Ivo Modena (*)

CERTEZZE E LIMITI NELLA SCIENZA MODERNA (**)

Abstract - Modena I., 2005 - Certaintes and limitations of Modern Science.

Atti Acc. Rov. Agiati, a. 255, 2005, ser. VIII, vol. V, B: 33-45.

The Author, after analyzing the principles of modern physics, due mostly to Galileo and Newton, expounds the so called scientific method, and underlines the character of certainty characterizing this science, which can be considered as representative of all modern science. With the help of a historical digression, he examines the periods when the criticism of some theoretical physicists and new experimental results have put in a difficult position this certainty. The most interesting moments were: the elaboration of the theory of relativity, the birth of quantum mechanics, and, more recently, all the studies on non-equilibrium and chaotic phenomena. All these items push towards the revision of deterministic physics. However, the conclusion is in favor of the certainty of the Galilean scientific method, which is still at the basis of a rational knowledge of nature. Mankind, including people living today, have often felt confused when confronted with scientific discoveries, and particularly in considering the consequences coming from the application of some of them (e.g., the atomic bomb). Thus the main problem refers to the use of technology as an application of scientific knowledge. In any case, the use of knowledge, scientific or not, is a fundamental question, pertaining to both ethics and will. In this optics, what we have to ask ourselves is not whether there is a limit, but rather whether there is the need of establishing one.

Key words - Science, History of Science.

Riassunto - Modena I., 2005 - Certezze e limiti nella scienza moderna.

L'autore, premessa una rapida analisi dei principi della fisica moderna, dovuti principalmente a Galileo e Newton, illustra il metodo cosiddetto scientifico e ne evidenzia gli elementi di certezza che caratterizzano questa scienza, che può essere presa come rappresentante emblematica di tutta la scienza moderna. Attraverso un excursus storico, egli esamina alcuni periodi nei quali le critiche di vari fisici teorici e nuovi risultati sperimentali hanno messo in crisi questa certezza. I momenti più inte-

---

(*) Ordinario di Fisica Generale Università «Tor Vergata», Roma; associato allo Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

(**) Relazione pubblica presentata nella sede dell'Accademia Roveretana degli Agiati in data 10 febbraio 2005.

ressanti sono stati: l'elaborazione della Teoria della Relatività, la nascita della Meccanica Quantistica e, ultimamente le considerazioni sui fenomeni di non equilibrio e caotici che portano alla necessità di una revisione della fisica deterministica. La conclusione è, tuttavia, a favore della certezza nel metodo scientifico galileiano che permane una caratteristica significante della conoscenza razionale della natura. Gli uomini, anche quelli del giorno d'oggi, sono rimasti spesso confusi di fronte alle scoperte scientifiche e sopratutto di fronte alle conseguenze delle applicazioni di alcune di esse (per es. la bomba atomica); quindi quello che si pone è il problema della tecnica come uso della conoscenza scientifica. Ma l'uso della conoscenza, scientifica e non scientifica, è una questione fondamentale che riguarda però la morale e la volontà. Da questo punto di vista è necessario chiederci non se esiste un limite, ma se esiste la necessità di introdurne uno.

PAROLE CHIAVE - Scienza, Storia della scienza.

1. INTRODUZIONE

Non sono né uno storico né un filosofo della scienza e quindi questa chiaccherata è solo qualche considerazione di un fisico della seconda metà del secolo scorso.

Iniziamo con lo stabilire la collocazione della fisica nella scienza attuale. La fisica è stata la prima tra le scienze ad uscire dall'empass dell'aristotelismo (non di Aristotele) che si era posto, riguardo alla scienza, praticamente in un punto morto dovuto al suo dogmatismo «a priori»; la natura era descritta non in seguito ad una attenta osservazione dei fenomeni, ma in base a criteri e principi che non erano conseguenza di una meditazione sull'esperienza, ma erano posti come ovvie deduzioni da principi primi che si potevano estrarre da considerazioni «filosofiche» a priori (ricordiamo che per secoli la scienza è stata chiamata «filosofia della natura»).

