



CULTURA
E
STORIA

CARLO FELICE MANARA

METODI DELLA
SCIENZA DAL
RINASCIMENTO
AD OGGI

VITA E PENSIERO
MILANO

Cultura e storia

11

CARLO FELICE MANARA

METODI DELLA SCIENZA
DAL RINASCIMENTO AD OGGI



VITA E PENSIERO

Pubblicazioni della Università Cattolica

SOMMARIO

Prefazione	9
I. <i>La definizione della scienza</i>	15
1. Il problema della definizione della scienza - Le caratteristiche della conoscenza scientifica	15
2. La visione della scienza nella filosofia medievale	19
3. Il problema della classificazione delle varie scienze	21
II. <i>Il procedimento scientifico</i>	28
1. I momenti fondamentali del procedimento scientifico	28
2. La crisi galileiana della scienza - Il metodo sperimentale e il linguaggio matematico	32
3. Le ipotesi inesprese del procedimento scientifico - I condizionamenti dell'azione dello scienziato	35
4. Le conseguenze dell'adozione del linguaggio matematico nelle scienze della natura	38
5. Il problema della 'verità' delle teorie scientifiche - Certezza, obbiettività, intersoggettività	41
III. <i>La concezione moderna della scienza</i>	46
1. Il declino del primato della metafisica e la nascita della concezione moderna della scienza	46
2. L'evoluzione della matematica - Dalla concezione classica verso la concezione moderna	50
3. Dalla concezione classica della geometria alle geometrie non-euclidee	57

4. I problemi logici generati dalla nuova concezione della matematica	68
IV. <i>La evoluzione della matematica</i>	71
1. La evoluzione della matematica e la concezione nuova del suo dominio	71
2. Linguaggio comune e simbolismo matematico	72
3. Il metodo assiomatico	77
4. Le idee di F. Klein e la relatività ristretta	78
5. Le interpretazioni filosofiche della relatività	87
6. La geometria secondo B. Riemann e la relatività generale	92
V. <i>La concezione moderna della matematica</i>	101
1. Gli inizi della concezione moderna della matematica - La teoria degli insiemi	101
2. I fondamenti della matematica e la teoria dei numeri interi secondo G. Peano - I problemi logici fondamentali	104
3. L'assetto attuale della matematica - Nuovi rami: l'algebra astratta e la topologia	111
VI. <i>Scienze della natura e scienze dell'uomo</i>	113
1. Le differenti mentalità degli scienziati e le cosiddette 'due culture'	113
2. La cultura ed il ricupero dell'umano nella scienza	116
3. La tecnica e l'impiego dello scienziato nel mondo	121
4. Aperture verso la metafisica?	130

A mia moglie Margherita

Le coeur a ses raisons, que la raison ne connaît point; on le sait en mille choses.

B. Pascal, *Pensées*

Prefazione

Il presente volumetto vorrebbe essere una presentazione dei metodi della scienza che abitualmente viene chiamata 'esatta' a coloro che di questo tipo di pensiero non hanno una conoscenza diretta.

Forse tra le molte crisi che travagliano il nostro tempo una delle più importanti è quella che deriva dalla esistenza di 'due culture'; e forse uno dei modi per uscire dalla crisi è quello di cercare di capirsi e di intendersi, e non soltanto per ciò che riguarda i linguaggi specializzati di ogni dottrina, ma anche e soprattutto con riguardo alle mentalità, alle tendenze, ai metodi che ispirano le varie scienze; a tal fine si può pensare che una analisi storica, la quale metta in luce la genesi di certe situazioni e di certe mentalità, sia uno dei mezzi che ci possono avvicinare ad una migliore comprensione reciproca.

Le pagine che ho scritto a questo scopo non hanno alcuna pretesa di originalità: non voglio risolvere in poche battute dei problemi fondamentali, né decidere di questioni che sono disputate da decenni (e che forse saranno disputate ancora per secoli); data la mole esigua del presente lavoro, molti argomenti sono rimasti in ombra, alcuni motivi sono soltanto sfiorati o accennati. Spero tuttavia che questo mio sforzo possa essere utile a qualche lettore, se non altro stimolandolo a ricorrere alle fonti

originali, ed a consultare dei maestri più autorevoli nel campo della scienza e della filosofia della scienza.

Forse il lettore troverà che nelle pagine che seguono è stato fatto un posto eccessivo alla matematica, e che si è data troppa importanza alla sua influenza sulla mentalità scientifica di oggi; ritengo tuttavia che questa importanza sia reale e che non si possano comprendere a fondo tanti atteggiamenti della scienza moderna senza avere qualche conoscenza della matematica, dei suoi metodi, e soprattutto dei filoni profondi di pensiero che hanno ispirato il suo progresso e la sua evoluzione. In questo senso, anche senza accettare pienamente la nozione della « *scientia rectrix* » sviluppata da J. Maritain, si potrebbe dire che la sua tesi sul tramonto della metafisica e sul dominio della matematica è sempre valida per la spiegazione della crisi rinascimentale del pensiero scientifico.

Forse anche le tesi esposte negli ultimi paragrafi potranno suscitare qualche perplessità; ma penso sia giunto il momento di rinunciare a quella che si potrebbe chiamare una 'apologia facile' e sia tempo di scavare più a fondo nella mentalità e nei metodi della scienza se si vuole far presa sulla mentalità dell'uomo di oggi. Quelle « *raisons du coeur* », di cui B. Pascal ha affermato l'esistenza in un passo celebre (e forse troppo frequentemente citato a sproposito), dovrebbero forse essere recuperate attraverso una riflessione che non sia troppo superficiale, ma che faccia posto alla sete di verità e di giustizia che è propria dell'uomo di tutti i tempi, ma in particolare — direi — dell'uomo di oggi.

Penso infatti che una delle tentazioni che più frequentemente si è presentata all'uomo è quella che spinge alla manipolazione della scienza; dalla tentazione di utilizzare la scienza a sostegno di una metafisica, a prova di un

ordine universale e a dimostrazione della esistenza di un Essere supremo, si passa alla tentazione di dimostrare che la scienza è il solo mezzo per liberare l'uomo dalle sue miserie e dalle sue paure, per far retrocedere la frontiera dell'ignoranza (considerata come una delle cause degli squilibri dell'uomo e della sua angoscia), per utilizzare al meglio le forze della natura e quindi contribuire alla eliminazione della prepotenza, della ingiustizia, della oppressione dell'uomo sull'uomo.

Forse queste tentazioni sono bene spiegabili, soprattutto per l'uomo di oggi e nel mondo di oggi, che vede la scienza diventare un fattore sempre più importante del nostro modo di vivere; ma è forse bene che tali tentazioni siano combattute, proprio per impedire quella manipolazione e quell'asservimento del pensiero che potrebbero diventare una sciagura per l'uomo ed anche un inizio di distruzione per la stessa scienza. Essa infatti non cessa di essere una manifestazione dello spirito umano e della sua libertà, così come non cessa di essere contemplazione e ricerca, quali che siano i tentativi che si fanno per asservirla alla pura utilità e alla produzione di beni terrestri.

Questa nostra posizione tuttavia non implica che lo scienziato non possa e non debba avere una sua visione dell'universo, del mondo e della storia e non implica una rinuncia da parte dello scienziato ad una partecipazione attiva e cosciente alla avventura dei suoi simili, unito ad essi da una solidarietà e da una carità che supera i legami del tempo e valica i confini spaziali. Essa non vuole neppure significare che lo scienziato debba rinunciare a risolvere i problemi fondamentali di ogni uomo (quelli che la scienza — a mio parere — non è in grado di risolvere in pieno) con un impegno intellettuale che

sia ad un livello comparabile e quello sul quale egli si muove quando fa della ricerca nel proprio campo.

