e dello Schrödinger.

Ma tutti i tentativi per conciliare il continuo e il discreto, quand'anche si arrestano prudenzialmente in una zona intermedia, sufficiente alle esigenze del calcolo, dissimulano, in realtà, un problema metafisico, che costituisce la seconda alternativa nella soluzione dell'antinomia. È possibile, cioè, giungere alla comune radice del continuo e del discreto? In sede scientifica, benchè molti vagheggino una « sintesi ultima » di tal genere, nessuno ha ancora tentato di realizzarla. Si vaga tra ipotesi in gran parte arbitrarie. Una conversione radicale degli elettroni in onde, se fosse ammissibile, risolverebbe il problema, a prezzo però di volatilizzare la materia in una serie di *rappports sans supports*, il che contraddice alla costante e sana tendenza ontologica della scienza. È una soluzione a cui inclinano molti scienziati di gusti immaterialistici e idealistici; ma è un idealismo alquanto spurio, quello che pretende arrivare alla sostanza pensante mediante la volatilizzazione della sostanza estesa. La soluzione opposta, di ridurre le onde ai corpuscoli, incontrerebbe a sua volta la difficoltà di concepire dei *supports sans rappports*, trascurando un dato di fatto accertato, che cioè nel determinare il comportamento di un elettrone entra solo in parte la sua struttura individuale, ma in parte molto maggiore l'ambiente nel quale esso si muove (il campo elettro-magnetico, gravitazionale ecc.; e, per gli elettroni compresi nei tessuti organici, non sarebbe forse il caso di parlare di un campo vitale o di alcunchè di analogo?). In altri termini, la fisica contemporanea fa una parte sempre più larga a quello che in linguaggio kantiano potremmo chiamare un finalismo interno, cioè a una determinazione della totalità sugli elementi costitutivi. Sotto questo aspetto, essa è in pieno contrasto col vecchio atomismo, che pretendeva di ridurre il tutto a un mero aggregato meccanico delle parti. Nelle concezioni odierne, le nature elementari hanno una plasticità incomparabilmente maggiore. Esse obbediscono in certa misura alle leggi del piano, per così dire, di vita, in cui sono costrette ad operare. Un atomo di una sostanza inorganica non è lo stesso atomo se è

rifuso in una sostanza organica. Esso rassomiglia assai meno a un granello di sabbia in un mucchio; assai più — per usare l'espressione felice di un fisico contemporaneo — a una nota in una sinfonia o a una vocale in un sonetto. Per questa via, la scienza d'oggi appare, in alcuni suoi fautori (1), orientata verso un ordine d'idee schiettamente idealistico, se anche non riesce a mantenervisi a lungo.

Sarebbe desiderabile poter determinare in quale misura collaborano i singoli elementi e la totalità organica di cui essi fanno parte, nel risultato finale. Ma purtroppo siamo lontani da questa meta. Poteva sembrare, ed in effetti è sembrato, ricco di promesse il fatto che la fisica, proprio nel corso dei medesimi decenni, s'inoltrasse lungo due direzioni opposte — nello studio della struttura macro-cosmica con la dottrina della relatività, e in quello dell'infinitamente piccolo con la fisica nucleare. Era sperabile che le due strade convergessero e che il relativismo potesse diradare molti dei misteri che si addensano intorno alla natura e all'energia atomica. Queste speranze sono state finora in gran parte smentite; e le due dottrine non hanno offerto che un nuovo episodio del vecchio conflitto tra la scienza del continuo e la scienza del discreto. La dottrina della relatività s'è venuta sempre meglio chiarendo come una dottrina di « strutture » e non d'ingredienti del cosmo. Essa esprime in una forma matematica più corretta e comprensiva delle precedenti i rapporti invarianti tra le cose, ma non spiega la natura stessa delle cose. Essa descrive la materia in termini di « curvature » del continuo spazio-temporale, ma l'esistenza e il valore di tali curvature è un mero presupposto. « Ogni tentativo di ridurre la materia al campo elettromagnetico ha presentato difficoltà insuperabili, dovute all'impossibilità di render conto, in termini di soli E^{ik} (curve cosmiche) degli ultimi aspetti della materia, l'elettrone e il protone » (2). Certo, qualche aspetto parziale dell'atomismo ha

(1) Si veda a questo proposito: WHITEHEAD, *Process and reality*, Cambridge, 1929, p. 109; JEANS, *The mysterious universe*, Cambridge, 1930, p. 136.

