



NEL CENTENARIO DELLA NASCITA DI ETTORE MAJORANA

PRESENTAZIONE: il presente articolo fu scritto da Ettore Majorana, in maniera parzialmente didascalica, per una rivista di sociologia; rinunciando poi a pubblicarlo (ed, anzi, cestinandolo). Esso ha visto la luce postumo, per interessamento di Giovanni Gentile jr., grande amico di Ettore, sulla rivista *Scientia*, vol. 36, fascicolo del Febbraio-Marzo del 1942, pp.58-66. Dopo di allora non è stato più ripubblicato da alcuna rivista in lingua italiana. Non si sa quando fu scritto: forse negli anni venti, dato che si fa riferimento alla meccanica quantistica standard, senza accenni alle critiche sorte negli anni trenta. Però il tema centrale di questo scritto era ancora vivo nell'animo del Nostro nel 1934: infatti, il 27.07.34 (su carta listata a lutto, dato che quell'anno era mancato suo padre), il Majorana scriverà a Giovannino Gentile di attendersi che "presto sarà generalmente compreso che la scienza ha cessato di essere una giustificazione per il volgare materialismo". Qui presentiamo una opportuna riduzione di tale articolo, a nostra cura (inoltre, dato che il testo apparso su *Scientia* contiene alcuni evidenti errori, commessi nell'interpretazione della calligrafia di Majorana, la presente versione è stata pure leggermente "corretta"). Il lettore interessato potrà trovare tutti i documenti noti - a parte quelli rinvenuti nell'ultimo anno - nel nostro volume su "Il Caso Majorana: Epistolario, Testimonianze, Documenti" (Mondadori, Milano, 1987 e 1991; Di Renzo Editore, Roma, 2000 e 2002).

Erasmus Recami

Università di Bergamo, e Sez. INFN di Milano

ETTORE MAJORANA

Il valore delle Leggi Statistiche nella Fisica e nelle Scienze Sociali

Riassunto dell'Autore: La concezione *deterministica* della natura racchiude in sé una reale causa di debolezza nell'irrimediabile contraddizione che essa incontra con i dati più certi della nostra stessa coscienza. G. Sorel tentò di comporre questo dissidio con la distinzione tra *natura artificiale* e *natura naturale* (quest'ultima *acausale*), ma negò così l'unità della scienza. D'altra parte l'analogia formale tra le leggi statistiche della Fisica e quelle delle Scienze Sociali accreditò l'opinione che anche i fatti umani sottostiano a un rigido determinismo. È importante, quindi, che i recenti principii della Meccanica Quantistica abbiano portato a riconoscere (oltre ad una certa assenza di oggettività nella descrizione dei fenomeni) il carattere *statistico* anche delle leggi ultime dei processi elementari. Questa conclusione ha reso sostanziale l'analogia tra fisica e scienze

sociali, tra le quali è risultata un'identità di valore e di metodo.

Lo studio dei rapporti, veri o supposti, che passano fra la fisica e le altre scienze, ha sempre rivestito un notevole interesse...È noto che le leggi della meccanica, in modo particolare, sono apparse lungamente come il tipo insuperabile delle nostre conoscenze della natura, e si è anzi creduto da molti che a tal tipo, in ultima analisi, si sarebbero dovute ricondurre anche le nozioni imperfette fornite dalle altre scienze. Valga ciò di giustificazione allo studio che intraprendiamo.

1- LA CONCEZIONE DELLA NATURA SECONDO LA FISICA CLASSICA

Il credito eccezionale goduto dalla fisica deriva evidentemente dalla scoperta delle così dette leggi esatte, consistenti in formule relativamente semplici che, escogitate originariamente in base a indicazioni frammentarie e approssimative dell'esperienza, si rivelano in seguito di universale validità, sia che vengano applicate a nuovi ordini di fenomeni, sia che il progressivo affinamento dell'arte sperimentale le sottoponga a un controllo

sempre più rigoroso. È a tutti noto che secondo la concezione fondamentale della meccanica classica, il movimento di un corpo materiale è *interamente determinato* dalle condizioni iniziali (posizione e velocità) in cui il corpo si trova, e dalle *forze* che agiscono su di esso. Sulla natura e misura delle *forze* che si possono creare nei sistemi materiali, le leggi generali della meccanica stabiliscono però solo qualche condizione... In un caso tuttavia è stato possibile trovare l'espressione generale delle forze che nascono fra i corpi materiali: nel caso cioè che questi siano isolati e agiscano quindi reciprocamente solo a *distanza*...; una situazione di questo tipo la si incontra in presenza della gravitazione universale (la cui nozione venne suggerita a Newton dall'analisi matematica delle leggi di Keplero). Infatti, la legge di Newton è tipicamente applicabile allo studio dei movimenti degli astri che, essendo separati da immensi spazi vuoti, possono influenzarsi a vicenda solo attraverso un'apparente azione a distanza. Come è noto, tale legge è realmente sufficiente per prevedere in ogni aspetto e con esattezza meravigliosa tutto il complesso svolgimento del nostro sistema planetario. Una sola minuta eccezione, riguardante lo spostamento secolare che subisce il perielio di Mercurio, costituisce una delle maggiori prove sperimentali della recente teoria della relatività generale.