Forse questo atteggiamento porterà a concludere che nulla è facile, nulla si può dare per scontato, e che ciascuno deve impegnarsi a fondo per risolvere i propri problemi vitali e che non può confidare ad altri la loro soluzione. Pensiamo che la conclusione a favore della fede religiosa, che talvolta si trae dal fatto che illustri scienziati hanno professato apertamente una religione, abbia lo stesso valore della affermazione contro la fede che si vorrebbe trarre dagli esempi contrari, cioè dalla esistenza di illustri scienziati che hanno fatto oppure fanno professione di ateismo o di scetticismo in materia di fede; l'una e l'altra di queste posizioni potrebbero essere giudicate come dei tentativi di manipolazione della scienza, ossia dell'uomo, cioè come dei tentativi di condurre l'uomo a pronunciare dei giudizi, oppure ad adottare dei comportamenti che non sono stati scelti in modo completamente autonomo e razionale, ma adottati per imitazione o per ragioni di autorità.

Pensiamo invece che occorra dare alla scienza il posto che giustamente le spetta, senza disprezzarla, ma anche senza farne un valore assoluto, rispettando la sua natura che è fatta di conquista e di contemplazione, ma che è anche fatica, stanchezza, dolore e delusione.

METODI DELLA SCIENZA
DAL RINASCIMENTO AD OGGI

I. LA DEFINIZIONE DELLA SCIENZA

Felix qui potuit rerum cognoscere
causas.

Virgilio, *Georgiche* II 490

1. *Il problema della definizione della scienza - Le caratteristiche della conoscenza scientifica*

Pensiamo che in una trattazione che segua lo schema classico, all'inizio di uno studio che riguarda un determinato oggetto si troverebbe una definizione dell'oggetto stesso. Non crediamo di poter assumere questo atteggiamento, perché pensiamo che nel modo moderno di affrontare il problema la definizione precisa dell'oggetto di una analisi possa essere data soltanto alla fine dell'analisi stessa.

Concordiamo infatti con l'autore del « Discorso preliminare » della celebre *Enciclopedia*, il quale, trattando appunto del problema della definizione di una scienza particolare, scriveva: « ...non bisogna credere che la definizione di una scienza, soprattutto di una scienza astratta, possa darne l'idea a coloro che non ne sono per nulla iniziati. Che è infatti una scienza se non un sistema di regole e di fatti relativi ad un certo oggetto? ». E poco dopo aggiungeva: « La definizione di una scienza non consiste che nella descrizione particolareggiata delle cose di cui la scienza si occupa; e ci sembra, secondo questo principio, che ciò che chiamiamo *definizione di ogni scienza* sarebbe meglio posta alla fine che al principio del libro che ne tratta, e sarebbe allora il risultato estremamente concentrato di tutte le nozioni acquisite. D'altra parte,

che contengono queste definizioni nella maggior parte dei casi, se non espressioni vaghe ed astratte, la cui nozione è spesso più difficile a fissarsi che quella della scienza stessa? ».

Ritorniamo in seguito varie volte su questo atteggiamento, che oggi — ripetiamo — è largamente condiviso dagli scienziati; e pensiamo inoltre che questo atteggiamento — che gli enciclopedisti prendono a proposito di una scienza particolare — sia anche più valido di fronte al problema della definizione in generale di che cosa si intende per 'scienza'. Vorremmo quindi limitarci ad accettare per il momento il significato che questo vocabolo assume nel linguaggio comune, per cercare di fare una analisi del concetto di scienza e della sua evoluzione.

Infatti la definizione di un concetto si può fare soltanto per mezzo di concetti che si suppongono già noti e più chiari di quello che si intende definire. Altrimenti si cade nel pericolo, di cui parla lo scrittore citato sopra, di accontentarsi di « espressioni vaghe ed astratte, la cui nozione è spesso più difficile a fissarsi... » di quella che si vuole definire.

Ci limitiamo per ora a ricordare le definizioni che vengono date classicamente della scienza, definizioni che evidentemente risalgono ad un'epoca che non aveva le preoccupazioni critiche maturate in tempi più recenti; e lo facciamo perché vorremmo, partendo da queste definizioni, analizzare il significato classico del vocabolo e renderci conto se questo significato, almeno nelle sue linee generali, può essere accettato anche oggi.

Sappiamo bene che nella « Summa » delle conoscenze che era diffusa nel Medioevo la scienza veniva definita con la frase aristotelica: « Cognitio certa et evidens per demonstrationem comparata », oppure anche più brevemente: « Cognitio certa per causas ».

Lasciamo da parte la discussione sul concetto filosofico di 'causa', discussione che, come è noto, dura da secoli, e limitiamoci ad osservare che le definizioni classiche che abbiamo riportate mettono in luce degli aspetti della conoscenza scientifica che ancora oggi vengono considerati come fondamentali della conoscenza stessa.

Tali aspetti sono sostanzialmente due: *a)* la certezza della conoscenza; *b)* la presenza in ogni caso di una 'spiegazione' delle cose conosciute.

Non occupiamoci per ora del problema della 'certezza', ed anche in questo caso accettiamo il vocabolo nella accezione del linguaggio comune, limitandoci ad osservare che nella certezza si possono distinguere vari gradi e varie motivazioni e fondamenti; ci renderemo conto di questi problemi quando avremo esaminato il procedimento tipico della scienza di oggi.

Prendendo invece in considerazione l'aspetto *b)*, possiamo dire che esso costituisce in certo senso la ragione di essere della conoscenza scientifica; in altre parole si potrebbe dire che senza la 'spiegazione' non si ha conoscenza scientifica. Abbiamo usato il termine 'spiegazione', perché ci è apparso come il più vago ed il meno impegnativo possibile e quindi adatto ad essere impiegato in questo stadio della nostra analisi. E anche a questo proposito possiamo osservare che, come ci possono essere vari modi di acquisizione di certezza di fatti, ci sono vari modi di 'spiegazione'. Ci può essere la spiegazione che consiste nella dimostrazione matematica, nel senso abituale di questo termine, oppure quella che — come per esempio nel caso della geografia e di altre scienze classificatorie — si limita ad una presentazione 'ragionata' delle cose. Ma pensiamo che una cosa sia certa: tanto nelle scienze della natura che nelle scienze dell'uomo si suole pensare che la

scienza incomincia quando inizia la 'spiegazione' dei fatti appresi.

Così nell'ambito delle scienze della natura la collezione di quelli che si chiamano abitualmente i 'protocolli', cioè le osservazioni brute dei fatti, non fa ancora scienza, benché ne sia un presupposto necessario. Per esempio, anche nell'ambito delle scienze dell'uomo vi è una certa differenza tra la cronaca e la storia. Entrambe importano un giudizio sui fatti, perché non è possibile una cronaca assolutamente universale: la cronaca è sempre di 'fatti memorabili', cioè di fatti che sono stati giudicati importanti dal cronista e degni di essere ricordati e trascritti per i posteri. Ma la cronaca si limita a riportare i fatti (anche se dopo un giudizio, come si è visto), mentre la storia cerca in più di interpretarli e di spiegarli.

Del resto, questo atteggiamento nei riguardi della scienza è stato costante nei secoli: basti citare quanto diceva F. Galiani sullo scorcio del secolo XVIII, e la citazione ci sembra tanto più valida in quanto l'autore non si occupava 'ex professo' di scienza, ma di tutt'altro argomento. Egli dice: «...non v'è scienza dove non v'è dimostrazione e certezza»¹; qui ovviamente la parola 'dimostrazione' ha il significato che noi abbiamo voluto dare al termine 'spiegazione'.

Pertanto, anticipando quanto diremo in seguito, potremmo dire che i vari modi di intendere la scienza nei secoli possono essere ridotti ai vari modi di intendere la 'spiegazione' dei fatti.

