

# FEDE & MENTALITÀ SCIENTIFICA

Lo scientismo — ossia il mito della scienza che risolve ogni problema ed elimina la fede — esiste ancora? Forse, al livello degli scienziati più consapevoli della portata del loro lavoro, non esiste più da decenni, e lo stesso si può dire al livello degli epistemologi. Ma, al livello della mentalità corrente, se si vede l'impostazione ideologica delle campagne anticristiane dei mass media di ispirazione radical-marxista, pare che lo scientismo dogmatico e progressista sia ancora diffuso, forse anche perché le nuove generazioni lo apprendono sui banchi di scuola da insegnanti e da testi che ripetono vecchi luoghi comuni. Carlo Felice Manara, ordinario di geometria nel Politecnico di Milano, in un chiaro e rigoroso saggio sulla scienza moderna di cui ora pubblichiamo la prima parte, si propone di esporre analiticamente i principi metodologici delle scienze fisico-matematiche e delle scienze umane, il loro spirito, la loro finalità costitutiva, i loro pregi conoscitivi, i loro limiti dal punto di vista generale del rapporto dell'uomo con la realtà. Nella seconda parte del saggio, l'autore esaminerà le pretese incompatibilità fra mentalità scientifica odierna e fede cristiana. Già da queste prime pagine, però, emerge un dato di sommo interesse: lo spirito e il metodo delle scienze che prendono l'avvio dalla svolta galileiana non sono affatto omogenei con i postulati tipici del soggettivismo, del relativismo e dell'idealismo, ossia della filosofia cartesiana, nata assieme alla scienza nel senso inteso da Galilei; sono invece omogenei con il senso comune e con i presupposti del realismo classico e cristiano. La cosa fa pensare, e dimostra — se non altro — che non si può parlare acriticamente di scienza e di filosofia "moderne" come entrambe opposte a quella visione del mondo che consente l'apertura alla fede.

Purtroppo il termine "scienza", come molti altri che vengono presi dal linguaggio comune, ha molti significati; la precisazione di questi ha dato luogo a discussioni secolari, e ancora oggi determina delle prese di posizione non sempre serene. Pertanto ci limiteremo a cercare di circoscrivere il significato del termine, piuttosto che presumere di definirlo in modo ineccepibile.

La definizione classica della scienza era: *co-gnitio certa per causas*, conoscenza certa che si fonda sulle cause. Vediamo che cosa si può mantenere in vita di questa definizione, o me-

glio come essa può essere trasferita in una mentalità moderna.

Anzitutto osserviamo che questa definizione mette in evidenza due caratteri della conoscenza che vogliamo chiamare scientifica: la *certezza* e la *motivazione*. Ovviamente, non si esclude che possano esistere altre conoscenze, ottenute con vari mezzi: vogliamo tuttavia precisare che una conoscenza può essere ritenuta scientifica nella misura in cui essa cerca di avvicinarsi alla certezza.

Non ci arrischiamo a cercare di definire la certezza: accettiamo per il momento la paro-

la dal linguaggio comune, con i significati che da questo le sono attribuiti: ogni tentativo di definizione farebbe intervenire altri vocaboli, i cui significati sarebbero altrettanto discutibili. Accettiamo dunque il fatto che il linguaggio comune utilizzi le espressioni "certezza" e "certo", e consideri la certezza una qualità possibile della conoscenza; si tratta di uno stato psicologico che ha tuttavia un fondamento nel mondo esterno, fondamento obiettivo, dipendente dallo stato delle cose e non soltanto dallo stato interno del soggetto. Ci limitiamo ad aggiungere che la certezza può avere diversi gradi, a seconda delle circostanze. Il primo passo per la conoscenza scientifica è l'accertamento dei fatti, dei fenomeni; ma se vi fosse soltanto questo non ci sarebbe ancora tale conoscenza. « I fatti — dice un personaggio di Pirandello — sono come un sacco vuoto, che non si regge ». Il puro accertamento dei fatti, dei fenomeni, non accontenta; l'uomo non si limita ad accertare, ma vuole anche spiegare i fatti, darne le ragioni, i fondamenti. Pare quindi che, ai fini del sussistere di una conoscenza che si possa dire in qualche modo scientifica, sia essenziale che alla certezza (quale che sia il suo grado) si accompagni anche una spiegazione dei fatti. In altre parole non basta dire: « Le cose stanno così, o sono andate così », ma occorre poter aggiungere "...per questa e quest'altra ragione".

A questo punto appare chiaro che i modi e le varietà della spiegazione che si dà possono essere moltissimi; e che si potrebbe tentare una diversificazione delle varie scienze proprio secondo questo criterio. Limitiamoci a dare qualche esempio, più che altro per sottolineare l'esistenza di moltissimi casi possibili. La spiegazione può essere di tipo puramente logico: per esempio può essere la dimostrazione di un teorema matematico: il fatto è il sussistere del teorema, la spiegazione è la sua dimostrazione, il procedimento che fonda la validità del teorema sulla validità di altri precedentemente dimostrati oppure a quella di certi principi ammessi come veri. Nel caso della chimica e della fisica, la spiegazione dei fenomeni che si osservano può consistere in una teoria che li giustifica, determinando la costituzione della materia che stiamo osservando, che si comporta in certo modo perché è costituita secondo certe leggi. Persino una scienza che può essere considerata come puramente descrittiva, come la geografia, non si accontenta di presentare le cose come sono, ma cerca di darne una descrizione sistematica e ragionata, cioè di dare un embrione di spiegazione. (« Le vallate sono dovute all'erosione delle acque che

discendono dalle montagne »).

Notiamo inoltre che questa tendenza a spiegare le cose non si trova soltanto nelle scienze della natura; in queste i fenomeni sono in linea di principio ripetibili, mentre nelle scienze che riguardano l'uomo (tipica la storia) le cose che si osservano non sono in generale ripetibili. Anche nella storia, però, non ci si limita a raccontare degli avvenimenti, ma si cerca in qualche misura di spiegarli con le conoscenze che si hanno. E al limite, anche quando la storia si riduce a una cronaca, quando si riduce a un racconto di "fatti memorabili", è presente un tentativo di classificazione, perché ovviamente il cronista ha giudicato memorabile un fatto prima di raccontarlo, e quindi ha dato un giudizio, che è pure un embrione di spiegazione perché è un embrione di classificazione. Vedremo in seguito con quali mezzi, nelle varie scienze, si può cercare di ottenere una spiegazione dei fenomeni che si osservano. Ci limitiamo a dire che non necessariamente ogni cosa che avviene può trovare una spiegazione, ma che intendiamo riservare il nome di scienza a una conoscenza che miri a una certezza non puramente fattuale, a una certezza fondata, motivata, spiegata razionalmente.