Il successo sensazionale della meccanica applicata all'astronomia ha incoraggiato la supposizione che anche i fenomeni più complicati dell'esperienza comune debbano infine ricondursi a un meccanismo simile, e solo alquanto più generale, della legge di gravitazione. Secondo tale modo di vedere, che ha dato luogo alla *concezione meccanicistica* della natura, tutto l'universo materiale si svolge obbedendo a una legge inflessibile, in modo che il suo stato in un certo istante è interamente determinato dallo stato in cui si trovava nell'istante precedente; segno che tutto il futuro è implicito nel presente, nel senso che può essere previsto con assoluta certezza purché lo stato attuale dell'universo sia interamente noto. Tale concezione pienamente deterministica della natura ha avuto in seguito numerose conferme; gli sviluppi ulteriori della fisica, dalla scoperta delle leggi dell'elettromagnetismo fino alla teoria della Relatività, hanno suggerito infatti un progressivo allargamento dei principii della

meccanica classica, ma hanno, d'altra parte, vigorosamente confermato il punto essenziale, cioè la completa *causalità* fisica. Non è contestabile che si debba proprio al determinismo il merito principale di aver reso possibile il grandioso sviluppo moderno della scienza, anche in campi lontanissimi dalla fisica. *Eppure il determinismo, che non lascia alcun posto alla libertà umana e obbliga a considerare come illusori, nel loro apparente finalismo, tutti i fenomeni della vita, racchiude una reale causa di debolezza: la contraddizione immediata e irrimediabile con i dati più certi della nostra coscienza.*

Come il suo effettivo e, secondo ogni verosimiglianza, definitivo superamento sia avvenuto proprio nella fisica in questi ultimi anni, diremo più avanti; sarà anzi nostro scopo l'illustrare il rinnovamento che il concetto tradizionale delle leggi statistiche deve subire in conseguenza del nuovo indirizzo seguito dalla fisica contemporanea. Ma per il momento vogliamo ancora attenerci alla concezione classica della fisica; non solo per il suo enorme interesse storico, ma anche perché essa è ancora la sola largamente conosciuta oltre la cerchia degli specialisti. Prima di chiudere questa parte introduttiva, crediamo opportuno ricordare che le critiche al determinismo si sono nel tempo via via moltiplicate..., invocando alcune volte un principio metafisico di G.B.Vico, e più spesso il principio pragmatista. Quest'ultimo - il principio di giudicare le dottrine scientifiche in base alla loro concreta utilità - non giustifica in alcun modo, però, la pretesa di condannare l'ideale dell'unità della scienza, che si è rivelata più volte un efficace stimolo al progresso delle idee.

2. IL SIGNIFICATO CLASSICO DELLE LEGGI STATISTICHE E DELLE STATISTICHE SOCIALI

Per bene intendere il significato delle leggi statistiche secondo la Meccanica, bisogna richiamarsi ad una ipotesi sulla struttura della materia che, già familiare agli antichi, entrò effettivamente nel dominio della scienza ai primi del secolo scorso per opera di Dalton; questi riconobbe per primo in tale ipotesi la naturale spiegazione delle leggi generali della chimica, da poco messe in luce. Secondo la moderna teoria atomica, che è stata definitivamente confermata con i metodi propri della fisica, esistono in natura tante specie di

particelle elementari indivisibili, o atomi, quanti sono i corpi chimici semplici; dall'unione di due o più atomi di specie uguale o diversa, o talvolta da atomi isolati, risultano, come ben noto, le molecole, le quali sono le ultime particelle capaci di una esistenza indipendente in cui si può suddividere una sostanza chimicamente definita. Le singole molecole (e talvolta anche gli atomi all'interno delle molecole), lungi dall'occupare una posizione fissa, sono animate da un movimento rapidissimo di traslazione e di rotazione su se stesse. La struttura molecolare dei corpi gassosi è particolarmente semplice. Infatti nei gas in condizioni ordinarie le singole molecole si possono considerare come particolarmente indipendenti, e a distanze reciproche considerevoli rispetto alle loro ridottissime dimensioni... [omissis]... Vi è una intera branca della fisica, la termodinamica, i cui principii, benché fondati direttamente sull'esperienza, si possono ricondurre alle nozioni generali della meccanica statistica. Per quanto abbiamo fatto finora, si può così riassumere il significato delle leggi statistiche secondo la fisica classica: 1°) i fenomeni naturali obbediscono ad un determinismo assoluto; 2°) l'osservazione *ordinaria* non permette di riconoscere esattamente lo stato *interno* di un corpo, ma solo il suo stato macroscopico; 3°) stabilite delle ipotesi plausibili... il calcolo delle probabilità permette la previsione più o meno certa dei fenomeni futuri.