Non crediamo che sia il caso di insistere ulteriormente sulla distinzione tra la pura presentazione dei fatti e la loro 'spiegazione' quale che sia; ci limitiamo a ricordare che tale distinzione viene fatta abitualmente anche in al-

¹ F. Galiani, *Della moneta*, cap. II, p. 39, ediz. Feltrinelli.

tri campi della conoscenza umana. Ricordiamo che, per esempio, il testimonio oculare di un fatto, che riferisce al tribunale, non fa un atto di scienza: infatti gli avvocati battagliano quasi sempre proprio perché il teste non esponga la sua interpretazione del fatto (non introduca la sua 'spiegazione' nella esposizione), perché la interpretazione è compito esclusivo del tribunale.

2. *La visione della scienza nella filosofia medievale*

Se cerchiamo di analizzare la concezione medievale della scienza alla luce di quanto abbiamo detto fin qui, troviamo che il procedimento fondamentale per acquisire la certezza era considerato quello che agiva « per resolutionem in principia »; in altre parole si potrebbe dire che l'atteggiamento tipico dei medievali e degli scolastici era la ricerca di certi 'principi' dai quali si potesse dedurre la spiegazione dei fatti².

Questa visione era naturalmente collegata con la metafisica che ispirava tutta la concezione filosofica dell'epoca: secondo questa concezione, quando si arrivi a conoscere l'essenza di un ente, essenza che costituisce la natura dell'ente stesso in quanto considerata conoscibile, l'ente risulta conosciuto.

Tale concezione, del tutto legittima in linea di principio e coerente con tutto l'universo di conoscenza medievale, è stata tuttavia accompagnata da una scarsa conoscenza dei fatti sperimentali e da una visione limitata di tutti i pos-

² Ci riferiamo in particolare ai testi di san Tommaso d'Aquino che si trovano nella *Summa theologica* (1 q.1.2, 1 q.14, 1 q.55, 1 q.56, 1 q.57, 2.2 q.9, 3 q.9, 3 q.10, 3 q.11, 3 q. 12), nella *Summa contra gentiles* (cap. 73-78) e nelle *Quaestiones disputatae* 1, 2, 3.

sibili aspetti sotto i quali la realtà si manifesta. Ciò ha portato forse ad una posizione che potrebbe essere descritta come 'fretta di giungere alla essenza' e quindi una certa facilità di affidarsi alla deduzione una volta che la essenza di un ente fosse presunta nota. Così che la scienza medievale ha offerto il fianco a tutte le critiche di ingenuità, di dogmatismo e di eccessiva astrattezza, che le sono piovute addosso dopo il Rinascimento.

Ritourneremo più volte sull'argomento in seguito; per il momento non vogliamo ulteriormente analizzare l'atteggiamento della scienza medievale, ma osservare soltanto che, anche accettando la visione che discende dalla impostazione medievale, si può dire che il problema concreto viene in questo caso soltanto spostato. Infatti si può affermare che la impostazione medievale è accettabile, purché si possa conoscere l'essenza degli enti. Tuttavia a questa clausola viene risposto quasi generalmente che la conoscenza della vera essenza delle cose è una cosa molto difficile. Rinasce pertanto il problema di determinare la essenza e di specificare le tecniche che possono condurci a questo.

Oppure anche si pone la questione di stabilire dei criteri che ci assicurino di aver raggiunto la conoscenza della essenza di un ente determinato, in modo da poter poi tranquillamente affidarsi alla deduzione.

Pertanto, volendo tentare una prima comparazione tra la concezione medievale della scienza e quella moderna, potremmo dire che la scienza di oggi cerca, con un rigore che era sconosciuto alla scienza antica, di circoscrivere l'essenza, perché cerca nelle leggi, le quali descrivono dei rapporti tra osservazioni, un succedaneo della conoscenza della essenza che anche la scienza medievale cercava.

Tuttavia la ricerca della essenza vera degli enti che si vogliono conoscere risulta molto faticosa e deve essere ri-

presa ad ogni istante, per il continuo contributo di fatti nuovi che la instancabile osservazione porta alla luce. Ciò può ingenerare la tentazione di accettare la tesi (che trova la sua maggiore espressione nella concezione marxiana della scienza), secondo la quale la scienza trova la giustificazione della sua esistenza soltanto nella possibilità di agire sulla natura, per mettere le forze di questa al servizio dell'uomo.

3. *Il problema della classificazione delle varie scienze*

Abbiamo ricordato il problema della definizione della scienza e l'atteggiamento che nei riguardi di esso è stato preso nel Medioevo e in epoche più recenti. Vale la pena ora di ricordare un altro problema, che viene preso in considerazione accanto a quello della definizione; intendiamo il problema della classificazione delle scienze. In base a ciò che abbiamo detto poco fa, già l'impresa di classificare le scienze costituisce a sua volta un atto di scienza, perché ovviamente per classificazione si intende una valutazione delle scienze e un loro collegamento in base a criteri intrinseci ed obbiettivi. A rigore, infatti, potrebbe essere una classificazione anche quella che si ottiene con un catalogo alfabetico, in una lingua prefissata, dei nomi delle varie scienze; ma chiaramente non è questa la classificazione che ci interessa. Si potrebbe, quindi, impostare una discussione (che andrebbe molto per le lunghe) proprio su questa azione di classificazione e sulla dottrina che autorizza a farla; si tratta, se vogliamo mantenerci nella logica della esposizione fin qui svolta, di una 'scientia scientiarum' per così dire. Appare dunque giustificato l'atteggiamento di chi, nella logica della filosofia medievale, attribuiva l'autorità di essere una scienza

delle scienze ad una dottrina considerata superiore, cioè alla filosofia.

Questa conclusione scaturiva da un serrato ragionamento, che aveva il suo fondamento nella analisi dell'atto del conoscere umano, ragionamento che cercheremo di riprodurre rapidamente.

Si stabilisce anzitutto che « non datur scientia de singularibus », ³ perché l'intelletto conosce attraverso i concetti e le idee, che sono sempre in certo modo degli 'universali'; segue di qui la classificazione delle varie scienze attraverso la valutazione dei 'livelli di astrazione', ovvero della universalità delle idee con le quali la scienza conosce i propri oggetti. ⁴

Al grado supremo in questa classificazione sta la metafisica, la quale si occupa dell'ente in quanto tale, a prescindere da ogni altro carattere individuante; quindi dell'ente finito e dell'infinito, dell'ente spirituale e del materiale ecc. Ad un livello inferiore della scala troviamo la matematica, la quale si occupa dell'ente come soggetto di quantità; in teoria l'oggetto della matematica può non essere materiale: avrebbe senso, per esempio, parlare del 'numero degli angeli' oppure del 'numero delle idee'.

Infine, nel gradino inferiore stanno le scienze che si occupano dell'ente materiale, ente quindi che per esistere abbisogna della materia; queste scienze dunque fanno astrazione soltanto della particolare materia di cui un ente è costituito. Infatti se voglio, per esempio, studiare scientificamente un dato elemento chimico, non posso prescindere dal fatto che questo ha delle molecole materiali; posso prescindere dalle circostanze particolari che distinguono

³ Si veda, per esempio, *S. Tb.* I q. 14 a. 11 ad 1m: « Intellectus noster singularia non cognoscit ».

⁴ Si veda, per esempio, J. Maritain, *Distinguer pour unir. Les degrés du savoir.*

no questa da quell'altra molecola, e proprio perché le cose che interessano la mia conoscenza in quanto scientifica sono le proprietà comuni di ogni molecola di questo elemento.