## il procedimento della scienza

Abbiamo accennato ai caratteri fondamentali della conoscenza scientifica, riconoscendo tra tutti la preminenza a due: la ricerca della certezza nei fatti, e la ricerca di una spiegazione, di una motivazione di questi. Cerchiamo ora di proseguire analizzando i momenti nei quali il procedimento si può articolare; e diciamo subito che, parlando di "momenti", non intendiamo affermare che essi si succedono sempre secondo un ordine cronologico che rispetta l'ordine nel quale li esporremo. La successione è soltanto indicativa di una gerarchia logica; nella pratica poi la distinzione non significa necessariamente separazione di fatto, e meno ancora — ripetiamo — successione cronologica.

I momenti che analizzeremo possono essere individuati nei quattro seguenti:

- 1) osservazione;
- 2) enunciazione di ipotesi;
- 3) deduzione;
- 4) verifica.

Notiamo anche che il quarto momento si riduce sostanzialmente a un'osservazione, e pertanto può innescare un procedimento ciclico, perché le osservazioni, che in linea di principio servono alla verifica di certe ipotesi, potrebbero rivelare altri dati di fatto, altri fenomeni, e quindi rendere necessaria l'enunciazione di ulteriori ipotesi (o la correzione di quelle già enunciate), ulteriori deduzioni, ulteriori verifiche e così via. Su questi momenti, non necessariamente succedentisi cronologicamente secondo l'ordine enunciato, faremo qualche rilievo che ci porterà a un maggiore contatto con la realtà multiforme della ricerca scientifica.

## **l'osservazione**

Il primo momento è quello dell'osservazione dei fenomeni. È inutile dire che questo momento è fondamentale, perché il carattere della conoscenza scientifica è quello di spiegare ciò che si osserva; *sozein ta fainomena*, dicevano i greci: salvare i fenomeni, ovviamente spiegandoli, ma non contraddicendo l'esperienza. Il primo momento della conoscenza, la raccolta dei dati di fatto, viene esplicitato attraverso i cosiddetti "protocolli" il cui tipo potrebbe essere dato nella forma seguente: « Tizio [e qui si possono mettere i caratteri che individuano un certo essere umano] in queste circostanze di tempo e luogo, dichiara di aver visto o sentito o udito ecc. queste cose ». Oppure anche: « Il tale apparecchio [e qui ci vuole la descrizione dell'apparecchio, in modo che chiunque possa costruirselo con i mezzi adatti] ha dato queste e queste registrazioni [di tempo, luogo, circostanze e fenomeni] ».

Naturalmente, per raggiungere quella caratteristica di certezza (anche in vari gradi) che abbiamo riconosciuta tipica della scienza, la raccolta dei protocolli deve essere il più possibile obiettiva, cioè rispondente ai dati di fatto. Con un enunciato di questo genere si dà per scontato che abbia senso parlare di dati di fatto, di "cose così come stanno": questa osservazione si ricollega a quelle altre che faremo sulla oggettività implicita di ogni procedimento scientifico, che costituisce il fondamento (anche se non espresso e cosciente) di ogni procedura di spiegazione razionale della realtà, così come è ricercata dalla scienza.

È chiaro che per avvicinarsi il più possibile al

la obiettività che si ricerca, alla certezza di fatto che è il fondamento di ogni spiegazione, la raccolta dei protocolli è tanto più attendibile quanto maggiore è il numero dei testimoni; in altre parole, si potrebbe dire che l'oggettività viene stimata tanto maggiore quanto maggiore è la intersoggettività. È pure chiaro che la certezza acquisita è tanto maggiore quanto più grande è la possibilità di costruire altre apparecchiature simili a quelle che hanno registrato il fenomeno e riprodurre questo in laboratorio, variando le circostanze. Tuttavia queste sono soltanto delle condizioni sufficienti, non necessarie, almeno in linea di principio, per l'obiettività dei fatti. Vi sono delle scienze, per esempio quelle storiche e quelle sociali, in cui la ripetibilità dei fenomeni non è pensabile. Ve ne sono altre che fondano i propri protocolli sull'introspezione, cioè su esperienze che sono di loro natura non intersoggettive (nel senso che nessun altro osservatore può sostituirsi alla introspezione del soggetto).

Vi sono d'altra parte anche fenomeni di allucinazione singola e collettiva; tuttavia tutte queste circostanze non giustificano affatto la diffidenza di chi vorrebbe negare ogni obiettività all'esperienza sensibile; esse non giustificano neppure la pretesa di negare obiettività ad ogni protocollo che non sia stato raccolto con certi criteri, che ad una analisi ulteriore appaiono aprioristici e ingiustificati. Appare per esempio illegittima la pretesa di accettare come protocollo soltanto un'esperienza che sia ripetibile a volontà, così come si tende a fare di varie parti, riducendo arbitrariamente il campo delle possibili spiegazioni e quindi delle conoscenze motivate delle cose che vediamo.

## **l'ipotesi & la deduzione**

Il secondo momento della costruzione di una teoria scientifica è quello della enunciazione di ipotesi che rendano ragione dei fenomeni osservati. L'ipotesi è dunque una proposizione che non è direttamente verificabile, e che riguarda la sussistenza di certi fatti che spieghino i fenomeni o ne costituiscono la ragione e il fondamento, almeno nell'intenzione di chi formula l'ipotesi stessa. Si pensi per esempio al momento in cui veniva costruita la chimica moderna: le leggi macroscopiche quantitative (leggi delle proporzioni definite, legge delle