(2) D'ABRO, *The evolution of scientific thought from Newton to Einstein*, New York, 1927, p. 358. Lo stesso d'Abro osserva ancora: Uno dei maggiori meriti della teoria della relatività è stato di permetterci di rappresentare la gravitazione come una diretta conseguenza della curvatura dello spazio-tempo. Sarebbe certo il coronamento di questa superba teoria, se essa ci potesse mettere in grado di interpretare tutte le manifestazioni dell'universo fisico in termini di varii tipi di curvature di un solo fondamentale *continuum* spazio-temporale. Ma questo non è possibile. Le equazioni della gravitazione significano solo che quando noi riconosciamo l'esistenza di una grandezza fisica essa è sempre accompagnata

ricevuto luce dalle scoperte relativistiche, p. e. da quella dell'inflessione dei raggi luminosi per effetto della gravità e da quella della variazione della massa in rapporto con la velocità; ma in generale, le due dottrine si pongono su due piani mentali diversi. La geometria dello spazio-tempo non è in grado di dar conto del comportamento dell'atomo (1). Questo, se da un lato ha quei caratteri, per così dire, societari di cui s'è fatto cenno in precedenza, dall'altro ha alcuni tratti individualistici che sfuggono finora a qualunque disciplina scientifica — non solo agli schemi della relatività, ma a tutti gli schemi del meccanismo escogitati dalla scienza moderna.

Noi veniamo così in presenza di uno degli aspetti più sconceranti dell'atomismo contemporaneo, che fanno di esso una dottrina *toto coelo* diversa dall'atomismo tradizionale. Noi eravamo avvezzi a considerare l'atomismo come sinonimo di materialismo e di meccanismo. Ora invece dobbiamo imparare a dissociar nettamente questi tre nomi, se vogliamo penetrar nello spirito delle nuove dottrine. Il vecchio atomismo poneva come un postulato inderogabile la permanenza e l'immutabilità dell'atomo e quindi la conservazione della quantità totale di materia. Questa permanenza dell'atomo abbiamo visto che non sussiste più. È stato provato che la

da corrispondenti curvature dello spazio-tempo. Noi dunque assumiamo che le curvature sono prodotte da quei concreti « qualcosa » che chiamiamo massa, momento, energia, pressione. Per questa via, dobbiamo concedere una dualità di nature: esisterebbero cioè, a egual titolo, la materia e lo spazio-tempo, o meglio la materia e il campo metrico dello spazio-tempo. Einstein, quando elaborò la sua ipotesi dell'universo cilindrico, tentò di rimuovere questa dualità, attribuendo l'esistenza dell'intero campo metrico, cioè dello spazio tempo, all'esistenza della materia. L'atteggiamento dell'Eddington è invece giusto l'inverso. Per lui le equazioni della gravitazione sono mere identità. Esse dicono soltanto che i nostri sensi riconosceranno l'esistenza di certe curvature dello spazio-tempo, interpretandole come materia, movimento, ecc. In altre parole; non c'è materia; non c'è altro che una variabile curvatura dello spazio-tempo. Materia, momento, forza viva, sono i nomi che noi diamo a queste curvature con riferimento ai vari modi con cui esse affettano i nostri sensi. Fin qui il d'Abro (pp. 356-357): ma bisogna anche aggiungere che lo Eddington, per il fatto stesso che riduce le equazioni della gravitazione a mere identità, a espressioni mentali più che reali, è portato a ingigantire il dissidio tra la dottrina della relatività e la fisica atomistica. Se con la prima noi non usciamo dal dominio della nostra mente, con la seconda invece ci addentriamo nel dominio delle cose in sé.

