

## Il determinismo e la fisica quantistica nel Congresso fiorentino della « Mathesis »

Non è stato possibile ricostruire in forma sufficientemente esatta la discussione della Società italiana di scienze fisiche e matematiche « Mathesis » nelle adunanze dei giorni 21 e 22 settembre a Firenze, poichè il Segretario è riuscito a farne solo un resoconto sommario, come processo verbale. E pertanto, rinunciando alla pretesa di riferire codesta discussione nella sua interezza, credo tuttavia fare opera non discara ai lettori coll' esporre in forma libera alcune almeno delle idee, osservazioni e suggestioni, che in quella vennero affacciate: chiedendo senza a coloro le cui parole sono costretto a passare sotto silenzio.

Il problema è stato posto dalle conferenze dei professori E. PERSICO ed E. FERMI, che sono pubblicate come articoli nel precedente e nel presente fascicolo del « Periodico ». Più precisamente, il Persico ha dichiarato le ragioni che, secondo HEISENBERG e i fondatori della meccanica quantistica, suggeriscono la rinuncia al determinismo postulato fin qui nelle equazioni differenziali della fisica teorica; mentre il Fermi si è assunto il compito di mostrare le conseguenze grandiose della nuova meccanica, che dovrebbero giustificare e — com'egli ha detto — pagare il prezzo di quella rinuncia.

La discussione è cominciata con una pregiudiziale kantiana: il prof. A. PADOA ha detto infatti che il determinismo non può esser provato vero o non vero dagli sviluppi della scienza, essendo presupposto come criterio logico dalla ricerca scientifica. Osservazione perfettamente giusta: alla quale tuttavia si potrebbe rispondere che per dimostrare la realtà di codesto criterio logico a priori bisogna riconoscere (con KANT) la possibilità della scienza; ora la nuova concezione della fisica

teorica dà a tale domanda una soluzione scettica: non c'è più scienza razionale, nel senso classico della parola, perchè non c'è più la possibilità di previsioni (rigorosamente) determinate dei fenomeni elementari; soltanto i fenomeni di massa appaiono retti dal principio deterministico, in quanto si assumono valide le leggi dei grandi numeri che consentono l'applicazione del calcolo delle probabilità.

Il Presidente dell'adunanza ha desiderato che la discussione valesse prima di tutto a chiarire il pensiero dei fisici, e perciò ha pregato espressamente il prof. O. M. CORBINO di volere esporre la sua autorevole opinione.

Il prof. Corbino premette che la importanza dei risultati conseguiti dalla Fisica teorica non viene intaccata da eventuali divergenze sulla necessità di accettare le nuove idee sul principio di causalità, e rileva che non ha senso dire oggi, come qualcuno ha detto, torniamo a GALILEO, poichè anche Galileo emise a suo tempo delle idee altrettanto rivoluzionarie, e che avrebbero potuto far invocare un ritorno ad ARISTOTELE. Del resto la Fisica non si è fermata al pendolo e al cannocchiale, perciò anche il metodo di Galileo potrebbe essere insufficiente ai bisogni della Fisica moderna. Ritiene però necessario, per debito di sincerità, completare l'esposizione del prof. Persico, riferendo dei casi nei quali alcuni Fisici teorici rinunciano in forma ancora più grave al concetto di causalità.

Il prof. PERSICO ha soprattutto illustrato il principio di indeterminazione, e cioè la impossibilità di precisare contemporaneamente, e con esattezza illimitata, la posizione e la velocità di una particella come l'elettrone. E su questo punto i Fisici sperimentali sono forse più convinti dei teorici, poichè per loro ha un peso grandissimo il fatto che escogitando cinque, dieci, quindici metodi diversi per fissare la posizione e la velocità di un elettrone in moto si giunga alla conclusione che non solo c'è sempre un limite alla precisione della misura, ma che quel limite sia legato in modo costante alla grandezza  $h$  di PLANCK. Tale coincidenza, che si verifica con tutti gli artifici finora ideati, vale per uno sperimentatore quanto la dimostrazione matematica della sua esistenza in tutti i casi.