proporzioni multiple, e così via) portarono alla enunciazione dell'ipotesi della costituzione molecolare della materia; le molecole delle sostanze chimiche su cui si sperimentava non erano direttamente visibili con i mezzi di allora, ma l'ipotesi della costituzione molecolare della materia (e dell'esistenza di certi atomi che costituivano le molecole delle sostanze chimiche) rendeva ragione dei fenomeni osservati. Ricordiamo che l'ipotesi potrebbe anche riguardare certe leggi matematiche o geometriche. Per esempio, nel caso delle leggi di Keplero, le varie ipotesi che questo scienziato enunciò riguardavano la forma geometrica della traiettoria di Marte attorno al Sole, e la posizione di questo astro rispetto alla traiettoria stessa. Dalle ipotesi, supposte provvisoriamente valide, si traggono delle conseguenze, le quali risultano direttamente verificabili o falsificabili dall'esperienza. Si giunge così al terzo momento della costruzione, che è il momento deduttivo. Notiamo ancora che questa operazione di dedurre le conseguenze dalle ipotesi enunciate, può essere eseguita in vari modi: infatti tale deduzione non è sempre necessariamente un sillogismo, secondo i canoni della logica classica; essa può anche ridursi semplicemente a un calcolo, cioè alla manipolazione di certi simboli matematici secondo leggi sintattiche determinate. Tale momento deduttivo, nella concezione della scienza moderna, può quindi divenire quasi meccanico, come è provato per esempio dall'impiego sempre più vasto dei calcolatori elettronici. Ma, quale che sia il mezzo con cui si passa dalla ipotesi non direttamente verificabile alla deduzione di conseguenze, il momento deduttivo non è sopprimibile: esso fa parte della costruzione abituale di una teoria scientifica che spieghi i fenomeni con la natura di certi enti oppure con certi avvenimenti.

## la verifica

L'ultimo momento della costruzione è quello che porta le conseguenze delle ipotesi espresse al tribunale di ultima istanza della realtà, cioè alla conferma o alla refutazione della ipotesi. Notiamo tuttavia che la verifica delle conseguenze nella realtà dei fatti non porta come conseguenza che l'ipotesi espressa sia quella giusta: dalla conferma si può soltanto arguire che l'ipotesi può essere quella giusta, ma non

si può escludere la possibilità che altre diverse ipotesi possano spiegare altrettanto bene, e forse meglio, la realtà dei fenomeni osservati. In altre parole, lo schema logico che si adotta è il seguente: la proposizione A implica la B; dunque A è condizione sufficiente per B, mentre B è necessaria per A. Di conseguenza, se si accerta che B non è vera, anche A risulta automaticamente falsificata; mentre se si accerta che B è vera non consegue necessariamente che sia vera A. E ciò come conseguenza delle leggi classiche della logica di ogni tempo (*ex falso sequitur quidquam*, e anche *verum sequitur a quolibet*: anche delle premesse false possono portare delle conseguenze vere). Ne consegue l'innescarsi di quel procedimento ciclico di cui abbiamo già detto, che è tipico della scienza sperimentale moderna, per cui la conferma della ipotesi viene cercata in vari modi, con vari esperimenti, che spesso danno altra messe di dati da spiegare. Il che può portare a modificare l'ipotesi enunciata, oppure a refutarla definitivamente. Così, per esempio, l'ipotesi chimica del flogisto fu definitivamente refutata dalle misure di peso molecolare. Nel caso delle leggi di Keplero di cui abbiamo detto, le varie ipotesi sulla forma dell'orbita di Marte (ipotesi, ripetiamo, non direttamente verificabili), portarono a delle deduzioni (calcoli astronomici) e quindi a esperimenti eseguibili: anzi a esperimenti che erano già stati eseguiti, perché i loro risultati erano contenuti nelle tavole astronomiche che Keplero già conosceva. Soltanto l'ipotesi della forma ellittica, con il sole in uno dei fuochi, portò a concordare con i risultati delle osservazioni e pertanto fu confermata.

È interessante osservare che il procedimento che abbiamo ricordato non si applica solo alla scienza; per entrare nel campo del pittoresco, potremmo dire che anche un romanzo poliziesco segue lo stesso procedimento. Qui il fenomeno è un fatto, anzi abitualmente un misfatto; si cercano le cause di questo e in particolare si cerca l'agente umano, il malfattore. Le ipotesi in questo caso vengono chiamate "sospetti" e consistono sostanzialmente nel supporre che il malfattore sia da cercare tra determinate persone, A, B, C, .... L'abilità dell'investigatore sta nel raccogliere il massimo numero di fatti e nel dedurre il più rapidamente possibile il massimo di conseguenze verificabili dalle ipotesi. Ma osserviamo che è facile cogliere anche in questo esempio la situazione tipica delle scienze: la validità della conseguenza non è una prova irrefutabile della validità dell'ipotesi, ma solo una sua conferma come ipotesi.

# la concezione moderna della scienza

Il procedimento che abbiamo descritto si applica anche alle scienze sociali e alle scienze storiche; è lecito infatti pensare che si cerchi la spiegazione di un fatto storico, che si emettano varie ipotesi, che si traggano le conseguenze e che si cerchino le verifiche in altri fatti storici. Supponiamo per esempio che sia stata accertata la fine relativamente improvvisa di una grande civiltà antica: si possono enunciare varie ipotesi: guerra, carestia, epidemia devastante. Le varie ipotesi possono essere sviluppate: per esempio, l'ipotesi della guerra perduta porterebbe come conseguenza la necessaria esistenza di tracce di distruzione, di incendi, di deportazioni. L'ipotesi della carestia dovrebbe essere confermata da conseguenze, da tracce di disastri naturali relativamente improvvisi e così via. Pertanto non si può affermare che il procedimento descritto sia proprio soltanto delle scienze della natura; esso è universalmente seguito quando si vogliono dare delle conoscenze di cui in qualche modo si cercano le ragioni.

A questo punto si potrebbe sviluppare un discorso molto più approfondito, che ci limitiamo ad accennare, richiamandone i punti principali. In primo luogo appare chiaro che un procedimento di ricerca di spiegazioni della realtà fenomenica quale ci si presenta si fonda su un implicito convincimento della conoscibilità di questa realtà, dell'intelligibilità della natura, dell'uomo, della società, della storia. In senso analogo al nostro, F. Enriques (*Per la storia della logica*, Bologna 1915) parla di un "postulato di comprensibilità" della realtà osservata, aggiungendo che senza ammettere (almeno implicitamente e di fatto) un postulato di questo genere non si potrebbe dare conoscenza scientifica. Se questo postulato non fosse accettato, non incomincerebbe neppure tutto il lungo, faticoso, complesso procedimento di spiegazione. Ma il procedimento che abbiamo descritto implica anche la validità del processo deduttivo, quali che siano i particolari aspetti che esso assume durante il suo svolgimento. Per esempio, nella fisica, quando i calcoli che deducono dalle relazioni esprimenti le ipotesi non coincidono con la realtà, non si pensa a mettere in dubbio la validità del procedimento: si criticano le ipotesi. I calcoli possono sì essere errati, ma soltanto in senso materiale; quando essi sono verificati, la loro validità nell'esprimere qualche cosa che deve essere vera non è messa in dubbio. Queste due osservazioni potrebbero testimoniare di un realismo immediato e radicale della scienza di tutti i tempi e di tutte le sfumature.