L'uomo ha sempre costruito dei sistemi di idee in modo che corrispondessero ai fenomeni esterni. Questi sistemi sono collegamenti tra idee o gruppi di idee elaborati nella mente dell'uomo, secondo una sua struttura interiore, che devono essere confrontati con l'esperienza. Prima dell'uso rigoroso della logica e della matematica, l'uomo ha inconsapevolmente trascurato la precisione ed in parte l'oggettività nella costruzione di sistemi, purché essi soddisfacessero i desideri della fantasia. Sicuramente, nel passato, l'accettazione e la verifica di una teoria erano in gran parte affidate ad una gratificazione emotiva. Cosi sono nati i miti, i misteri, le cosmogonie dell'antichità, che potevano soddisfare la mente e che, d'altra parte, potevano resistere vittoriosamente anche a molti insuccessi poiché non rispondevano alla rigorosità dei nostri criteri scientifici.

2. LE RADICI DELLA CERTEZZA

Se vogliamo dare una paternità alla scienza moderna possiamo affermare che la costruzione della fisica moderna, partendo dalla galileiana «sensata esperienza», attraverso un processo induttivo-deduttivo la dobbiamo, penso, innanzitutto a Galileo e a Newton e da quì datare la nascita della scienza attuale.

Dal '600 la fisica procedette, per quasi due secoli, praticamente da sola con questo metodo e i frutti furono le innumerevoli scoperte del '7-800: dalla macchina a vapore all'elettricità, alle macchine elettriche, alle onde elettromagnetiche e quindi radio e televisione, alla fisica quantistica con le implicazioni atomiche e nucleari. Lungo questo cammino, con parecchio ritardo, di volta in volta, altre scienze addottavano i metodi della fisica e passavano dagli antichi schemi descrittivi, talora fantastici, a scienze moderne. Cosi la chimica si trasforma dalla vecchia alchimia nella scienza moderna che sa analizzare i composti e creare nuovi materiali con la previsione delle loro caratteristiche; più recentemente la botanica e la zoologia, principalmente descrittive, adottando i risultati e gli strumenti della chimica e della fisica, si sono sviluppate nella biologia, nella genetica, nella biologia molecolare. Data questa preminenza, almeno storica, nel seguito parlerò prevalentemente della fisica.

In base a «sensate esperienze» il fisico si crea un modello della natura in grado di giustificare i risultati sperimentali; da questo modello deduce nuove esperienze da compiere, delle quali anticipa il risultato. Se la misura che si ottiene è in accordo con la previsione della teoria, questa è accettata «come vera», ma suscettibile di essere ampliata se nuovi fenomeni sorgono e non possono essere descritti dalla teoria stessa.

Cerchiamo ora di dare un sommario inquadramento storico. L'inzio della scienza moderna si pone di solito nel XVI o XVII secolo ed è preceduto e seguito da un concomitante sviluppo della filosofia. Anche se all'inizio ho evidenziato la liberazione della scienza dalla filosofia è chiaro che il progresso del pensiero umano avviene più o meno contemporaneamente in tutti i campi di quella che chiamiamo cultura e che questi campi, apparentemente indipendenti, si influenzano reciprocamente.

Per il rinnovamento filosofico possiamo prendere, come figura emblematica, Cartesio.

Per Cartesio la realtà si divide in tre soggetti: Dio-Mondo-Io e il suo sistema viene costruito con il metodo del dubbio che, negando all'inizio la certezza in qualunque realtà (egli non usa la rivelazione e non

accetta come certo quello che ci proviene dai sensi) parte dalla sola certezza che ci è evidente: «cogito ergo sum»; parte quindi dall'autocoscienza dell'Io ed elabora successivamente il discorso sulla realtà e sui rapporti tra i soggetti Dio-Mondo-Io. Il quadro è semplificato rispetto al passato e stablisce una definitiva separazione tra spirito e materia che aveva avuto inizio nella filosofia di Platone. Inoltre, Dio, separato sia dall'Io che dal Mondo, si innalza sopra il mondo e gli uomini così che appare solo come un punto di riferimento che stabilisce la relazione tra Io e Mondo. Quello che rimane è la «res cogitans» e la «res extensa» indipendenti tra loro.