(1) Tra gli altri, il Bohr esclude che i fenomeni più minuti della natura ammettano una rappresentazione nella cornice spazio-temporale: questa sarebbe adeguata solo ai fenomeni macroscopici.

massa corporea è soggetta ad accrescimento e a contrazioni. Già le esperienze del Thomson avevano posto in luce che la massa di un corpo elettrificato può essere mutata ponendola in movimento: più rapido è il moto, più grande diviene la massa, in contrasto col concetto newtoniano di una massa inalterabile. Più tardi, Einstein ha generalizzato queste esperienze, mostrando che non solo l'energia di movimento, ma qualunque specie di energia possiede una massa propria. Ciò non vuol dire per altro che tutta la massa di un corpo sia dovuta all'energia contenuta in esso; ma si considera quella massa come risultante di due parti: una fissa che il corpo conserva inalterata e che è conosciuta sotto il nome di massa inerziale, e una parte variabile, dipendente dalla velocità del moto e proporzionale all'energia di esso, in modo che le masse di due elettroni differiscono nella misura delle rispettive energie. Questa convertibilità della massa in energia — se implica che qualcosa resti costante, cioè la quantità di energia — consente però di parlare di annientamenti della materia, che ripugnano al vecchio atomismo. Che cosa sia poi una tale energia e come sia concepibile la sua permanenza *sans support*, è un'altra quistione di cui il matematico non si preoccupa. Per lui essa è la costante dell'integrazione di una equazione differenziale.

Anche più grave è la crisi del meccanismo e del determinismo scientifico. Già nel corso del secolo XIX le interpretazioni rigorosamente meccanicistiche della natura avevano trovato un primo arresto in alcune verità di origine sperimentale. Così, il secondo principio della termodinamica introduceva nella scienza l'idea di una degradazione dell'energia, cioè di un ordine irriversibile delle forme qualitative dell'energia, che contraddiceva alla perfetta riversibilità dei sistemi puramente meccanici. E la teoria cinetica dei gas a sua volta poteva essere inclusa negli schemi del meccanismo, solo a condizione di sostituire risultati globali e medie statistiche alla determinazione delle singole molecole. Essa apriva la via così a quella trattazione statistica della meccanica, che la più recente fisica nucleare è stata costretta ad usare su più larga scala, in seguito alla constatata impossibilità di far rientrare gli atomi nelle leggi del meccanismo. Il mondo dell'infinitamente piccolo, ci ripetono concordemente i fisici d'oggi, è un mondo anarchico. La dottrina dei *quanta* ha rivelato che il mutamento è sempre discontinuo e che ogni sistema passa da uno stato all'altro sempre per una serie di salti. Ma se desideriamo sapere come si susseguono questi salti, nessuna legge esatta ci soccorre, e siamo costretti ad appellarci a

considerazioni di ordine statistico. Nessun rigido schema deterministico è applicabile in natura, o, secondo le parole del Weyl, nessuna causalità della natura fisica è fondata su leggi rigorosamente esatte. Nel regno microscopico c'imbattiamo nel caos: « il passato è ben lontano dal contenere il presente, come dovrebbe, secondo i concetti del determinismo » (1). Le esperienze già citate del Rutherford avrebbero dovuto dare nell'ambito della meccanica classica, un risultato nullo; invece il loro risultato è stato positivo. Similmente, per dare ragione della resistenza dei nuclei atomici alle forze ripulsive dei protoni riuniti in essi, si è dovuto ammettere un arbitrario mutamento di segno delle cariche elettriche quando i protoni si avvicinano oltre un certo limite indeterminabile. Si è finito col parlare di un principio d'indeterminazione (Heiseberg) immanente all'atomo; l'apparente determinismo del risultato globale non è che una manifestazione della legge dei grandi numeri, come la relativa costanza delle nascite o dei matrimoni nelle statistiche demografiche.