È necessario ora ricercare se e in quale misura si possa parlare di "scienza moderna", cioè, in altre parole, se il nostro tempo si distingua in qualche modo dagli altri per la ricerca, con tecnica particolare, della realizzazione dei due elementi costitutivi della conoscenza scientifica. Questa questione è stata lungamente dibattuta, e lo è anche recentemente, e varie correnti filosofiche (sedicenti tali) hanno cercato di identificare l'inizio di un progresso liberatore dell'uomo nel cambiamento di indirizzo della scienza. È questo uno dei motivi ricorrenti di un certo storicismo idealistico che identificava nel Rinascimento, e nella nascita della scienza moderna che a questo si voleva riattaccare, il dissiparsi delle "tenebre del medioevo".

I manuali di liceo ripetono acriticamente che la nascita della scienza moderna è dovuta al metodo sperimentale, che finalmente fonda sui fatti le teorie che prima venivano sviluppate soltanto su fondamenti intuitivi o immaginari. Queste affermazioni, che culminano con l'esaltazione del *Novum organon* di Bacone, sono accompagnate da sbeffeggiamenti e derisioni contro la scienza antica e medioevale; come se uno dei precetti fondamentali della scienza greca non fosse quello già ricordato (*sozein ta fainomena*: rendere conto dei fenomeni, salvare i fenomeni), il che implica ovviamente l'osservazione attenta dei fatti, l'accettazione della realtà osservata. Ma quello che viene chiamato "metodo sperimentale" vuol significare qualche cosa di più e di meglio: vuole significare la possibilità di ripetere più volte, a volontà del ricercatore, il fenomeno, in modo da poter variare le circostanze in cui esso avviene, ed eliminare, tra le cause possibili enunciate in via di ipotesi, quelle che non sono essenziali. In altre parole si tratta di una tecnica per ricercare nel modo più efficiente possibile la spiegazione valida tra tutte quelle che si affacciano alla ribalta (senza pregiudizio della disponibilità a cambiare le spiegazioni nel caso in cui si presentassero dei fatti che prima non erano conosciuti).

In questo ordine di idee, quindi, non si tratta affatto di un nuovo modo di conoscere: si tratta soltanto di esaltare una certa tecnica per l'accertamento dei fatti empirici, cioè per ras-

sodare il più possibile le fondamenta sulle quali si deve costruire l'edificio della conoscenza sperimentale; si tratta, in altre parole, di cercare di avvicinarsi il più possibile alla certezza delle osservazioni sensibili, perché sia garantita il più possibile una spiegazione valida di queste. È chiaro che una tendenza di questo tipo è necessariamente positiva, nella misura in cui esistono circostanze che la rendono possibile. In altre parole, si potrebbe dire che è giusta la pretesa del massimo accertamento possibile dei fatti: ma è eccessiva la pretesa di negare obiettività a tutti i fatti *che non siano riproducibili* a volontà dell'osservatore (questo è confondere la condizione *sufficiente* per la obiettività delle osservazioni con la *necessaria*). È anche troppo facile osservare che ci sono dei fatti che non sono riproducibili a volontà dall'osservatore: un fenomeno astronomico, un'eruzione vulcanica. Ma, a prescindere da queste cose del tutto banali, nelle scienze sociali e storiche è concettualmente impossibile sottoporre i fenomeni osservati a esperimenti di laboratorio, come si può spesso nelle scienze fisiche. E infine una pretesa cosiffatta escluderebbe totalmente dal novero delle scienze tutte le ricerche le cui osservazioni sono frutto di introspezione, e sono quindi di per sé incomunicabili. D'altra parte, appare legittimo pensare che anche nelle scienze sociali e anche nelle scienze psicologiche sia lecito cercare una spiegazione che renda ragione dei fatti, sia lecito cioè cercare una conoscenza che ambisca ai caratteri che distinguono la scienza, anche se in modo diverso dalle scienze fisico-matematiche.

Abbiamo detto infatti che in sostanza il successo giusto del metodo sperimentale potrebbe essere spiegato dicendo che esso costituisce una tecnica efficace per giungere alla massima certezza possibile dei fatti osservati; certezza che è fondamento della ricerca di spiegazione, che viene ottenuta con l'enunciazione di ipotesi e con la verifica.

Vi è in questo atteggiamento l'applicazione di un criterio, secondo il quale un fatto è tanto più certo quanto maggiore è il numero di persone che lo osservano; oppure un fenomeno è considerato come certo (di fatto) quando esso è riproducibile a volontà; quando qualunque osservatore (o meglio sperimentatore) può provocarlo a volontà, secondo la modalità che io descrivo e che egli ripete fedelmente. Secondo questo criterio, l'obiettività dell'osservazione viene cercata nell'*intersoggettività* di questa. È chiaro che non si vuole qui contestare la validità di questo atteggiamento, bensì la pretesa che questo sia il *solo criterio* per accertare

la vera sussistenza dei fatti o l'obiettività delle osservazioni.

Non possiamo neppure dimenticare il fatto che la ripetibilità in laboratorio, tanto decantata come criterio di intersoggettività e quindi unico criterio di oggettività dei fenomeni, è spesso un'utopia; infatti tale obiettività è spesso soltanto un'astrazione ideale, come ben si comprende quando si medita sul significato delle leggi fisiche e sulla difficoltà della esecuzione di esperimenti che siano veramente innovatori del quadro dei fenomeni conosciuti. A rigor di termini, infatti, la ripetizione di un fenomeno assolutamente identico a se stesso è soltanto una astratta utopia, suggerita e in parte giustificata dalla osservazione dei fenomeni astronomici, e in generale di quelli della meccanica razionale classica, che non coinvolgono il calore. In pratica ogni fenomeno lascia una "traccia" (secondo la terminologia di G. Polvani) e quindi non è mai esattamente ripetibile.