Inoltre, da Cartesio in poi, l'interesse per la matematica portò ad una crescente influenza di elementi platonici nella filosofia dovuta al desiderio di raggiungere, attraverso una logica rigorosa, discorsi sulla natura che avessero la certezza delle conclusioni della matematica.

Nell'opera di Galileo, lo sforzo di sistemare il discorso sulla natura come una combinazione di conoscenza empirica e di matematica, permise di arrivare a delle cognizioni che potevano essere tenute fuori dalle dispute teologiche. Tale conoscenza poteva venir formulata senza parlare di Dio o di noi stessi. Essa sanciva la totale separazione tra «res cogitans» e «res extensa» e si limitava ad una interpretazione della «res extensa».

Purtroppo sappiamo che questa posizione non fu sufficiente per Galileo ad evitare un processo religioso poiché ci fu chi riuscì a rientrodurre le considerazioni teologiche nel discorso scientifico.

Questo dualismo per alcuni secoli ebbe successo, ma esso dovette essere notevolmente modificato con l'avvento della teoria dei quanti. Il rapporto inevitabile tra l'osservatore e la natura (la misura, e quindi l'osservatore, perturba in modo imprevedibile l'oggetto osservato) rende la scienza, in quanto descrizione della natura, dipendente dall'Io.

Un problema molto delicato, e non solo nella fisica, è quello del valore dei concetti usati per costruire le teorie. I filosofi, da Socrate in poi, con varie sfumature, hanno sempre riconosciuto che alcuni concetti «fondamentali», potevano, o dovevano, essere considerati assoluti in quanto non poteva essere messa in discussione la loro definizione. Anche per Kant le intuizioni pure a priori di spazio e di tempo, sia pure condizionate dall'esperienza, hanno tuttavia un valore assoluto contenuto nell'accezione «a priori». Newton stesso, condizionato dalla cultura filosofica del suo tempo, considerava lo spazio e il tempo come assoluti.

È prudente però ammettere che non esistono concetti che hanno un valore assoluto perché non sappiamo il limite della loro applicabilità. Tuttavia i concetti possono essere nettamente definiti riguardo ai loro

rapporti. Quando un gruppo di essi divengono parte di un sistema di assiomi e di definizioni, questo può essere applicabile ad un vasto campo d'esperienza e permette di costruire un discorso coerente sui fenomeni di quel campo. Dobbiamo però aver ben presente che il limite di applicabilità è in genere ignoto.

Il massimo esempio di questo metodo di approccio alla conoscenza della natura è la fisica di Newton: egli inizia i suoi «Principia» con un gruppo di definizioni e di assiomi che formano un sistema chiuso. Inoltre ogni concetto può essere rappresentato da un simbolo matematico e le connessioni tra i concetti sono rappresentate da equazioni matematiche espresse per mezzo di simboli. La struttura matematica ci pone al sicuro da errori di ragionamento ed evita quindi la possibilità di contraddizioni.

Questo sistema chiuso, di definizioni e assiomi e le equazioni che regolano i rapporti tra i concetti, è considerato idoneo a descrivere il comportamento dei vari corpi naturali: è una descrizione della natura.

3. La conferma della certezza

Tale sistema resse per due secoli con dei successi non immaginabili nei secoli precedenti e portò , come abbiamo detto allo sviluppo dell'astronomia, della fisica dei corpi solidi e liquidi, alla termodinamica ecc. rompendo con il passato e spazzando via i resti dell'aristotelismo che ancora resistevano.

Allargando le nostre considerazioni anche ad altri campi della scienza possiamo vedere che due furono i momenti importanti di rottura tra vecchio e nuovo negli ultimi quattro secoli.

Dopo la svolta newtoniana, del '600, nella prima metà dell''800 sorse la teoria di Darwin sull'evoluzione delle specie.