Di questa classificazione delle scienze tutto si potrebbe dire meno che manchi di rigore logico e di coerenza. Tuttavia noi non la seguiremo pedissequamente e ciò per varie ragioni. Anzitutto, proprio per il suo carattere di intrinseca coerenza questa classificazione non può prescindere dalla accettazione del ruolo primario della metafisica in quanto scienza dell'ente puro. Pertanto questa classificazione può non essere adottata da chi non accetta questa definizione di metafisica o addirittura non accetta la esistenza della metafisica.

Quale che sia la nostra posizione nei riguardi di una questione di questa portata e di questa importanza, appare chiaro che il dirimere tale questione non è compito di un discorso puramente scientifico, ma dovrebbe coinvolgere un discorso filosofico.

Inoltre, si potrebbe forse elevare qualche critica alla concezione della matematica che discende da questa classificazione. Di ciò diremo in seguito: per il momento cercheremo di dare qualche idea delle distinzioni che si possono fare nell'ambito delle varie scienze, con un tentativo di descrizione che, pur non andando a fondo come faceva la classificazione medievale, potrebbe forse ottenere maggiori consensi.

In vista della analisi del procedimento scientifico che faremo presto, pensiamo che una classificazione interessante sia quella che distingue tra scienze della natura e scienze dell'uomo. È questa una classificazione che potrebbe essere considerata superficiale, ma non lo è tanto come sembra, perché la differenza degli oggetti porta come conseguenza una differenza dei procedimenti e, quindi, anche

una differenza di metodo e del modo di lavorare dei due tipi di scienza.

Si potrebbe poi pensare nell'ambito delle scienze della natura alla distinzione tra scienze del vivente e del non vivente.

In questa classificazione non trova posto la matematica, che si presenta effettivamente come una scienza 'sui generis', che sta ancora oggi cercando di analizzare la propria natura. Infatti non accetta più di essere specificata dal proprio oggetto (che una volta poteva, per esempio, essere descritto come lo 'ens quantum' o con altre espressioni); e tende oggi ad accentuare i suoi collegamenti da una parte con la logica e dall'altra con la teoria del linguaggio.

Accanto alla classificazione possibile delle scienze che le distingue secondo il loro oggetto (la natura oppure l'uomo), si potrebbe anche pensare ad una classificazione che le distingue a seconda del procedimento seguito, classificando le scienze come induttive oppure deduttive.

A questo proposito vorremmo dire che la distinzione non risponde con piena fedeltà alla realtà delle cose, perché piuttosto che di scienze deduttive ed induttive, in senso assoluto, si potrebbe parlare di procedimenti induttivi o deduttivi, che appaiono, in modo prevalente, nel procedimento scientifico.

Infatti è noto che, per quanto riguarda le scienze della natura, il procedimento induttivo è di importanza fondamentale: si potrebbe addirittura dire che nella impostazione stessa della conoscenza scientifica sta la convinzione di poter costruire delle proposizioni che sono valide in generale (per quanto è possibile) dalla osservazione di un certo numero di fenomeni, che, per quanto numerosi possano essere, per quanto osservati con tecnica raffinata, sono tuttavia sempre tali da non esaurire tutte le possibili

lità di realizzazione dei fenomeni stessi. In sintesi si potrebbe dire che la scienza non esisterebbe, non giustificerebbe gli sforzi che si fanno e l'impiego di mezzi e di tempo, se non ci fosse, anche magari in modo acritico e quasi inconscio, la convinzione che il procedimento di induzione è in qualche modo valido.

Sappiamo bene che contro la validità del procedimento induttivo sono state mosse moltissime critiche, che sono considerate in certo modo ormai come un luogo comune di chi discute sulla scienza e sui suoi problemi. Come minimo queste critiche, che si riattaccano poi alla critica del concetto di causa, affermano che in base all'induzione non si può avere certezza nel vero senso della parola, ma soltanto una probabilità, che diviene sempre maggiore quanto più numerose sono le conferme sperimentali delle ipotesi formulate.

È noto che nella concezione classica della scienza queste critiche assumevano minore importanza, perché si ammetteva che, una volta conosciuta la natura di un ente, tutte le sue proprietà potessero essere poi dedotte logicamente da questa conoscenza.

Tuttavia, come abbiamo già detto poco sopra (cfr. § 2), anche ammettendo che questo atteggiamento sia valido, nella pratica concreta della ricerca scientifica si può osservare che il problema viene soltanto spostato e non risolto. Infatti, non pare che si possano dare in generale dei criteri per conoscere la natura di un oggetto, né per constatare con certezza che i mezzi di indagine che abbiamo impiegato ci abbiano permesso di raggiungere l'essenza, oppure che i mezzi linguistici o in generale che i simboli, a cui dobbiamo affidarci per esprimere le nostre idee, abbiano espresso effettivamente le essenze delle cose, che sono quelle che cerchiamo di conoscere. In altre parole, si potrebbe dire che proprio tutta la metodologia di spe-

rimentazione e tutto l'apparato simbolico della matematica che viene impiegato per esprimere e per dedurre hanno come unico scopo quello di avvicinarsi il più possibile alla essenza delle cose.

Inoltre le crisi successive delle teorie fisiche e l'abbandono della speranza di esprimere delle leggi assolutamente certe e che resistano, anche in linea di principio, ad ogni possibile smentita della esperienza futura, fanno abbandonare la speranza (che era stata nutrita forse inconsciamente dalla scienza antica) di poter raggiungere 'una tantum' la essenza di un oggetto di scienza e, quindi, di poter dedurre da questa tutte le conseguenze contingenti che in linea di principio possano scaturirne.

Pertanto il problema della validità del procedimento di induzione si ripropone in pieno e richiede di essere risolto per poter fondare con qualche speranza anche il lavoro dello scienziato.

Tuttavia, come abbiamo osservato poco fa, anche in presenza di tutte le critiche elevate in sede filosofica, il comportamento di fatto dello scienziato, almeno all'inizio della sua ricerca, è quello di chi in linea di massima crede ad una certa validità del procedimento di induzione. Infatti non varrebbe neppure la pena di incominciare le osservazioni o gli esperimenti (quando sono possibili), se non si potesse dal poco dedurre il molto, cioè se non si potesse dare una qualche garanzia della validità del procedimento stesso.

D'altra parte dobbiamo pure ricordare che, anche nel caso della scienza che classicamente è sempre stata considerata come il paradigma della scienza deduttiva, cioè anche nel caso della matematica, quando si esamini il procedimento concreto secondo il quale le conquiste di tale scienza vengono fatte, si deve ammettere che non si tratta sempre di un procedimento di pura deduzione. Il ma-

tematico, infatti, sa bene quanta parte abbia la fantasia, il 'fiuto', la induzione (anche presa in senso un po' esteso) per la ricerca matematica.

Possiamo pertanto concludere che è ben difficile distinguere esattamente tra scienze deduttive e scienze induttive e che ogni procedimento scientifico non può fare a meno, in linea di fatto, della induzione. E, ovviamente, sarebbe ben poco saggio persistere nella distinzione della linea di diritto dalla linea di fatto quando le condizioni concrete di lavoro portano a riconoscere la presenza della induzione in ogni tipo di conoscenza scientifica.

Questo modo di vedere le cose porta forse qualche scompiglio in chi è abituato al modo di procedere strettamente deduttivo della metafisica medievale; ma si potrebbe dire che anche le certezze supreme che questa dottrina voleva conquistare debbono essere conseguite con un procedimento induttivo che parte dalla osservazione dei fatti e delle cose che ci circondano.

II. IL PROCEDIMENTO SCIENTIFICO

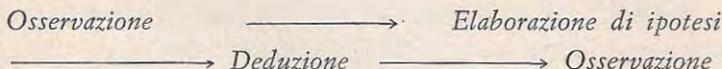
Nelle cose naturali l'autorità di uomini non val nulla.