Queste conclusioni, per quanto provvisorie, sono già della più grande importanza. « Il quadro dell'universo che la nuova fisica ci presenta — osserva il Jeans (2) — contiene possibilità maggiore che non l'antico quadro meccanico, perchè la vita e la coscienza esistano nell'interno del quadro stesso, con gli attributi che ad esse noi attribuiamo, come il libero volere e la capacità di rendere l'universo in qualche grado differente con la nostra presenza ». Certo, sarebbe fallace associare l'idea della libertà del volere con quella dell'indeterminismo atomico; e rassomiglierebbe alla pretesa di Epicuro di salvare la libertà con la declinazione degli atomi. Ma è anche certo che, considerando i singoli fatti alle debite distanze e alla propria scala, la fisica odierna ci offre una rappresentazione molto più plastica e molto meno rigida del materiale cosmico, che esclude l'esistenza di cesure troppo nette tra i vari ordini di esseri e facilita l'idea di una continuità di sviluppo, anche intermezzata da discontinuità e da salti, che lasciano largo margine al nuovo, all'imprevisto, all'energia creatrice. Il mondo della coscienza, del pensiero, non potrà mai, indubbiamente, emergere da un mero mondo materiale: un'esperienza filosofica millenaria ci attesta l'incommensurabilità dei due ordini, sì che ci appare destituito di ogni senso il

(1) D'ABRO, op. cit., p. 382.

(2) JEANS, op. cit., p. 29.

ricercare gli elettroni in atto di sprigionarsi dal lavoro mentale. Però a me pare che la fisica odierna venga incontro alle nostre esigenze filosofiche in modo diverso e indiretto. Da una parte, col disarticolare la struttura degl'ingredienti elementari del mondo fisico che la vecchia scienza aveva reso troppo irrigidita e compatta, essa rende possibile associare fino ai gradi infimi della realtà alcuni di quei caratteri che, negli stadi più progrediti, noi esprimiamo coi nomi di sensibilità, memoria, rappresentazione, coscienza, pensiero. D'altra parte, essa s'è allontanata dal procedimento troppo regressivo e riduttivo della scienza precedente, che nelle proprietà degli elementi e nella loro composizione meccanica trovava le ragioni di tutte le formazioni cosmiche, e s'è incamminata per la via opposta di spiegare, almeno parzialmente, l'atteggiarsi degli elementi in conformità delle leggi dei complessi naturali in cui operano. Non tanto l'indeterminazione dell'atomo come tale, quanto la sua capacità di determinarsi variamente secondo la natura del campo energetico, è ciò che offre materia a considerazioni di ordine idealistico. Noi intravediamo la presenza di piani di azione influenti dall'alto al basso sulla struttura del mondo fisico, di anticipazioni teleologiche ordinatrici e distributrici degl'ingredienti materiali. Se nella vecchia concezione atomistica la mente era del tutto fuori del quadro della natura e non la si poteva introdurre in esso che con un doppio miracolo, quello della creazione divina e quello della conoscenza umana, nella nuova concezione invece ci par di vederla rendersi più intrinseca ad esso e meglio ripartita la sua azione nei vari ordini e livelli della vita cosmica. L'antico meccanismo non conosceva storia; in esso la mente non poteva riconoscersi che come *mens momentanea*, cioè come negazione di quei caratteri che la mente si attribuisce come più proprii e che si collegano ai nomi di processo e di sviluppo. Il nuovo atomismo fa una parte più larga a questi valori ideali (1).

continua.

GUIDO DE RUGGIERO.

(1) Questo articolo era già scritto da tempo, quando m'è occorso di leggere nella *Rivista di filosofia* (ottobre-dicembre 1932) un lucidissimo articolo di G. FURLANI su *La concezione del mondo fisico nella scienza moderna*. Il lettore troverà in esso un'esposizione molto più tecnica e particolareggiata di concetti scientifici che io ho abbozzato soltanto, dato l'intento alquanto diverso del mio saggio.