L'impatto di questa teoria non fu tanto con la biologia, perché essa non toccava la descrizione degli animali attuali, ma con la storia del mondo, coinvolgendo anche la storia dell'uomo e questo fu l'argomento che rese roventi le controversie su questa teoria. Rendiamoci conto di quanto e come la visione prospettata da Darwin abbia cambiato i limiti e le certezze nel quadro dell'antropologia dell'800! Introducendo il concetto di evoluzione, di cambiamento continuo degli esseri viventi, di sviluppo di specie nuove che derivavano da quelle del passato, e questo anche per l'uomo, venivano scalzati concetti e schemi sui quali aveva vissuto l'umanità per millenni. Il cambiamento era così radicale che molti lo rifiutarono, per vari motivi, primo quello religioso, con

tale forza che ancora attualmente, per es. in america ci sono gruppi di persone che non accettano questa teoria.

4. La certezza resiste

Per quanto riguarda la fisica, negli ultimissimi anni dell''800 e nelle prime tre decadi del secolo scorso, essa fu sconvolta da due teorie formulate, una da uno scienziato solitario: Einstein e l'altra da un gruppo di fisici europei (principalmente tedeschi ed inglesi come Planck, Heisemberg, Bohr, Dirac ecc.): la teoria della relatività e la teoria dei quanti.

Ovviamente non posso entrare nelle enunciazioni e nelle formule di queste due teorie; mi limiterò ad esporre quelle che a me sembrano le caratteristiche più significative per il nostro discorso.

Nella relatività la prima mazzata alla fisica newtoniana è la negazione dello spazio e del tempo come concetti a priori ed indipendenti e la loro ridefinizione in base ad una rigorosa discussione dei risultati dell'esperienza.

Vi leggo una frase di Einstein che mi sembra molto significativa:

> «La sola giustificazione dei nostri concetti e dei sistemi di concetti sta nel fatto che essi servono a rappresentare il complesso delle nostre esperienze; oltre a ciò essi non hanno nessuna legittimità. Sono convinto che i filosofi hanno avuto una influenza dannosa sul progresso del pensiero scientifico, spostando certi concetti fondamentali dal dominio dell'empirismo, dove essi erano sottoposti al nostro controllo, alle altezze intangibili dell''a priori'. Poiché, anche se dovesse dimostrarsi che il mondo delle idee non può dedursi con mezzi logici dall'esperienza, ma fosse in un certo senso una creazione della mente umana, senza la quale non è possibile nessuna scienza, ciò nonostante il mondo delle idee sarebbe altrettanto indipendente dalla natura della nostra esperienza quanto un abito dalla forma del corpo umano. Ciò è particolarmente vero per i nostri concetti di tempo e spazio, che i fisici sono stati obbligati dai fatti a far scendere dall'Olimpo dell'«a priori» per adattarli e renderli servibili».

Da queste definizioni e dall'assunzione che non può esistere un segnale che porta informazioni che si propaghi più veloce della luce, segue tutta la teoria della relatività, che ha avuto innumerevoli verifiche, tanto che dopo un breve periodo di discussioni e chiarificazioni è stata accettata completamente. Accenno che la ridefinizione dei concetti di

spazioe tempo ha portato ad affermare che tutto quello che accade, accade in un universo descritto da quattro coordinate inscindibili: lo spazio-tempo, il cronotopo e questo concetto nuovo ha già iniziato ad intrufolarsi nel linguaggio comune.

Cos'è accaduto della fisica newtoniana? Ecco che nella teoria newtoniana sono comparsi quei limiti nelle definizioni dei concetti che avevamo previsto. Il cambiamento nella definizione dello spazio e del tempo e il limite delle velocità a quella della luce ha portato ad un nuovo sistema chiuso, che procede con la stessa metodologia del vecchio, ma che arriva ovviamente a risultati e previsioni molto diverse. Ma siccome i rapporti fra i concetti che sono espressi dalle equazioni matematiche della teoria sono ricavati dall'esperienza e i risultati della teoria newtoniana sono sicuramente verificati, nella nuova teoria deve essere presente la vecchia come caso particolare. Infatti, per velocità molto più piccole di quella della luce, la meccanica relativistica si riduce a quella classica newtoniana.