G. Galilei, *Risposta a F. Ingoli*

1. I momenti fondamentali del procedimento scientifico

Per spingere più a fondo la nostra analisi sulla scienza, appare ora opportuno dedicare qualche attenzione al procedimento scientifico, cioè al procedimento mediante il quale la scienza realizza il proprio essere e raggiunge il proprio fine, che — ricordiamolo — è quello della conoscenza il più possibile certa e spiegata di fatti o di cose.

Si potrebbe dire che tale procedimento può essere descritto genericamente e nelle sue grandi linee in varie fasi, l'ultima delle quali ha lo stesso nome della prima, ma ne differisce non solo materialmente:



È del tutto ovvio che queste fasi sono state da noi enunciate come distinte tra loro; ma non è detto che esse siano sempre separate né successive nel tempo (come vedremo su un esempio).

Per quanto riguarda la prima fase, cioè quella della osservazione, pensiamo che ci sia poco da dire; nessun pensatore, per quanto teorizzante sia e maniaco del pensiero astratto, ha mai pensato di poterne fare a meno. Il filo-

sofo parla piuttosto di 'esperienze', comprendendo in questo termine anche la coscienza dei propri stati interiori, coscienza ottenuta con la introspezione e non comunicabile ad altri, almeno nei termini precisi in cui essa avviene materialmente. Si parla addirittura di 'esperienza mistica'. Noi preferiamo parlare di 'osservazione', utilizzando un vocabolo che è più generico e che non ha le implicazioni filosofiche dell'altro. Ci ripromettiamo comunque di tornare sull'argomento per discutere le caratteristiche di questa 'osservazione' scientifica.

La seconda fase, cioè la elaborazione di ipotesi, traduce sostanzialmente l'idea che l'uomo si fa delle 'cose come stanno'. È il primo passo per la ricerca di una 'spiegazione' di ciò che è stato osservato. È chiaro che in questa fase lo scienziato adotta *di fatto* la posizione mentale di chi è convinto che 'ci sia un perché' per le cose, di chi cioè ammette che vari fatti possano essere collegati, che possano dipendere l'uno dall'altro. Come diceva la filosofia medievale, « *causae ad invicem sunt causae* » e la emissione di ipotesi cerca appunto di dipanare questa matassa dell'interdipendenza dei fatti per vedere i fatti stessi in una luce che ci aiuti a spiegarli.

Le famose 'Tabulae presentiae et absentiae' di Francesco Bacone, che sono spesso citate come una delle colonne dell'empirismo e della lotta ad una spiegazione metafisica del mondo, possono essere considerate come una guida, come un codice (non assoluto, ma abbastanza ragionevole), per poter emettere delle ipotesi che abbiano una certa probabilità di essere valide.

La terza fase, quella della deduzione, conduce a dedurre dalle ipotesi emesse le conseguenze (o meglio alcune conseguenze) che ne discendono per via logica; si potrebbe dire che lo scienziato ragiona dicendo: « se le cose stanno così, allora deve anche essere vero che... ».

Queste conseguenze, che vengono dedotte dalle ipotesi, sono poi confrontate con la realtà con una nuova fase di osservazione, in modo che la realtà stessa confermi o smentisca la validità delle ipotesi provvisoriamente adottate. Il ciclo può ricominciare, perché nella fase di confronto delle deduzioni con la realtà si possono scoprire nuovi fatti, che costringono a enunciare nuove ipotesi, a modificare le precedenti, a fare delle nuove deduzioni e così via. Spesso un certo numero di ipotesi, che si concatenano e si confrontano tra loro, danno luogo, insieme con le proposizioni dedotte, ad una costellazione di proposizioni, che viene chiamata una 'teoria'. La denominazione non è strettamente tecnica e spesso mal si potrebbe dire quando una o più ipotesi diventano teoria; tuttavia adotteremo anche questo vocabolo, osservando che in generale tutte le proposizioni di una teoria, quelle che traducono le osservazioni, le ipotesi, le deduzioni e le conferme delle deduzioni, hanno la pretesa di enunciare 'come stanno le cose', cioè di dare una spiegazione logicamente coerente e organica del mondo o di una sua parte, oppure delle cose che riguardano certi fenomeni, considerati da un certo punto di vista. Così, per esempio, la chimica guarda a certi fenomeni che sono della materia vivente e di quella non vivente da un punto di vista unitario. Ciò naturalmente non significa che la chimica cerchi di spiegare *tutti* i fenomeni che riguardano la materia vivente.

Prima di passare a commentare brevemente le fasi di cui abbiamo parlato, vorremmo presentare un esempio classico, dedotto dalla storia della scienza, di realizzazione di questo procedimento: si tratta dell'interessantissimo episodio della scoperta delle leggi di Keplero, scoperta che Keplero stesso ricorda quando riferisce in particolare la faticosa elaborazione che gli costò la formulazione teori-

ca del movimento di Marte attorno al Sole. Tale elaborazione, che egli descrive pittorescamente come « Lotta con Marte », partiva da certi dati di osservazioni astronomiche che erano già in suo possesso.

Pertanto questo è un caso in cui le due fasi di osservazione (la iniziale e la finale) non sono separate nel tempo. Keplero emise anzitutto l'ipotesi che l'orbita di Marte fosse una circonferenza; dedusse da questa ipotesi le posizioni che il pianeta avrebbe dovuto avere nei vari istanti del passato e verificò che questa ipotesi non era sostenibile; poi emise l'ipotesi che l'orbita fosse una ellisse che aveva il suo centro nel Sole. Fece le deduzioni e verificò che anche questa seconda ipotesi non quadrava con le osservazioni già in suo possesso. Infine suppose che l'orbita fosse una ellisse avente un suo fuoco nel Sole e verificò che tutte le osservazioni di cui disponeva andavano d'accordo con le deduzioni conseguenti a questa ipotesi: questa dunque doveva essere considerata la ipotesi 'vera'. Abbiamo messo tra virgolette la parola, perché intendiamo non darle un significato assoluto; provvisoriamente diremo che si tratta dell'ipotesi che non è smentita dalle osservazioni che possediamo entro i limiti della approssimazione di misura fornita dagli strumenti di cui disponiamo.

Qui, infatti, si innesta una considerazione, che riprenderemo in seguito, che riguarda la natura particolare delle osservazioni, delle ipotesi e delle deduzioni che sono state oggetto del lavoro di Keplero: si tratta infatti di *misure*, per quanto riguarda le osservazioni. Per quanto concerne poi le ipotesi e le deduzioni, si ha che l'ipotesi verte sulla forma geometrica di una traiettoria e le deduzioni sono ottenute con calcoli, cioè con i mezzi di deduzione tipici della matematica.

Pertanto, senza anticipare qui le considerazioni che svol-

geremo diffusamente in seguito, possiamo già intravedere da questo esempio quale sia il ruolo della matematica nella scienza sperimentale moderna. In linea di massima si potrebbe dire che essa offre i concetti per la enunciazione delle ipotesi e i mezzi per la deduzione: offre, cioè, gli strumenti perché due delle fasi fondamentali della conoscenza scientifica possano svolgersi nel modo più sicuro e comodo.

2. *La crisi galileiana della scienza - Il metodo sperimentale e il linguaggio matematico*

Abbiamo già detto che nessun scienziato ha mai pensato che si potesse fare scienza senza l'osservazione dei fatti. Invece la certezza di ogni scienziato è che ogni conoscenza, che non sia puramente di uno stato interiore, parte dalla osservazione di fatti esterni a noi. Va rilevato tuttavia che nella crisi della scienza che si ebbe in seguito al Rinascimento viene spesso dato un posto particolarmente importante all'adozione del metodo detto 'sperimentale'. Forse l'importanza attribuita a questo avvento è eccessiva, perché rischia di mettere in ombra altre circostanze che hanno importanza almeno uguale, se non superiore. Osserviamo, anzitutto, che il metodo sperimentale non è caratteristico della scienza modernamente intesa; è piuttosto caratteristica la grande importanza che viene data a questo metodo. Anche Aristotele infatti diceva che ogni teoria scientifica deve anzitutto 'salvare i fenomeni', cioè concordare con le osservazioni.