A questa osservazione bisogna aggiungerne un'altra, che riguarda il linguaggio nel quale i protocolli vengono espressi. È ovvio che una conoscenza che voglia commisurare la propria obiettività con l'intersoggettività deve necessariamente essere in qualche modo *comunicata*. L'adozione del linguaggio matematico per sostituire con espressioni precise e quantitative le espressioni generiche e qualitative del linguaggio comune, tuttavia, implica l'accettazione di certe ipotesi sulla costituzione degli oggetti osservati; ipotesi ben ragionevoli, ma accettate forse inconsciamente da chi opera. Per esempio, se l'osservazione qualitativa (che potrebbe essere espressa genericamente dicendo "grande" oppure "piccolo") viene sostituita da una misura, la comunicazione delle informazioni sui protocolli si presenta come molto più precisa; tuttavia la possibilità di poter misurare una cosa implica che questa cosa appartenga alla classe di quelle che vengono chiamate "grandezze" e quindi possessa certe qualità che sono precisate dalla teoria delle grandezze. In questo ordine di idee, quindi, vorremmo ricordare la concezione di H. Poincaré secondo cui non esistono leggi fisiche "esatte", ma soltanto leggi "adeguate". Infatti l'impiego del linguaggio matematico (per esprimere le osservazioni, per la deduzione, per la verifica delle ipotesi) porta come conseguenza l'accettazione di inevitabili margini di errore nell'osservazione. Pertanto l'esattezza matematica delle osservazioni e delle leggi fisiche è soltanto un'astrazione; per quanto riguarda la verifica delle conseguenze e delle ipotesi, per esempio, è chiaro che uno dei problemi più

importanti è la decisione sul giudizio dei risultati di verifica; è infatti quasi impossibile che le deduzioni siano esattamente verificate; tale pretesa rischia addirittura di non avere senso. La questione più importante, nella costruzione di ogni teoria fisica, è la decisione sul fatto se le discrepanze inevitabili tra le conseguenze delle ipotesi e le verifiche sia dovuta all'inesattezza delle ipotesi oppure agli errori delle misure e in generale delle osservazioni di verifica. Ci sentiamo infatti di poter affermare che l'esattezza matematica delle leggi della fisica moderna consiste soprattutto nella certezza delle deduzioni, piuttosto che nella rispondenza esatta delle conseguenze della ipotesi ai risultati della osservazione di verifica.

Abbiamo già ricordato, per esempio, il caso delle leggi della chimica macroscopica, che hanno fondato la teoria atomica (legge delle proporzioni definite, legge delle proporzioni multiple, e così via). Oggi possediamo degli strumenti di misura molto migliori di quelli che erano utilizzati all'epoca in cui è stata fondata la teoria atomica della materia. Se tali strumenti fossero stati impiegati all'epoca, non si sarebbe arrivati all'enunciazione delle leggi della chimica macroscopica, perché quelli che si immaginavano a quel tempo erano degli atomi di una sola specie, che si combinavano in proporzioni definite, e davano quindi luogo a rapporti quantitativi rappresentati da numeri interi. Le misure più accurate hanno provato che tali numeri non sono affatto interi, e questa discrepanza tra le conseguenze di una teoria primitiva e insufficiente e i risultati sperimentali ha portato alla scoperta degli isotopi, cioè alla scoperta della esistenza di atomi che hanno differenti pesi atomici ma uguale comportamento chimico.

Osservazioni analoghe potrebbero essere fatte a proposito delle leggi di Keplero e di Newton, di cui abbiamo già detto. È noto infatti che queste sarebbero valide se il Sole e un pianeta fossero dei punti, isolati nello spazio. Nella realtà i due corpi non sono affatto puntiformi, ed esistono molti altri corpi che turbano il moto del pianeta. Pertanto le leggi di Keplero sono soltanto — come si suol dire — delle leggi "di prima approssimazione". E anche in questo caso può aver senso il rallegrarsi del fatto che gli strumenti di osservazione dell'epoca in cui le leggi furono enunciate fossero imperfetti. Altrimenti non possederemmo delle leggi così eleganti come quelle che abbiamo ricordato e come moltissime altre che si potrebbero ricordare.

avanti, per giungere a parlare dello "schema del continuo", che era considerato come valido e addirittura fondamentale in certe visioni della fisico-matematica all'inizio e alla fine del secolo scorso, e che ha perso molto della sua validità in seguito agli sviluppi della fisica recente. Volendo impiegare delle espressioni paradossali, si potrebbe dire che nella matematica fino al secolo XIX lo schema considerato come vero era quello della continuità: la meccanica di Newton era basata su una immagine della materia come un continuo; analoga era la concezione all'inizio del secolo XIX, con Fourier e con la sua teoria del calore. Oggi le posizioni si sono in certo modo rovesciate, e lo schema della continuità *effettiva* della realtà è considerato paradossalmente come un'approssimazione della *vera* immagine della realtà, che è tipicamente discontinua e discreta.

## il linguaggio matematico

Abbiamo detto che il metodo sperimentale viene considerato come la svolta fondamentale che distingue la scienza moderna dalla classica. A nostro parere questa svolta non consiste tanto nell'adozione del metodo sperimentale, quanto nell'adozione di un linguaggio particolare per la scienza: il linguaggio della matematica.

Invero, quando si adotta questo linguaggio si ottengono vari risultati che vale la pena di enumerare partitamente. Anzitutto, si ha un vantaggio nell'espressione delle osservazioni: la descrizione qualitativa della realtà, che si esprime attraverso l'impiego del linguaggio comune, viene sostituita dalla misura, che si esprime mediante numeri. Si ottiene quindi un guadagno in precisione e chiarezza. In secondo luogo, quando si esprimono le osservazioni mediante misure e quindi mediante numeri, le ipotesi sono espresse necessariamente da relazioni matematiche, e le deduzioni diventano dei calcoli. In altre parole, anche il secondo e il terzo momento della costruzione di una teoria scientifica — l'enunciazione di ipotesi e la deduzione — acquistano una sicurezza e una chiarezza che non avevano prima. Infine, il momento della verifica si riduce a un confronto tra le misure che possono essere predette con gli sviluppi di calcolo e quelle che si ottengono concretamente con le misure di verifica.