Ancora più dirompente è stata, sulle «certezze» dei fisici di allora, l'azione della teoria quantistica, che sconvolgeva tutti i modelli sulla struttura della materia nel mondo atomico e molecolare. Mi limiterò a ricordare il principio d'indeterminazione e il dualismo onda-particella.

Il principio di indeterminazione, che porta comunemente il nome di Heisemberg, che per primo lo formulò, asserisce che non si può fare una misura di due grandezze associate, per es. la posizione e la velocità di un elettrone, con una precisione alta a piacere: più alta è la precisione con cui misuriamo la posizione, più scadente sarà la misura della velocità. E questo indipendentemente dalla qualità dei nostri strumenti. È appunto da questo principio che nasce l'affermazione che l'osservazione modifica l'oggetto.

Il dualismo onda-particella è ancora più stressante. La luce, nota all'uomo fin da quando Adamo aprì gli occhi nel Paradiso Terrestre, ebbe la sua spiegazione scientifica esauriente, solo alla fine dell'800 con la teoria del campo elettromagnetico di Maxwell: la luce è data dalla propagazione di onde elettromagnetiche e i fenomeni luminosi sono interpretabili con le equazioni del moto ondulatorio. Ma con questo modello rimanevano inspiegati alcuni fenomeni recenti; il primo fu l'effetto fotoelettrico, per il quale l'unica spiegazione soddisfacente fu quella data da Einstein (e gli procurò il Premio Nobel): la luce, in questo caso, deve essere interpretata come un flusso di particelle, dette fotoni. Qualche tempo dopo, si scoprì il fenomeno corrispondente ed inverso: le particelle, per esempio gli elettroni, si comportano, e devono essere descritti, come onde.

Il risultato fu un cambiamento totale di concetti che resistevano da secoli: la materia non è un aggregato di particelle, piccole quanto si vuole, dotate di massa che, oltre tutto, deve obbedire alla forza di gravità, ma un insieme di vari tipi di energia che si manifesta in varie forme tra le quali delle localizzazioni che noi chiamiamo particelle. Del resto già la teoria della relatività aveva dimostrato la conversione di massa in energia e viceversa ed anche che la luce era sottoposta alla legge di gravità, come le particelle dotate di massa.

In questo modo, furono introdotti nella scienza nuovi concetti e nuove definizioni non sempre definiti da nuove parole e questo portò a notevoli problemi di linguaggio.

5. Alcune precisazioni

Per gli uomini la comunicazione concettuale è fatta attraverso il linguaggio. Il linguaggio è fatto di parole che significano concetti e ci provengono, nella maggior parte, dalla nostra cultura che contiene l'esperienza quotidiana e la tradizione; il liguaggio della fisica classica era fatto di parole che avevano lo stesso significato del linguaggio comune, con i concetti definiti solo in modo più rigoroso, ma comprensibile.

Con le nuove teorie i concetti che descrivono dei fenomeni naturali cambiano definizione ed in parte si allontanano dal vecchio significato; abbiamo già visto come sono cambiati i concetti di spazio e di tempo nella relatività o i concetti di misura di una grandezza fisica o quelli di particella (atomica o subatomica) nella teoria dei quanti.

Quando i risultati delle nuove teorie sono usciti dalla cerchia degli scienzati (questo vale per tutte le scienze moderne, non solo per la fisica) e sono arrivati alla portata di teologi, filosofi, giornalisti e commentatori vari, il problema del linguaggio è diventato critico ed ha prodotto un'enormità di incomprensioni, opposizioni, vane speranze ed altro ancora. I primi malintesi sorsero proprio dal cambiamento di definizione di molti concetti, come spazio, tempo, massa, energia, particella... per i quali si continuò ad usare le stesse parole. Di quì polemiche e discussioni, e fantasticherie nelle discussioni, e l'insorgere di un timore-rispetto che ricordava tanto l'atteggiamento verso gli antichi stregoni. Questi sentimenti crebbero moltissimo con le più clamorose conseguenze di questa scienza: la bomba atomica, le centrali nucleari e le manipolazioni genetiche.