Va inoltre osservato che esistono varie scienze nelle quali l'esperimento così come lo si intende ordinariamente non è eseguibile e siamo costretti a limitarci alla osservazione: sia perché ogni ripetizione del fenomeno che interessa ci

è materialmente impossibile (come, per esempio, nell'astronomia) oppure molto scomodo (come, per esempio, per la geografia), sia perché l'oggetto della scienza per la sua stessa natura non si presta all'esperimento; come avviene, per esempio, nelle scienze dell'uomo o tipicamente nella storia, oppure nella paleontologia.

Sta di fatto che le scienze che hanno avuto i progressi più vistosi e rapidi sono state quelle nelle quali si è potuto adottare il metodo sperimentale, che consiste nella ripetizione del fenomeno che si vuole studiare, in varie circostanze ed in diverse condizioni. Tale procedimento permette di giungere ad ipotesi che hanno grandissime probabilità di essere confermate dalla osservazione successiva, tanto che si potrebbe dire che il procedimento della sperimentazione riassume spesso in sé le fasi del procedere scientifico di cui abbiamo parlato prima.

Si potrebbe tuttavia osservare che c'è un'altra circostanza essenziale che concorre, insieme col metodo sperimentale, a dare la fisionomia della scienza moderna: tale circostanza è data dalla introduzione della matematica anche nella prima fase del procedimento scientifico, introduzione che viene realizzata specificando la natura delle osservazioni, che spesso sono delle *measure*, i cui risultati pertanto vengono tradotti in simboli con le convenzioni della matematica.

Si potrebbe dire che qui sta uno dei nodi che legavano gli antichi, i quali tra l'altro non avevano l'abitudine di moltiplicare metodicamente le osservazioni; qui, per riferirci ad un esempio che ha fatto epoca nella storia della filosofia e della scienza, sta la differenza di atteggiamento tra Galileo e Simplicio, il celebre personaggio di uno dei suoi dialoghi, che, infatti, obbiettava che la 'sensata esperienza' mostra senza dubbio che la piuma scende a terra più

lentamente del sasso; cosa che, in presenza di aria, nessuno potrebbe negare anche oggi.

Ma la novità dell'atteggiamento galileiano sta anche nella insistenza a tradurre l'osservazione in termini quantitativi, il che lo porta, naturalmente, a distinguere nel fenomeno della caduta della piuma quella che è la circostanza per così dire 'essenziale' (che è la legge di caduta nel vuoto, uguale per la piuma e per il sasso) e le circostanze 'secondarie e di disturbo' (che sono più evidenti per la piuma che per il sasso).

E fu proprio Galileo che scrisse quello che si potrebbe chiamare il codice della scienza nuova e del suo nuovo linguaggio nella celebre pagina del *Saggiatore*: «... la filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intender se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto».¹ Forse non si potrebbe dire con più chiarezza che la matematica viene considerata come il linguaggio della scienza, cioè quella dottrina che fornisce alla scienza della natura (la filosofia naturale) i simboli per esprimere le osservazioni e gli strumenti per la deduzione.

Ovviamente l'avviarsi su questa strada implica anche il fare una graduatoria degli effetti delle misure e delle osservazioni ed una valutazione degli errori che inevitabilmente si commettono nella operazione di misura; ma si

¹ Si vedano, per altre considerazioni sull'argomento della metodologia della scienza moderna, i lavori del volume *Nel quarto centenario della nascita di Galileo Galilei*, Pubblicazioni della Università Cattolica del S. Cuore, Milano 1966.

arriva anche a concepire in modo del tutto peculiare la 'conoscenza' della natura che si ottiene con questi mezzi. In altre parole, si arriva alla concezione moderna di scienza fisica, della quale parleremo diffusamente in seguito.

3. *Le ipotesi inesprese del procedimento scientifico -
I condizionamenti dell'azione dello scienziato*

Ci siamo finora occupati della osservazione, che forma la prima fase di ogni procedimento scientifico. Se prendiamo in considerazione le altre due fasi del procedimento, troviamo anzitutto che esse manifestano *de facto* un certo atteggiamento che lo scienziato ha di fronte alla realtà e che condiziona tutto il suo procedere. Pensiamo, infatti, che lo scienziato non emetterebbe alcuna ipotesi se non fosse profondamente convinto di poter dire che le cose vanno così in se stesse; non cercherebbe di fare delle deduzioni dalle ipotesi se non fosse intimamente convinto che le leggi della logica deduttiva che egli impiega rispecchiano in qualche modo la struttura della realtà; in altre parole, se non fosse convinto che non è del tutto insensato dedurre da certe ipotesi e poi verificare se di fatto le conseguenze dedotte abbiano la loro rispondenza nella osservazione di controllo.

Pensiamo, inoltre, che anche quando le osservazioni si riducono ad introspezioni, cioè riguardano la realtà psicologica, che soltanto il soggetto può conoscere direttamente, la emissione di ipotesi e la deduzione obbedisce a queste implicite convinzioni. In questo senso dunque si potrebbe dire che lo scienziato ammette come presupposto implicito di ogni sua attività una dottrina realista del mondo.

Va detto che questa tesi del realismo, che potremmo dire

ingenuo e primitivo, acritico e non esplicito della scienza, è oggetto di molte discussioni, in modo particolare nelle scienze dell'uomo. Infatti, da parte di una forte corrente di filosofi, pur accettando la posizione mentale e psicologica del realismo dello scienziato, si insiste nel mettere in evidenza i 'condizionamenti' che sono essenziali in ogni ricerca, tanto della scienza della natura quanto, e in maggior misura, delle scienze dell'uomo.

Non possiamo qui soffermarci ad analizzare completamente la questione, che è stata lungamente dibattuta e la cui soluzione implica anche un giudizio su teorie molto importanti della filosofia moderna. Vogliamo soltanto ricordare che l'adozione di un punto di vista radicale su questo argomento potrebbe portare a notevoli contraddizioni, che cercheremo di esporre brevemente. Anzitutto va osservato che un condizionamento assoluto è tale che non può neppure essere avvertito da chi vi è sottoposto, perché in tanto si può dire di avvertire il condizionamento, in quanto è possibile emergere almeno in parte da esso. Inoltre, di fatto, l'esistenza di un condizionamento totale risulta in contraddizione con ogni possibilità di intervento sulla società; anche in questo caso, infatti, l'ammissione di un condizionamento totale importerebbe la rinuncia ad un qualunque intervento sul mondo umano, che risulterebbe totalmente determinato da tale condizionamento. A nostro parere si può benissimo conciliare l'osservazione che ogni conoscenza è strettamente legata alle condizioni storiche ed economiche nelle quali essa viene esplicata, con il fatto che resti nondimeno anche un fondo di obbiettività nella ricerca scientifica, il cui contenuto non può mai ridursi completamente alle condizioni storiche nelle quali esso viene messo in evidenza.

Sta di fatto che queste questioni si ricollegano abbastanza strettamente a quelle che furono lungamente dibattute

dalla filosofia medievale e che ritornano puntualmente ad ogni svolta della storia del pensiero umano. Tali questioni sostanzialmente potrebbero essere esposte brevemente (e in modo rudimentale) dicendo che l'uomo non può fare a meno, per conoscere, di utilizzare certe strutture mentali: formare dei concetti, emettere dei giudizi, esplicitare verbalmente tali giudizi in un linguaggio determinato. Nasce quindi il problema dell'assicurare la 'verità' dei giudizi, cioè la corrispondenza del 'significato' dei giudizi stessi ad una realtà diversa da questi, che ne costituisce l'oggetto rappresentato.