Possiamo ormai esaminare il rapporto che passa fra le leggi stabilite dalla meccanica classica e quelle regolarità francamente empiriche che sono note con lo stesso nome in modo particolare nelle scienze sociali. Bisogna anzitutto convincersi che l'analogia formale non potrebbe essere più stretta. Quando si enuncia, ad es., la legge statistica: "In una società moderna di tipo europeo il coefficiente annuo di nuzialità è prossimo a 8 per 1000 abitanti", è abbastanza chiaro che il sistema su cui dobbiamo eseguire le nostre osservazioni è definito solo in base a certi caratteri globali rinunciando deliberatamente a indagare tutti quei dati ulteriori (come per es. la biografia di tutti gli individui che compongono la società in esame) la cui conoscenza sarebbe indubbiamente utile per prevedere il fenomeno con maggiore precisione e sicurezza di quanto non consenta la generica legge statistica; non altrimenti, allorché si

definisce lo stato (macroscopico) di un gas semplicemente dalla pressione e dal volume, si rinuncia deliberatamente a investigare posizione e velocità di tutte le singole molecole. Una differenza sostanziale si potrebbe invece scorgere nel carattere matematicamente definito dalle leggi statistiche della fisica a cui fa riscontro quello chiaramente empirico delle leggi statistiche sociali; ma è plausibile attribuire l'empirismo delle statistiche sociali alla complessità dei fenomeni che esse considerano, per cui non è possibile definire esattamente le condizioni o il contenuto della legge. D'altra parte anche la fisica conosce le leggi empiriche quando studia fenomeni di puro interesse applicativo; tali, ad es., le leggi sull'attrito fra corpi solidi, o sulle proprietà magnetiche dei vari tipi di ferro, e altri simili. Infine si potrebbe dare speciale importanza alla differenza nei metodi di rilevazione, che nella fisica sono globali (così basta lettura di uno strumento di misura per conoscere la pressione di un gas benché essa derivi dalla somma degli impulsi indipendenti che le singole molecole trasmettono alle pareti), mentre nelle statistiche sociali si registrano di solito i fatti individuali; non è però neanche questa un'antitesi assoluta, come prova la possibilità dei metodi più vari di rilevazione indiretta.

Ammesse così le ragioni che fanno credere all'esistenza di una reale analogia fra le leggi statistiche fisiche e sociali, si potrebbe essere indotti a ritenere plausibile che, come le prime presuppongono logicamente un rigido determinismo, così le ultime possano essere ritenute da parte loro la prova che il determinismo governa anche i fatti umani; argomento che ha avuto tanto miglior fortuna in quanto, come abbiamo detto in principio, si era manifestata per ragioni indipendenti la tendenza a vedere nella causalità della fisica classica un modello di valore universale.

Sarebbe qui fuor di luogo riprendere discussioni antiche e mai concluse, ma crediamo di poter ricordare, come fatto generalmente ammesso, che la non avvenuta conciliazione fra le nostre contrastanti intuizioni della natura ha lungamente pesato sul pensiero moderno e sui valori morali. Non va quindi accolto semplicemente come una curiosità scientifica l'annuncio che negli ultimissimi anni la fisica è stata costretta ad abbandonare il suo indirizzo tradizionale

rigettando, in maniera verosimilmente definitiva, il determinismo assoluto della meccanica classica.

3. LE NUOVE CONCEZIONI DELLA FISICA

È impossibile esporre con qualche completezza in poche righe lo schema matematico e il contenuto sperimentale della meccanica quantistica [il lettore che desideri approfondire le sue conoscenze in tale materia aggirando, finché si può, lo scoglio matematico, può consultare alcuni testi semi-divulgativi di W.Heisenberg]. Ci limiteremo pertanto a qualche accenno. Vi sono dei fatti sperimentali noti da gran tempo (fenomeni di interferenza) che depongono irrefutabilmente a favore della teoria *ondulatoria* della luce; altri fatti scoperti da recente (effetto Compton) suggeriscono, *al contrario*, non meno decisamente l'opposta teoria *corporeo-scolare*. Tutti i tentativi di comporre la contraddizione nel quadro della fisica classica sono rimasti assolutamente infruttuosi. Sennonché di tali fatti inesplicabili, e di altri non meno inesplicabili e della più diversa natura, e infine di quasi tutti i fenomeni noti ai fisici e finora insufficientemente spiegati, si è trovata realmente da pochi anni la spiegazione unica e meravigliosamente semplice: quella contenuta nei principi della *meccanica quantistica*. Questa straordinaria teoria è dunque così solidamente fondata nell'esperienza come forse nessun'altra fu mai; le critiche a cui essa fu ed è assoggettata non possono quindi concernere in alcun modo la legittimità del suo uso per l'effettiva previsione dei fenomeni, ma soltanto l'opinione, condivisa dai più, che il nuovo indirizzo da essa segnato debba conservarsi, e anzi ancora accentuarsi, nei futuri sviluppi della fisica. Gli aspetti caratteristici della meccanica quantistica, in quanto essa si differenzia dalla meccanica classica sono i seguenti:

a) non esistono in natura leggi che esprimano una successione fatale di fenomeni; anche le leggi ultime che riguardano i fenomeni elementari (sistemi atomici) hanno carattere statistico, permettendo di stabilire soltanto la *probabilità* che una misura eseguita su un sistema preparato in un dato modo dia un certo risultato, e ciò qualunque siano i mezzi di cui disponiamo per determinare con la maggior esattezza possibile lo stato iniziale del sistema. Queste leggi statistiche indicano

un reale difetto di determinismo, e non hanno nulla di comune con le leggi statistiche classiche... (Un esempio ben noto di questo nuovo tipo di leggi naturali è dato da quelle che regolano i processi radioattivi...; i singoli atomi radioattivi non subiscono alcuna influenza reciproca o esterna per quanto riguarda l'istante del loro decadimento: infatti il numero delle disintegrazioni che hanno luogo in un certo intervallo di tempo è soggetto a fluttuazioni dipendenti esclusivamente dal caso, cioè dal carattere probabilistico della legge individuale di trasformazione;

b) una certa mancanza di *oggettività* nella descrizione dei fenomeni. Qualunque esperienza eseguita in un sistema atomico esercita su di esso una perturbazione finita che non può essere, per ragioni di principio, eliminata o ridotta. Il risultato di qualunque misura sembra perciò riguardare piuttosto lo stato in cui il sistema viene portato nel corso dell'esperimento stesso, che non quello inconoscibile in cui si trovava prima di essere perturbato. Questo aspetto della meccanica quantistica è senza dubbio più inquietante, cioè più lontano dalle nostre intuizioni ordinarie, che non la semplice mancanza di determinismo.

La meccanica quantistica ci ha insegnato, come si diceva, a vedere nella "legge esponenziale" delle trasformazioni radioattive una legge elementare non riducibile ad un più semplice meccanismo causale. Naturalmente anche le leggi statistiche note alla meccanica classica e riguardanti *sistemi complessi*, conservano la loro validità secondo la meccanica quantistica... Ma l'introduzione nella fisica di un nuovo tipo di legge statistica, o meglio semplicemente probabilistica, che si nasconde, in luogo del supposto determinismo, sotto le leggi statistiche ordinarie, obbliga a rivedere le basi dell'analogia che abbiamo stabilita più sopra con le leggi statistiche sociali.

È indiscutibile che il carattere statistico di queste ultime deriva almeno in parte dalla maniera in cui vengono definite le condizioni dei fenomeni: maniera generica, cioè propriamente "statistica". D'altra parte, se ricordiamo quanto si è detto più sopra sulle *tavole di mortalità* degli atomi radioattivi, siamo indotti a chiederci se non esista anche qui un'analogia reale con i fatti sociali, che si descrivono con linguaggio alquanto simile.

Qualche cosa a prima vista sembra escluderlo; la disintegrazione di un atomo è un fatto semplice, imprevedibile, che avviene improvvisamente e isolatamente dopo un'attesa talvolta di migliaia e perfino di miliardi di anni; mentre niente di simile accade per i fatti registrati dalle statistiche sociali. Questa non è però un'obiezione insormontabile. La disintegrazione di un atomo radioattivo può obbligare un contatore automatico a registrarlo con effetto meccanico, reso possibile da adatta amplificazione. Bastano quindi comuni artifici di laboratorio per preparare una catena comunque complessa e vistosa di fenomeni che sia *comandata* dalla disintegrazione accidentale di un solo atomo radioattivo. *Non vi è*

nulla dal punto di vista strettamente scientifico che impedisca di considerare come plausibile che all'origine di avvenimenti umani possa trovarsi un fatto vitale egualmente semplice, invisibile e imprevedibile. Se è così, come noi riteniamo, le leggi statistiche delle scienze sociali vedono accresciuto il loro ufficio, che non è soltanto quello di stabilire empiricamente la risultante di un gran numero di cause sconosciute, ma soprattutto di dare della realtà una testimonianza immediata e concreta. La cui interpretazione richiede un'arte speciale, non ultimo sussidio dell'arte di governo.

Ettore Majorana

(riduzione di Erasmo Recami)

L'angolo della lettura