Quanta incertezza c'è nella paura? E quanta paura nella non adeguata conoscenza?

6. LA CRITICA PIÙ RECENTE

Ma recentemente, anche se le premesse si possono ritrovare già nella seconda metà dell'800, una nuova crisi ha investito la fisica che era stata fondata con tanta precisione da Galileo e Newton.

In breve: la fisica newtoniana è assolutamente precisa e le sue leggi determinano, per es., il moto dei corpi prevedendone la posizione in funzione del tempo; ma tutte le equazioni che descrivono il moto sono simmetriche rispetto al tempo: non c'è nessuna differenza qualitativa tra passato e futuro che possono essere invertiti tranquillamente. Per fare un esempio: nel gioco del biliardo le biglie seguono traiettorie, con urti e rimbalzi, che possono essere perfettamente calcolate. Ma se, ad un certo istante, invertiamo il verso della velocità delle biglie, esse ripercorrono esattamente le traiettorie percorse: questo è del tutto equivalente ad invertire il tempo ed a rendere equivalenti passato e futuro.

Ciò significa che nelle equazioni classiche è contenuta la necessità del moto sia nel suo passato sia nel suo futuro: l'evoluzione di un sistema, che può essere costituito da un solo corpo o da una miriade di corpi, avviene in modo assolutamente deterministico.

Tale simmetria rispetto al tempo vale anche per la relatività e per la meccanica quantistica.

Questo determinismo stretto, che ha influenzato il pensiero filosofico dando luogo a posizioni radicali, quali l'ateismo meccanicistico del 700 e quello positivistico dell'800, è stato sempre combattuto da filosofi e moralisti in quanto era insita in esso la negazione del libero arbitrio e di una teleologia umana e cosmica. In realtà bisogna ricordare che questo è un problema che viene da lontano, che troviamo, per es., già in Epicuro e Lucrezio. Ma gli scienziati, o almeno una maggioranza di essi, hanno reagito a quegli attacchi accusando i loro accusatori di ignoranza e di caparbia negazione delle evidenze sperimentali.

Solo il ripensamento di alcuni aspetti della fisica da parte di pochi scienziati (cito Poincarè) e la loro critica all'impostazione teorica, ha iniziato, già un secolo fa, a minare quella meravigliosa costruzione.

La figura più significativa in quest'opera di ripensamento è senz'altro Ilya Prigogine del quale voglio ricordare il libro dal titolo: «La fin des certitudes. Temps, chaos et les lois de la nature». Su una linea parallela, nell'ambito della biologia, è doveroso ricordare Jacques Monod e il suo libro «Le hazard et la necessitè».

Il punto fondamentale di questa critica parte dall'esistenza di fenomeni irreversibili e dissipativi che sono sempre presenti nei processi reali e che portano talvolta a comportamenti non prima considerati,

detti caotici. Questi fenomeni rendono impossibile la reversibilità (anche temporale) che abbiamo prima descritto. La fisica classica, newtoniana, se vogliamo conservare questo significante aggettivo, considera i fenomeni semplificati, trascurando, volontariamente, cause accidentali di disturbo, con la giustificazione che la loro casualità può prevedere anche la loro assenza. A questi fenomeni semplificati, idealizzati, possono essere applicate con rigore le leggi della fisica che forniscono così risultati esatti. Il massimo esempio della bontà di questa semplificazione è la meccanica celeste che descrive con una precisione praticamente assoluta il moto dei corpi extraterrestri, dai satelliti artificiali alle galassie.