Ma finchè si tratta di determinare posizione e velocità di

un elettrone, l'impossibilità di tale determinazione con esattezza illimitata è provocata dall'intervento dello sperimentatore che esegue tale determinazione. Ci sono invece degli altri casi in cui si rinuncia al principio di causalità per fenomeni nei quali lo sperimentatore sta ad osservare senza influire sull'andamento dei fenomeni. Egli ne cita tre:

1° Caso - Due atomi sono in presenza, l'uno eccitato otticamente, l'altro nello stato quantico di riposo; il primo emette un quanto di luce. La teoria permette di prevedere con quale probabilità il secondo, dopo un certo tempo, è capace di eccitarsi, cioè, in termini antichi, di ricevere il quanto. Questa probabilità dipende dalla presenza degli apparecchi interposti, ed è calcolabile come con la teoria delle onde. Ma non si sa se una esplosione del primo atomo provocherà l'assorbimento del secondo o no; i teorici estremisti dicono: non si sa e non si saprà mai altro che l'effetto statistico di innumerevoli esplosioni e ricezioni. E perciò il fatto elementare dell'assorbimento di un quanto di luce avverrebbe senza obbedire a una legge di causalità.

2° Caso - Una serie di onde, per esempio di raggi X, investe un elettrone. Questo riceve un impulso e sfugge in una certa direzione. Dicono i teorici nuovi che quella direzione è *qualunque*, e non è determinabile a priori anche se si conoscono tutti gli elementi fisici dell'incontro.

3° Caso - Gli atomi del radio esplodono in tempi successivi cosicchè in duemila anni circa metà si sono trasformati. Così in un pezzo di radio ci sono atomi che esploderanno entro un minuto da adesso, atomi che esploderanno solo fra migliaia di secolli. I nuovi teorici affermano che non si può trovare, e che anzi non esiste, una differenza tra questi tipi di atomi che hanno una vita così diversa, e nemmeno una differenza tra le condizioni ambientali al momento della rispettiva esplosione. L'esplosione dell'uno o dell'altro è puramente casuale.

Si vede da questi tre casi che la posizione assunta dai nuovi teorici rispetto al principio di causalità è ancora più recisa di quanto appariva dal semplice principio di indeterminazione. Ed è su questa parte che i fisici sperimentali sentono il maggior disagio, in quanto non percepiscono la necessità di ammettere che manchi una causa cui si deve ad

esempio la fine di un atomo di radio anzichè di un altro. Pare cioè più naturale l'ammettere che quella causa esista ma che è a noi ignota; così come c'è una ragione, anche se noi la ignoriamo, per cui un uomo prende la polmonite e un altro no.

A parere dell'oratore la Fisica teorica non ha bisogno di affermare che non esiste la causa di tali fenomeni; ma le basta, ed è già un compito grandiosamente assolto, il dire che si può fare la Fisica senza conoscere il principio di causalità, e spiegando i fenomeni quali a noi si presentano, cioè nel mondo macroscopico che mette in ginoco i risultati statistici. E allora la Fisica teorica prenderebbe la posizione già tenuta dalla Termodinamica, che permette la previsione quantitativa dei fenomeni senza spiegarne il meccanismo; ma senza escludere che quel meccanismo esista, e possa essere un giorno conosciuto dall'Uomo.

Del resto anche la Teoria cinetica dei gas poteva permettere lo studio della fenomenologia macroscopica dei gas medesimi senza bisogno di sapere le velocità singole delle varie molecole. Ma ciò non toglie che quelle velocità esistano e possano concepirsi come misurabili.

Messa la questione in tali termini la divergenza appare piuttosto di natura sentimentale, e perciò poco suscettibile di risoluzione attraverso alla discussione, e forse anche piuttosto aliena dagli obbiettivi e dallo spirito delle Scienze positive.

L'esposizione del prof. Corbino, seguita dall'assemblea col più vivo interesse, ha raccolto anche le più generali approvazioni.

Hanno parlato diversi oratori di cui ci è impossibile qui riferire esattamente il pensiero:

il prof. CASTELLI, di filosofia teoretica, vuol chiarire la distinzione fra « causa » e « legge »;

il prof. BORROLOTTI richiama alcune nozioni di calcolo delle probabilità;

il prof. CANTONE rileva che, negli esempi riportati, si è considerato sempre il caso di due corpi (elettroni); non è escluso che tenendo conto dell'esistenza di tutti i corpi possa ristabilirsi la possibilità teorica della previsione;

il prof. A. MOCHI, del Cairo, tiene a distinguere il concetto del determinismo scientifico da quello filosofico e ad

affermare il carattere ideale e fittizio degli oggetti (elettroni) cui si riferisce la teoria fisica; provocando su questo punto una replica del prof. Corbino.