Si potrebbe pertanto concludere che l'adozione del linguaggio matematico costituisce una profonda rivoluzione nel metodo della scienza, perché porta nella costruzione della teoria una chiarezza e una sicurezza che appaiono come caratteri ideali della scienza; non stupisce quindi il fatto che Galileo abbia in certo modo codificato l'adozione del linguaggio matematico, scrivendo che questo è il linguaggio tipico della scienza. Egli esprimeva questa tesi dicendo che "la filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto dinanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscere 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". Questa proclamazione della matematica come linguaggio tipico della scienza costituisce la rivoluzione più importante della conoscenza scientifica. È da rilevarsi tuttavia che una concezione cosiffatta presuppone delle scelte, presuppone che si sia stabilita a priori una certa gerarchia di importanza tra i fenomeni; scelte che non sono illegittime, ma che debbono essere fatte coscientemente se non si vuole correre il rischio di ingannare e ingannarsi. Ricordiamo infatti che i contraddittori di Galileo gli obiettavano la "sensata esperienza". Secondo questa, per esempio, non appare affatto evidente che i corpi leggeri cadaño con la stessa legge dei pesanti, perché anche oggi la foglia cade più lentamente del sasso. Il merito di Galileo consiste nell'aver scelto, come fenomeno fondamentale, la caduta dei gravi nel vuoto, e di aver considerato le altre circostanze come accessorie, come perturbazioni del fenomeno fondamentale. Pare chiaro che la scelta sia stata buona; ma pare altrettanto chiaro che a priori essa era frutto di un'ipotesi. In generale, quando si accetta la descrizione quantitativa dei fenomeni (e quindi si enunciano le ipotesi esprimendole mediante relazioni matematiche) parlando in termini di analisi matematica si adotta lo "schema della proporzionalità", e ci si accontenta di prendere in considerazione i termini lineari degli sviluppi in serie di Taylor delle funzioni interessate. Soltanto delle notevoli discrepanze tra le previsioni e i risultati costringono a volte a prendere in considerazione dei termini ulteriori, con ovvia perdita della semplicità della spiegazione dei fenomeni considerati.

Abbiamo rilevato che l'espressione delle os-

servazioni mediante numeri possiede notevoli caratteri di certezza, precisione e chiarezza. Abbiamo anche osservato che, quando le ipotesi sono espresse mediante relazioni matematiche, le deduzioni si riducono a dei calcoli e quindi lo sviluppo di questi possiede quei caratteri di meccanicità e di automaticità che sono propri dei calcoli matematici. In questo ordine di idee, la matematica si presenta come una logica perfezionata, come pensava G. Peano, e non vi è nulla di strano nel fatto che la logica formale (o logica matematica semplicemente) si sia sviluppata proprio in questa direzione: nella direzione cioè che conduce alla deduzione — per così dire — meccanica, alla ricerca delle conseguenze ricondotta a un calcolo, cioè a un maneggio di simboli che avviene secondo certe leggi sintattiche, senza alcun appello al significato eventuale dei simboli stessi. Con questo atteggiamento si conquista quella certezza che già Leibniz auspicava quando si augurava che cessassero le dispute e che due dotti si sedessero allo stesso tavolo dicendo pacificamente: *calculemus*. Si ottiene anche quella generalità che è tipica della matematica, perché le deduzioni che si ottengono sono valide non soltanto per i fenomeni considerati, ma anche per ogni altro fenomeno che entri negli stessi schemi formali. Tuttavia, vale la pena di ricordare che la chiarezza della rappresentazione e la certezza delle conseguenze sono ottenute proprio a spese del significato, cioè con simboli, per così dire, vuoti; rimane impregiudicata la questione di decidere fino a quale punto tali simboli abbiano una vera "presa" sulla realtà che si vuole conoscere.

Ricordiamo infine che la deduzione matematica rende (in linea di principio) relativamente facile il procedimento di "falsificazione", cioè la procedura di refutazione delle ipotesi attraverso la costatazione che le conseguenze che se ne traggono non sono confermate dalle osservazioni. Diciamo relativamente facile, perché quando si tratta di misure, la valutazione della rispondenza di queste a certi valori dettati ammette sempre dei margini di approssimazione, nei quali vi è posto per considerare la distanza come dovuta a errori di misura, oppure a lacune delle ipotesi enunciate. E anche in questo secondo caso le discrepanze possono condurre o a delle correzioni delle ipotesi stesse, oppure a mutarle radicalmente. La storia delle teorie scientifiche è piena di episodi che dimostrano come il cammino della scienza fisico-matematica non è affatto chiaro e limpido come il profano potrebbe credere. Ma vorremmo qui ricordare un'altra circo-

stanza che si riattacca alle considerazioni fatte or ora: è chiaro che il pensiero scientifico, nella struttura che abbiamo presentato, ha sempre la possibilità di essere "falsificato". In altre parole, ogni teoria può sempre essere smentita dai fatti, dalla mancanza di rispondenza tra le osservazioni e le deduzioni dalle ipotesi. Ma sarebbe eccessivo far consistere in questa circostanza il carattere costitutivo della conoscenza scientifica. Abbiamo infatti visto già che possono esistere dei fenomeni che sono in certa misura certi e spiegati, ma che non sono ripetibili a volontà. Il pretendere di escludere la conoscenza di questi fenomeni dal novero delle conoscenze propriamente scientifiche sarebbe, ancora una volta, confondere la condizione sufficiente con la condizione necessaria.

## tecnica, scienza, cultura

Una delle caratteristiche del mondo di oggi è l'importanza che la scienza riveste per tutte le nazioni che si dicono civilizzate: invero l'uomo civilizzato di oggi (e forse l'uomo *tout court*) non sopravviverebbe nei boschi da solo se non ci fosse la scienza e se non esistesse la tecnica che le è strettamente connessa.

Questa connessione è arrivata a un punto tale che sarebbe spesso difficile dire dove finisce la ricerca pura o teorica, e dove incomincia la tecnica, la ricerca applicata, l'utilizzazione della conoscenza per il dominio, l'utilizzazione, la manipolazione della realtà umana e della natura.

Questa connessione, questa contiguità tra conoscenza scientifica e manipolazione era quasi inesistente presso i classici e i medioevali. Non si è lontani dal vero pensando che la scienza fisica era in primo luogo considerata come *contemplazione* delle leggi della natura, e la tecnica era principalmente frutto di un'invenzione artigianale, di una ingegnosità che si appoggiava sì sull'intelligenza e sull'inventiva, ma non sfruttava metodicamente le ricerche scientifiche come ora avviene.