Ma, come osserva Prigogine, la quasi totalità dei fenomeni reali non sono idealizzabili. La presenza di fenomeni irreversibili e dissipativi è una realtà che è parte integrante della natura: quindi anch'essi devono concorrere alla formazione delle leggi fisiche e questo fatto implica la rottura della simmetria temporale caratteristica delle leggi classiche. Quelli che abbiamo detto fenomeni irreversibili e dissipativi sono strettamente legati alla funzione Entropia, definita nella seconda metà dell'800 nell'ambito della termodinamica. La affermazione che in un sistema reale e chiuso l'Entropia non può diminuire, anzi, sicuramente aumenta, ha portato alla definizione del concetto «freccia del tempo», concetto molto usato in questi ultimi anni. Se l'evoluzione di un sistema non è reversibile allora non si può pensare che sia possibile invertire il tempo e quindi esiste per il tempo una direzione obbligata. Viene quindi negata la reversibilità che abbiamo visto nella meccanica classica e quantistica.

Leggiamo nel libro di Prigogine:

> «Oggi possiamo affermare che la natura realizza le strutture più delicate e più complesse proprio grazie ai processi irreversibili associati alla freccia del tempo. La vita è possibile solo in un universo lontano dall'equilibrio. Il notevole sviluppo della fisica e della chimica del non equilibrio che si è avuto negli ultimi decenni rafforza le conclusioni da noi presentate:
> 1) I processi irreversibili (associati alla freccia del tempo) sono altrettanto reali dei processi reversibili descritti dalle leggi tradizionali della fisica; essi non si possono interpretare come approssimazioni alle leggi fondamentali.
> 2) I processi irreversibili svolgono in natura un ruolo costruttivo
> 3) L'irreversibilità esige un'estensione delle leggi della dinamica».

Noi stiamo vivendo ora questo nuovo ampliamento della fisica, anzi della scienza tout-cour, perché questa volta sono coinvolte anche la chimica, la geologia e sopratutto la biologia (vedi appunto Monod); ma tale ampliamento, in fondo, non è diverso da quello portato all'inizio del XX secolo dalla teoria della relatività e dalla teoria dei quanti. Infatti, come abbiamo già detto, a proposito della relatività, che le nuove leggi della dinamica relativistica, nel caso di piccole velocità, coincidono con quelle della dinamica newtoniana, così le nuove leggi, non ancora definitivamente stabilite per i fenomeni che abbiamo or ora descritto, dovranno tendere a quelle classiche per i sistemi idealizzabili.

Io sono convinto che questo avverrà nei prossimi anni e ancora una volta sarà confermata la bontà del metodo scientifico che continua a riconoscere vere le vecchie leggi entro i limiti nei quali erano state formulate. Per questo considero il titolo di Prigogine «La fin des certitudes...» un titolo provocatorio e polemico nei confronti dei «vecchi fisici»: in realtà la certezza continua perché è stato rispettato il metodo che amo chiamare galileiano.

La scienza, in un dato momento storico, ha una sua identità che è data dall'unione del modello attuale e del metodo che lo ha prodotto. Nella sua evoluzione quello che si conserva è il metodo e quello che si evolve è il modello che cambia in accordo con le regole del metodo.

Il fine ultimo della scienza potrebbe essere quello di costruire un modello completo della natura, tale da descrivere in modo comprensibile tutti i fenomeni naturali e le leggi che li regolano. Allora tra modello e natura non ci sarebbe alcuna differenza e si potrebbe dire che la scienza è tout-cour la conoscenza completa della natura e ci sarebbe, di fatto, la coincidenza delle loro identità. Il raggiungimento di questo fine è tuttaltro che scontato perché molti sono gli argomenti che lo rendono problematico, tra i quali citiamo i più ovvii: l'universo è finito o infinito nello spazio e nel tempo? E quindi è, o no, finita l'evoluzione della natura? L'uomo esisterà per un periodo tale da portare a termine questo progetto?

Come esempio, cito il problema dell'unificazione delle forze che è l'analogo moderno del sogno dei primi filosofi greci: trovare il pricipio di tutte le cose. Il cosmo, dalle più lontane galassie al più piccolo granello di sabbia di una spiaggia terrestre, è retto e si evolve esclusivamente per opera delle forze che agiscono tra le sue parti. Dopo molti fruttuosi tentativi di semplificazione, negli anni sessanta tutte le forze agenti in natura erano ridotte a quattro: la forza di gravitazione, quella elettromagnetica e due forze nucleari dette debole e forte. Successiva-

mente i fisici sono riusciti ad unificare la forza elettromagnetica e quella nucleare debole (ciò significa che sono riusciti a formulare una teoria nella quale queste due forze sono solo due aspetti di una unica forza). Si intravede possibilità di unificare quest'ultima con la nucleare forte e poi rimarrà l'ultimo sforzo di unificare ad esse anche la forza gravitazionale e il sogno greco sarà raggiunto. Ma noi crediamo che troveremo altre cose al di là di questo traguardo.