Addirittura resta il problema di garantire l'esistenza di una tale realtà, dato che di essa non possiamo prendere coscienza che attraverso i nessi mentali, logici e linguistici che abbiamo ricordato.

Non vogliamo ulteriormente insistere nell'argomento: ci limitiamo a fare qui soltanto poche osservazioni a conclusione della breve esposizione del problema.

Anzitutto vorremmo dire che il problema non ci pare scientifico, nel senso che non ci pare di competenza di una scienza particolare, ma — se mai — di quella 'scienza delle scienze', di cui abbiamo parlato e alla quale si può anche dare il vecchio nome di filosofia. In secondo luogo ci pare di poter ripetere che di fatto, quando lo scienziato costruisce la scienza, non si pone questi problemi, ma ritiene di poter indagare direttamente la realtà, della cui esistenza non ha fino a quel momento alcun dubbio. Questa può essere una posizione ingenua ed acritica, dovuta alla ignoranza da parte dello scienziato dei condizionamenti, nei quali è talmente irretito da non essere in grado di rilevarli; oppure si tratta di una visione sì chiara della realtà, ma che viene in seguito complicata da riflessioni che non sanno rilevare l'evidenza e che cercano di 'dimostrare' ciò che si deve soltanto 'vedere': pensia-

mo tuttavia che il comportamento dello scienziato sia quello che abbiamo descritto.

4. *Le conseguenze dell'adozione del linguaggio matematico nelle scienze della natura*

Ritorniamo ora al discorso con il quale abbiamo incominciato la nostra trattazione, cioè quello che riguarda la certezza della conoscenza scientifica.

Vale la pena di dire subito che questa certezza è stata concepita diversamente nel corso della storia della scienza. Non è neppure necessario ripetere che nella concezione comune e nel linguaggio comune la conoscenza scientifica viene considerata come il paradigma della conoscenza certa; basti ricordare la distinzione classica tra *doxa* ed *episteme*, opinione e scienza, per convincersi della verità di questo atteggiamento. In particolare la matematica ha fatto le spese di questa situazione di fornitrice esemplare di certezza. Di conseguenza la critica della matematica e dei suoi procedimenti ha spesso suscitato una specie di disagio, di inquietudine, come se venissero scosse le fondamenta di tutto il sapere, come se una critica cosiffatta mettesse in dubbio ogni possibilità di conoscere con certezza e pertanto ogni tranquillità di spirito.

Vale dunque la pena di fare qualche riflessione a proposito della certezza delle cognizioni scientifiche e, pertanto, correlativamente anche a proposito della 'verità' delle teorie scientifiche. Ciò che diremo trae la sua origine dalla considerazione già fatta a proposito del carattere tipico che hanno le osservazioni tanto nel campo delle scienze fisico-matematiche quanto in quello delle altre scienze. Abbiamo detto che la novità introdotta sostanzialmente dalla crisi rinascimentale consiste soprattutto nell'aver

dato alla osservazione dei fenomeni il carattere di misure. In questo sta buona parte della forza, ma anche della debolezza ineliminabile della nostra scienza; e si noti che quando parliamo di debolezza, non vogliamo con questo dire che lo schema della scienza di oggi andrebbe totalmente cambiato se si volesse fare meglio.

Abbiamo infatti parlato di debolezza ineliminabile; siamo inoltre convinti del fatto che, anche senza adottare lo schema che ci porta a tener conto dei condizionamenti necessari e delle situazioni storiche come determinanti nello sviluppo del pensiero, sia oggi difficilmente concepibile una scienza che abbia la stessa potenzialità e la stessa massa di conoscenze della nostra e che faccia a meno della matematica, dei suoi simboli e dei suoi procedimenti. In questo senso mi sentirei di sostenere che la matematica fornisce il paradigma della conoscenza scientifica, la struttura per così dire ideale di ogni modo di conoscere. Ma su questo argomento e sulla precisazione di questa tesi (che deve essere spiegata e precisata per non diventare paradossale) avremo modo di ritornare.

Per tornare al discorso che ci interessa, cioè quello della certezza scientifica, appare chiaro che quando le osservazioni sono tradotte in numeri mediante la operazione di misura, ad ogni osservazione è strettamente legato un certo margine di errore e di incertezza, che si ripercuote poi su tutta la elaborazione successiva.

Invero, salvo che nei pochissimi casi in cui l'impiego della matematica si riduce al contare gli elementi di qualche insieme concreto (il che dà come risultato un numero intero), quando si ha a che fare con misure di lunghezza, di tempo, di peso ecc. non si può mai dare la precisione 'assoluta'. Inoltre anche quando l'osservazione si riduce a contare certi elementi di un certo insieme, quelle che interessano sono le leggi che riguardano le folle di indivi-

dui; occorre allora ripetere il conteggio tante volte, così come occorre ripetere la misura tante volte (quando si può). Pertanto il risultato di queste osservazioni, talvolta faticosissime, non ha mai quella certezza assoluta e quella precisione determinante che il profano si aspetta. Per esempio, per quanto riguarda le leggi di Keplero che abbiamo ricordato poco fa, si potrebbe dire che nessun pianeta segue un'orbita precisamente ellittica; paradossalmente si potrebbe anche dire che se Keplero avesse avuto a disposizione degli strumenti più perfezionati di quelli di cui si serviva, non avrebbe enunciato le sue leggi, perché si sarebbe accorto che i pianeti non le obbediscono. Tuttavia noi ancora oggi le adottiamo e le enunciamo, pur essendo ben consci che la loro verità non è assoluta, ma che esse valgono a descrivere la realtà delle cose e a predire i fenomeni soltanto entro certi limiti di approssimazione. Ciò si potrebbe ripetere di ogni legge fisica (la legge di caduta dei gravi ecc.) e, di conseguenza, da una parte ciò demolisce una certa concezione che oserei chiamare euclidea della fisica, quasi che questa scienza fosse tenuta ad enunciare delle verità assolutamente invariabili, così come si pensava facesse una volta la geometria di Euclide; dall'altra, però, ci dà i limiti e il significato della conoscenza che noi abbiamo attraverso questi procedimenti e pertanto ci aiuta a non considerare come delle crisi radicali i cambiamenti di teoria che hanno una certa importanza.

Su questo argomento ritorneremo quando parleremo della relatività di Einstein e della crisi di concezione della fisica che questa teoria ha provocato. Accenniamo appena al fatto che questa incertezza, questo margine di errore nelle misure si presentano non soltanto nel momento iniziale, ma anche nel momento finale del processo, cioè quando le deduzioni di una ipotesi sono confrontate con la realtà.

Pertanto si potrebbe dire che gli scienziati cercano di costruire dei modelli della realtà, delle descrizioni di questa mediante gli strumenti della logica (in particolare della matematica), ma che il loro sforzo si presenta come una fatica di Sisifo, perché spesso tutto deve ricominciare in presenza di un fatto nuovo che non entra in alcun modo nelle teorie esistenti, oppure i margini di errori tollerati fino ad una certa epoca vengono considerati intollerabili e quindi costringono a cambiar tutto.

Si potrebbe dire che il secondo caso è quello che si è presentato più frequentemente nella storia della scienza e che i margini di errori che 'disturbavano' hanno dato luogo quasi sempre a fondamentali scoperte. Si pensi, per esempio, al caso della scoperta degli isotopi, dovuta alla necessità di eliminare certe cifre decimali che 'disturbavano' le leggi della chimica classica. Queste ultime, secondo una concezione primitiva della teoria atomica, sembravano assolutamente certe, ma necessariamente (sempre secondo quella concezione) dovevano venire espresse secondo numeri interi: la evidente esistenza di misure non intere costrinse alla scoperta di verità ad un livello più profondo.