Il prof. ENRIQUES, c e presiedeva l'adunanza, ha osservato non essere utile, ai fini di un migliore chiarimento della questione, che l'assemblea si trovi troppo facilmente d'accordo nel sentimento che respinge le nuove vedute. E perci  (mentre rammaricava l'assenza del prof. Fermi) ha pregato espressamente il prof. Persico di dire quelle cose ch'egli stimasse pi  opportune per sostenere le vedute di HEISENBERG. E questo appunto ha fatto il prof. PERSICO e con lui il prof. WATAGHIN. Il chiarimento pi  interessante che   stato fornito da tali spiegazioni sembra essere il seguente:

La teoria di Heisenberg risponde a una veduta rigorosamente positiva; quando si parla di differenze fra due elettroni od oggetti qualsiasi si deve sempre intendere *differenze sperimentabili*. Dire che non c'  differenza fra due atomi, uno dei quali si disintegrer  pochi istanti appresso mentre l'altro rimarr  integro per un lungo intervallo di tempo, significa soltanto che non   possibile mettere in rilievo una differenza mediante quelle operazioni, appartenenti ad una serie ben definita, che costituiscono le esperienze possibili. Cos  spiegata, la dottrina sembra assumere un significato pi  plausibile.

Il presidente dell'adunanza, prof. F. Enriques, ha riassunto e conchiuso la discussione.

Esiste un nuovo e grandioso edificio della fisica teorica che trova oggi la sua pi  alta espressione nella meccanica quantistica. Il prof. Fermi ci ha invitato a rinunziare al concetto classico del determinismo, pagando questo prezzo al successo della nuova dottrina. Qualcuno forse sarebbe disposto a consentire; ma non pagher  pi , se vede che si pu  entrare a teatro senza pagare: le sorti della meccanica quantistica e dell'indeterminismo non sono necessariamente solidali.

Tuttavia   molto interessante che i nuovi sviluppi della fisica suggeriscano o s'accordino con una concezione che rovescia la veduta tradizionale della scienza di DEMOCRITO e GALILEO.   da ritenere che codesta concezione non sia un prodotto genuino del pensiero fisico: essa viene evidentemente ai fisici da alcuni filosofi contingentisti che forse hanno per capo-stipite A. COURNOT, e di cui si pu  ricordare come

rappresentante il PEARSON. Negli scritti di questi filosofi, concernenti la teoria della probabilità, si trova appunto l'idea che la legge di causalità non debba avere un impero universale. I nostri fisici introducendola nel campo della loro scienza aggiungono questa riflessione: che, in cambio del determinismo, basta assumere un postulato più largo, cioè la validità delle leggi statistiche, che di solito si giustifica invece come conseguenza del determinismo.

La posizione filosofica dei nuovi fisici teorici si lascia comprendere come uno sviluppo rigoroso del positivismo che deriva da A. COMTE e E. MACH. Si ammette di poter formare in qualche modo un elenco di tutti i tipi di esperienze possibili. Nessun oggetto e nessun rapporto fra oggetti può essere pensato e definito se non per mezzo di esperienze possibili. Non è detto a priori che il sistema di queste esperienze definisca una realtà governata dal principio deterministico.

La cosa si rende chiara osservando che altre esigenze mentali non appaiono soddisfatte nei limiti d'un sistema positivamente definito: per esempio i fenomeni di moto della materia ponderabile dan luogo a rapporti causali ove manca la continuità nello spazio e nel tempo richiesta come un postulato della nostra rappresentazione concettuale; ma appunto per soddisfare al bisogno di continuità i fisici furono indotti ad aggiungere alla materia l'etere cosmico, traverso a cui si propagano i fenomeni elettromagnetici e luminosi.

Il problema filosofico, sollevato dalla meccanica quantistica, si riduce dunque alla domanda: se lo schema chiuso d'un sistema d'esperienze indipendente dal principio deterministico non possa essere allargato mercè la rappresentazione concettuale d'una realtà più vasta e, per ora, in parte fittizia. Una siffatta rappresentazione potrà forse giustificarsi non solo in base ad un'esigenza della mente, sì anche per un criterio d'utilità, se essa risponda ad un progresso ulteriore della scienza; per esempio quando si voglia oltrepassare la fisica dell'elettrone, costruendo la fisica del nucleo. Appunto per riguardo a questa possibile estensione della scienza razionale è lecito conservare la fede in quel determinismo, che è stato finora, e — secondo la conformazione logica della nostra mente — promette di rimanere anche in futuro, il criterio direttivo della ricerca scientifica.