Il panorama è cambiato, e quella che era una volta contemplazione pura, occasione di gioia e di atteggiamento religioso, è diventata oggi una specie di erinni inquieta, tesa alla ricerca delle leggi della materia, della società, della psiche umana allo scopo di sfruttare la natura, dominare la società, manipolare la psiche.

Comunque, quali che fossero i tempi e i luoghi in cui è vissuto, l'uomo ha sempre fondato il proprio comportamento su certe conoscenze; e queste, in modo necessario, tendono a essere motivate e organizzate in un tutto unico, tendono ad avere il carattere di cultura.

Non possiamo qui fare un'analisi completa del concetto di cultura, né enumerare tutti i significati che vengono attribuiti al termine. Ma vorremmo mettere in evidenza in modo particolare un aspetto: la cultura è tendenzialmente fondata su una visione razionale e globale del mondo e della società, tende a coinvolgere tutto il comportamento dell'uomo: vita, morte, felicità, infelicità, rapporti con le forze della natura e con le cose invisibili, in una parola rapporti con il tutto, con l'universo delle cose e degli esseri superiori e inferiori a noi, con Dio. In questo ordine di idee pensiamo che sia giustificato l'atteggiamento di T.S. Eliot (*Appunti per una definizione di cultura*) che identifica la cultura di un popolo con la sua religione.

Pur senza spingere a fondo l'analisi in questa direzione, vorremmo ribadire che una cultura è fondata su una visione razionale, motivata e globale del mondo e della storia. Un fondamento cosiffatto è molto remoto e inconscio per le culture storicamente più lontane da noi nel tempo, più esplicito e conscio nelle culture oggi viventi; ma non è negabile. Così come non è negabile l'influenza che la scienza moderna ha sulla cultura di tutti i popoli della terra, anche di quelli che la ignorano direttamente ma che non possono non assorbire nel loro comportamento l'influenza dei popoli che invece basano la loro vita sulla scienza e sulla tecnica. Infatti, anche nel barbaro totalmente distaccato dalla vita cosiddetta civilizzata di oggi deve entrare necessariamente l'esistenza di popoli che vivono diversamente da lui; la deve accettare, la deve in qualche modo spiegare, la deve fare entrare nel proprio universo (magari polemicamente), non la può ignorare; così come nella cultura del mondo greco-romano esistevano i "barbari", o nella cultura del mondo ebraico esistevano i "gentili", che non avevano con Dio i rapporti che il popolo eletto aveva.

In questo ordine di idee, le conoscenze di un popolo influenzano la sua visione del mondo e dell'universo, quindi la sua cultura, quindi la sua condotta (quella che conta, perché coinvolge la vita e la morte, l'atteggiamento con tutto il mondo, la vita religiosa). E si potrebbe dire che questa influenza è tanto più grande quanto maggiore è la distanza dalla coscienza, cioè

tanto più la conoscenza è stata inglobata, è stata spinta nel profondo, è diventata in qualche misura inconscia, sta nello sfondo dell'immagine del mondo che il popolo considerato si forma. Tanto più grande quanto più è diventata mentalità, abitudine, istinto quasi, quanto più è lontana dalla conoscenza pura per diventare modulo inconscio di comportamento.

Se ci poniamo in questa prospettiva, è facile osservare che la conoscenza meramente scientifica è in certo senso asettica, sterilizzata, distaccata, non coinvolta; invece le conoscenze o la visione del mondo che sono alla base di una cultura e di una religione, sono razionali, sì, ma coinvolgono anche la parte dell'uomo che riguarda la sua concezione del mondo, dei rapporti con gli altri, del fine ultimo. Per esempio, il fatto che una data teoria elettromagnetica sia valida oppure no, non influenza direttamente la mia visione del mondo, le cose che interessano da vicino la mia felicità. Ci potrebbe essere un'influenza se una teoria cosiffatta fosse in grado di fondare un ateismo radicale, ma allora l'influenza sarebbe mediata. Invece, per un selvaggio che abita nelle foreste, una visione animistica della natura che spiega in senso razionale i fenomeni che egli osserva è che riguarda tutti i suoi rapporti con la natura e con gli altri uomini, coinvolge direttamente la sua vita, il suo comportamento, la sua cultura, la sua religione.

Tuttavia, il peso di una compagine di conoscenze scientifiche come quelle che possediamo, e che cresce rapidamente davanti ai nostri occhi, non può non influenzare anche la cultura del nostro mondo; e la influenza in modo che è contemporaneamente sottile e pesante. Anzitutto, il prestigio delle scienze viene riversato anche sui criteri di certezza che queste adottano, il che fa dimenticare altri criteri di certezza, altri campi di ricerca nei quali i metodi della scienza tendenzialmente sperimentale e fisico-matematica non hanno applicazione. In secondo luogo, il successo della tecnica — strettamente collegata alle scienze — nel dominio delle cose, necessariamente si impone, e sposta il campo degli interessi del nostro mondo dalla costruzione dell'uomo interiore alla costruzione del mondo esteriore. E l'uomo diviene così, ogni giorno di più, padrone di una materia che certamente non gli può dare la felicità, e poi schiavo della materia stessa, delle sue forze e dei suoi limiti. La conseguenza è che questa scienza che vuole ispirare la cultura, e addirittura farsi cultura, invece di diventare strumento di libertà per l'uomo diventa strumento di schiavitù.

## i limiti della matematizzazione

I caratteri della scienza moderna, e soprattutto quello che consiste nella matematizzazione, conducono direttamente a cercarne i limiti e il significato. Abbiamo visto che la utilizzazione del metodo matematico porta a una assunzione a priori di certe gerarchie di importanza tra i fenomeni, che vengono classificati attraverso la loro portata quantitativa e attraverso le conseguenze misurabili. Si direbbe che in questo ordine di idee la meccanica classica è la dottrina principale che trova nel teorema di Talete (e in generale nel concetto di proporzionalità) lo schema fondamentale che basa, non diciamo ogni spiegazione, ma certo gran parte delle sue spiegazioni.