5. *Il problema della 'verità' delle teorie scientifiche -
Certezza, obbiettività, intersoggettività*

Le considerazioni che precedono hanno chiarito un poco che cosa si intenda per 'certezza' della scienza, soprattutto quando la matematica viene a dare il linguaggio e gli strumenti per le osservazioni e le deduzioni. Forse in questo cambiamento del modo di vedere la certezza scientifica sta uno degli aspetti che hanno caratterizzato la crisi che conduce alla concezione moderna della scienza.

Filosofi e scienziati hanno lungamente analizzato questo concetto di 'certezza', che, come abbiamo visto, rappresenta uno dei caratteri costitutivi della conoscenza scientifica; in particolare sono stati ricercati dei caratteri e delle circostanze che garantissero in certo modo tale certezza e l'attenzione si è fissata spesso su quella che si suole chiamare 'intersoggettività', ritenuta garanzia di 'obiettività' della conoscenza scientifica.

Se si volesse cercare di descrivere la intersoggettività della scienza, si potrebbe dire che essa garantisce che la osservazione fatta da un soggetto deve poter essere fatta da un altro qualunque soggetto e che il contenuto di ogni osservazione deve poter essere espresso in simboli comprensibili e comunicato ad altri.

A questo proposito osserviamo anzitutto che la intercambiabilità degli osservatori è una condizione ideale, che può essere realizzata (e spesso con molta difficoltà) quasi soltanto nel caso degli esperimenti: nel caso di una osservazione non ripetibile (pensiamo, per esempio, ad un fenomeno astronomico, oppure ad un avvenimento storico, ad un reperto paleontologico), questa intersoggettività è soltanto una caratteristica che si potrebbe indicare come 'di principio'. Come contro esempio potremmo pensare alla esperienza mistica, nella quale colui che la vive è stato 'scelto' da una Potenza superiore: non è, quindi, pensabile che un altro soggetto umano quale che sia possa sostituirsi a lui a volontà.

Correlativa a questa intersoggettività è la caratteristica che richiede che la osservazione possa essere espressa in simboli conosciuti e quindi comunicata agli altri soggetti. Questa caratteristica è tipica della fisica e della chimica, scienze nelle quali le comunicazioni scientifiche enumerano sempre le circostanze sperimentali, che sono state le condizioni necessarie delle osservazioni considerate; tali

condizioni sperimentali — sempre in linea di principio — potrebbero essere riprodotte in un laboratorio qualunque (anche se di fatto ciò risulta essere molto problematico) e, quindi, le osservazioni dovrebbero poter essere riprodotte da un qualunque altro scienziato. Inoltre il risultato delle osservazioni è espresso mediante i simboli della matematica, simboli che stanno diventando il linguaggio internazionale della scienza esatta.

Ripetiamo ancora una volta che queste condizioni risultano essere delle condizioni ideali, che possono essere verificate soltanto in certi casi particolarmente privilegiati. È chiaro infatti che la esperienza della caduta dei gravi, ad uso di un liceo, può essere riprodotta in un qualunque laboratorio. Ma se cominciamo, per esempio, a pensare ad esperienze che vogliono mettere in evidenza le anomalie della gravità, allora le apparecchiature sperimentali sono spesso talmente complicate e raffinate e l'abilità e la genialità dell'osservatore debbono essere di tale livello che, praticamente, le osservazioni possono essere eseguite da una sola persona ed in un solo luogo dello spazio. Lo stesso si dica di un fenomeno astronomico. Ma — ripetiamo — in linea di principio ogni osservazione dovrebbe poter essere fatta da un altro soggetto qualunque. Il discorso è molto più complicato e pieno di sfaccettature per quanto riguarda le scienze dell'uomo. In queste, infatti, si presentano delle difficoltà che rendono molto arduo il raggiungimento delle caratteristiche di intersoggettività e di obbiettività richieste come una delle costituenti della certezza scientifica. Ricordiamo alcune tra queste difficoltà: anzitutto, come abbiamo già visto, i fatti umani non sono mai uguali a se stessi, se si svolgono in due istanti e in due luoghi diversi. La storia umana ha un suo scorrere inarrestabile, le esperienze si accumulano e, quindi, non si può mai asserire con una certa garanzia

di approssimare la verità che due osservazioni diverse si svolgono in circostanze assolutamente uguali. È ben vero che la stessa cosa potrebbe essere detta anche delle osservazioni della fisica, perché anche nel mondo materiale esiste un fenomeno irreversibile che viene chiamato 'degradazione della energia', ma la sua influenza è a ragione ritenuta non importante nelle misure che spesso interessano; mentre nel caso dell'uomo la variazione della società e della mentalità è spesso talmente rapida che non si può non tenerne conto.

Inoltre nelle scienze umane molto spesso le osservazioni sono delle introspezioni, cioè delle osservazioni che l'uomo fa del suo proprio stato interiore, osservazioni che sono per definizione non intersoggettive. A questa difficoltà si aggiunge inoltre anche l'altra, che trae la sua origine dal fatto che la comunicazione delle esperienze interiori dell'uomo deve necessariamente essere fatta con l'impiego di un linguaggio, che raramente è un linguaggio artificiale e formalizzato come quello della matematica, usato dalle scienze cosiddette esatte. Quindi anche la comunicazione delle esperienze interiori dell'uomo sottostà ai pericoli di variazione di significato propria del linguaggio umano. Queste difficoltà sono ben note anche agli esegeti e agli storici, che cercano di analizzare il significato delle espressioni linguistiche dei testimoni per trarne il significato, ossia per tradurre tali espressioni nel linguaggio di oggi, in modo da dare agli uomini contemporanei dei significati vicini a quelli che i testimoni hanno voluto esprimere. Questo obbiettivo non è sempre raggiungibile, proprio a causa del fatto che l'uomo non è mai uguale a se stesso, come anche nella storia singola di ogni soggetto una parola non ha mai *esattamente* lo stesso significato se è ripetuta ed impiegata due volte: non fosse altro che per il fatto che il primo impiego della

parola è stato registrato dalla memoria del soggetto e quindi ha provocato una variazione, anche se minima, nella personalità del soggetto che la pronuncia.

Si potrebbe dire che la coscienza della esistenza di queste difficoltà ha provocato una serie ininterrotta di tentativi da parte degli studiosi di scienze dell'uomo, tentativi diretti ad avvicinarsi il più possibile a quella intersoggettività e a quella obbiettività che sembrano essere le caratteristiche delle scienze della natura. Di qui nasce l'impiego di varie tecniche per superare queste difficoltà (per esempio l'impiego di tecniche statistiche, là dove sono applicabili); oppure la giustificazione dell'atteggiamento di una intera scuola che accetta come informazioni solo quelle che si possono ottenere osservando *dall'esterno* il comportamento del soggetto, indipendentemente dalle comunicazioni che questi dà dei propri stati interiori. Questa scuola è chiamata abitualmente 'behavioristica' (dalla parola inglese 'behaviour' che vale 'comportamento').

Si può dire che, dopo un iniziale successo di questa posizione radicalmente critica, anche le scienze dell'uomo hanno ripreso a considerare, per l'analisi degli stati interiori, la comunicazione e la testimonianza del soggetto, pur tenendo conto di tutte le precauzioni suggerite dalle critiche del behaviorismo. Pertanto anche in questo campo le critiche radicali hanno servito alla causa della scienza, portando un progresso nelle tecniche di osservazione e testimoniando che la ricerca della obbiettività e della intersoggettività costituisce una delle qualità ideali, alle quali la scienza tende, anche se non riesce sempre a raggiungerle.