Esistono quindi o no i limiti della scienza?

Se sono veri gli argomenti esposti fin quì, la nostra conclusione dovrebbe essere negativa: non esistono limiti alla «nostra» conoscenza della natura.

7. La necessità di un limite

Ma a questo punto, dentro di noi, per un bisogno profondo, riemerge un problema che io ho cercato di eludere: il problema dell'utilizzazione della scienza in quanto potere dell'uomo sulla natura, cioe'il problema della tecnica. Questa si, possiamo e dobbiamo dire, ha bisogno di limiti.

Quello che sto per dire è già stato detto moltissime volte: non me ne vogliate se ripeterò cose note, ma penso sia importante mantenere la distinzione di principio tra scienza e tecnica.

I limiti sono nell'uomo: lo scienziato non è solo scienziato, ne'lo psicologo solo psicologo, né il filosofo solo filosofo. I limiti non sono nel pensiero, essi debbono essere posti nella volontà poiché sono legati ai pericoli insiti nell'uso della scienza che ne fa la parte dell'uomo che non è scienziato e noi sappiamo quante realtà diverse convivono in una persona. Così uno scienziato che ha scoperto la polvere pirica ha chiesto ad un suo amico, probabilmente a se stesso: «cosa ne facciamo di questa roba?» In Cina hanno detto: «facciamo festa perché con questa roba si possono fare dei meravigliosi fuochi artificiali». In Europa hanno detto: «facciamo la guerra perché con questa roba si può ammazzare la gente da una distanza maggiore che con le frecce».

Questa considerazione ed altre mille analoghe fatte dagli uomini tutte le volte che la scienza portava un nuovo risultato ad ampliare il campo delle applicazioni, cioè dell'utilizzazione della scienza, ha prodotto nella coscienza dell'uomo comune una comprensibile confusione e sovrapposizione di concetti per cui la scienza è identificata con la sua utilizzazione: non c'è, in pratica, nessuna distinzione tra scienza e tecnica. Da questo, e lo abbiamo già detto, è conseguito che le paure per molte applicazioni tecniche (che sono state oggettivamente un male per

la condizione umana) abbiano portato ad un atteggiamento di ostilità nei confronti della scienza.

Tutto questo è amplificato, ai giorni nostri, in un mondo dove la tecnica ha iniziato a trasformare l'ambiente naturale ad una velocità preoccupante ed in molte direzioni che fanno temere addirittura un possibile peggioramento del sistema planetario e quindi, in ultima analisi, a risultati contrari al nostro benessere. Ecco la causa della nascita dei vari movimenti ecologisti. Questo processo è tanto più preoccupante, in quanto, con il progresso scientifico, è aumentato in modo impressionante il potere dell'uomo sull'ambiente sia negli aspetti qualitativi sia in quelli quantitativi.

Tuttavia non dobbiamo cedere, come molti hanno fatto, ad un impulso emotivo di paura, ma, con fiducia, dobbiamo concludere che nella complessità della mente dell'uomo, sia nella sua attività intrapsichica che in quella sociale, il valore della scienza, come aumento della conoscenza, deve essere considerato senz'altro positivo.

I veri limiti ai quali dobbiamo applicare le nostre considerazioni e i nostri propositi, sono nell'incapacità dell'uomo di gestire, sempre in modo costruttivo e non distruttivo, la sua conoscenza della natura.

Indirizzo dell'autore:
Ivo Modena - via XXIV Maggio, 44 - I-00046 Grottaferrata (Roma), Italia
e-mail: imodena@lnf.infn.it