Va detto tuttavia che, già in questa direzione, vi è luogo a considerare i limiti di una concezione cosiffatta. Invero lo schema quantitativo della proporzionalità, che è così valido nella meccanica e in molti capitoli della fisica macroscopica, non pare affatto universalmente valido. Nella chimica, per esempio, vi sono esempi di catalizzatori, cioè di sostanze che, in minima quantità, favoriscono o bloccano certe reazioni senza prendervi parte. In modo analogo, nella biologia esistono gli ormoni, cioè delle sostanze che, in quantità minime, regolano i fenomeni biologici; in altre scienze si danno fenomeni di esistenza di "soglie critiche", di discontinuità, di fenomeni "grilletto" (*trigger*) che scatenano altri fenomeni di proporzioni molto più vaste. In certo modo si potrebbe dire che, mentre la meccanica e la fisica di prima approssimazione sono regolate dalla proporzionalità (*Ut tensio, sic vis*), a un esame più approfondito si avvera più generalmente ciò che Dante ha detto: « Parva favilla gran fiamma seconda ».

Cose abbastanza analoghe possono essere dette a proposito di quella realtà, molto difficile da definire, che viene chiamata "informazione". Forse si potrebbero ripetere qui le parole che sant'Agostino dice a proposito del tempo: « Parliamone, se volete, ma non domandatemi di definirlo » (*Confessioni*, XI, 14). Per l'informazione si potrebbero ripetere parole analoghe: si giunge perfino a misurarla, come avviene per il tempo, ma difficile appare darne una definizione che copra tutti i sensi che vengono attribuiti alla parola nel nostro modo di esprimerci. Se si tentasse una descrizione si notrebbe che una informazione è una

quantità minima di energia la quale, inserita al posto giusto, provoca la messa in moto di grandi quantità di energia.

Ma vorremmo aggiungere che, anche quando entra in crisi il concetto elementare della proporzionalità che ha retto la meccanica dopo Galileo, la struttura della spiegazione matematica dei fenomeni resta ancora valida, purché si precisi bene che cosa si intende per matematica. Non è più soltanto la scienza dei numeri, la scienza del misurabile; diventa la scienza dei *sistemi formali*, che permettono di simbolizzare e di dedurre.

Questo aspetto della matematica che abbiamo richiamato mette in luce una caratteristica della scienza moderna che vale la pena di analizzare brevemente. Tale caratteristica potrebbe essere descritta dicendo che la scienza di oggi privilegia la *certezza del momento deduttivo* del proprio procedimento, rispetto alla ricerca in profondità dell'*essenza delle cose*, che caratterizzava la scienza antica e medievale. Probabilmente, una delle ragioni del successo della matematizzazione della scienza sta proprio nella meccanicità della deduzione, meccanicità che corrisponde alla spersonalizzazione del procedimento e quindi alla sua certezza. E infatti, nella misura in cui la deduzione si riduce a un calcolo, cioè a delle operazioni stabilite a priori su certi simboli, essa può venire affidata anche ad una macchina (almeno in linea di principio), e quindi le conclusioni sono immuni da ogni dubbio che potrebbe insorgere sulla correttezza della deduzione o sulla capacità dell'operatore di condurre il ragionamento. In certo modo, la matematica nella concezione classica e la logica matematica moderna realizzano quell'ideale di una *deduzione che fa a meno delle parole*, che opera solo sui concetti e non sugli abituali strumenti verbali per esprimerli, come Leibniz preconizzava nel passo che abbiamo già citato: *Quando orientur controversiae, non magis disputatione opus erit inter duo philosophos, quam inter duo computistas. Sufficiet enim calamos in manus sumere, sedereque ad abacos et sibi mutuo (accito si placet amico) dicere: calculemus.*

Questo è forse uno dei fondamenti del successo della matematizzazione della scienza fisica; ed è questa una delle ragioni per le quali la matematica appare a taluni come il *quadro ideale di ogni sapere scientifico*, con i suoi procedimenti di assiomatizzazione e di deduzione formale.

Va rilevato tuttavia che questo impiego della matematica presenta anche svantaggi: i vantaggi innescabili sono la precisione, la certezza

della deduzione, la generalità, come si è già detto. Gli svantaggi sono correlativi, perché consistono nel "vuoto" sempre maggiore che una conoscenza siffatta viene a produrre nei riguardi della presa sulla realtà stessa. Infatti, in questo ordine di idee la portata di una conoscenza viene commisurata dal numero e dalla portata delle conseguenze che si possono prevedere, e quindi in definitiva dal *dominio* che tale conoscenza ci dà della realtà. Non soltanto la scienza risulta strettamente collegata alla tecnica, ma addirittura la tecnica viene a essere il tribunale di ultima istanza che giudica della validità, dell'opportunità del significato ultimo della conoscenza scientifica.

Viene quindi a cadere la gerarchia classica delle scienze, che ordinava queste secondo la dignità dell'oggetto conosciuto, e pertanto metteva la teologia al primo posto. La giustificazione di un atteggiamento di questo tipo era data dal fatto che la nostra conoscenza di Dio è certamente limitata e oscura, ma l'oggetto di questa conoscenza è l'Essere sussistente, principio e fine delle cose create, Intelligenza infinita, Amore infinito. Oggi si preferisce la certezza anche su oggetti che hanno una dignità di molto inferiore, non solo a Dio (come è ovvio) ma anche all'uomo stesso.

Correlativamente, si registra un notevole svuotamento degli studi umanistici e storici: non interessa più sapere che cosa è l'uomo, quale sia il significato della sua storia e quale il suo destino eterno; interessa piuttosto l'aspetto sociologico: come si comporta l'uomo, come si possa influire su di esso, come si possa agire sulla sua vita associata. Allo stesso modo, non interessa più tanto sapere che cosa sia la natura, ma piuttosto come possiamo servircene. La scienza, come giustamente diceva Maritain, tende sempre più a manipolare le cose, senza curarsi di comprenderle. Tende sempre più a sostituirsi a una sapienza, a una cultura, presumendo di essere essa stessa la nuova sapienza e la nuova cultura.

Lo svuotamento viene fatto in due direzioni diverse: da una parte *imponendo i propri risultati*, col potere di manipolazione, non soltanto della materia ma anche addirittura della psiche umana. Dall'altra, *non riconoscendo significato ad alcun altro tipo di sapere*, che viene criticato a fondo, imponendo aprioristicamente i metodi e il linguaggio della scienza della natura matematizzata come i soli metodi della conoscenza certa e motivata. Così si impongono arbitrariamente la ripetibilità, la falsificabilità, ecc. come i soli criteri di certezza.

Carlo Felice Manara

(1. continua)