
Comitato per la Edizione Nazionale delle Opere di

FEDERIGO ENRIQUES

ENRIQUES, FEDERIGO

Natura, ragione e storia. Antologia di scritti filosofici

Boringhieri, Torino, 1958. (con un'introduzione di L. Lombardo-Radice)



L'utilizzo di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali.

Il presente testo è stato digitalizzato nell'ambito del progetto "Edizione nazionale delle opere di Federigo Enriques"

promosso dal

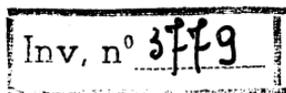
Ministero per i Beni e le attività Culturali

Area 4 - Area Archivi e Biblioteche

Direzione Generale per i Beni Librari e gli Istituti Culturali

FEDERIGO ENRIQUES

NATURA,
RAGIONE E STORIA



1958

EDIZIONI SCIENTIFICHE EINAUDI

EDIZIONI SCIENTIFICHE EINAUDI

pubblicate da Paolo Boringhieri

TORINO - VIA BROFFERIO 3

INDICE

*Federigo Enriques e la filosofia naturale
agli inizi del secolo ventesimo,*
di Lucio Lombardo-Radice, p. 3

Nota bibliografica, 68

*Sulla spiegazione psicologica dei postulati
della geometria, 71*

Il tempo, 95

*Il principio d'inerzia e le dinamiche non
newtoniane, 110*

Il valore della scienza, 126

*Il principio di ragion sufficiente
nella costruzione scientifica, 146*

Razionalismo e storicismo, 170

Il pragmatismo, 198

*La filosofia positiva e la classificazione
delle scienze, 219*

Scienza e determinismo, 238

Nuovo concetto della ragione, 251

*Elenco cronologico delle pubblicazioni
di Federigo Enriques, 255*

INTRODUZIONE

di Lucio Lombardo-Radice

FEDERIGO ENRIQUES E LA FILOSOFIA NATURALE AGLI INIZI DEL SECOLO VENTESIMO

La ricerca scientifica, teorica e sperimentale, è sempre dialetticamente connessa alla filosofia, a una visione generale del mondo naturale, del pensiero umano che lo scruta, dell'operosità umana che lo trasforma. La filosofia, "una" filosofia, è per un verso sempre presupposto, implicito o esplicito, chiaro o confuso, consapevole o inconscio, di ogni indagine scientifica, anche di quella dello scienziato che ritiene compito unico della ricerca scientifica la raccolta di "fatti", la stesura di "protocolli", e che, appunto per ciò, non è già non-filosofo, ma seguace di una particolare corrente filosofica, quella dell'empirismo integrale. La scienza, sia essa ipotesi o scoperta, ideazione o misura, è per l'altro verso sempre premessa, parte o condizione di ogni filosofia significativa, di ogni filosofia che sia non pura esercitazione accademica ma espressione non troppo parziale e incompleta di un'epoca, di un periodo o "grado" dell'umanità; la somma delle idee elaborate e dei fatti accertati dalla ricerca scientifica ad un dato momento è, quanto meno, l'*humus* sul quale deve essere gettato il seme filosofico perché esso possa germogliare.

I PERIODI "GALILEIANI" NELLA RICERCA SCIENTIFICA Tuttavia, con questa premessa cautelativa, e con tutta l'approssimazione che hanno le definizioni molto nette (e quindi però efficaci), si

può dire che nello sviluppo e nell'evoluzione della ricerca scientifica si alternano periodi piú intimamente legati alla critica filosofica, cioè alle questioni di impostazione, di orientamento e di principio, a periodi di applicazione e sfruttamento dei metodi e degli indirizzi elaborati in una precedente fase " filosofica ". In altri termini: dopo che, applicando determinati metodi, determinate tecniche, determinati indirizzi di pensiero si sono accumulati nuovi risultati e si sono perfezionati insieme quei metodi, quelle tecniche, quegli indirizzi (periodo " applicativo "), viene il momento, o meglio la fase, nella quale sono necessari cambiamenti strutturali e qualitativi, di fondo, nuovi metodi, nuovi indirizzi, nuovi orizzonti e nuove idee per procedere. Sono le fasi che spesso si chiamano, efficacemente, le " rivoluzioni scientifiche ", e che noi preferiamo qui chiamare i " periodi galileiani ". Il nome di Galileo ci fa subito ricordare che i periodi davvero rivoluzionari per la scienza non sono tanto quelli nei quali si scoprono clamorosi nuovi fatti, quanto quelli nei quali (certo sulla base di una grande " accumulazione " di fatti scientifici nuovi) menti critiche, filosofiche, riflettono sulle questioni piú semplici, su ciò che può apparire, e appare ai piú, ovvio; su concetti cosiddetti elementari come quiete e moto, spazio e tempo, su strumenti cosiddetti semplici, come metri, orologi, bilance, goniometri. L'analisi dei principi, la critica dei fondamenti non è e non può essere (lo si è detto) mai del tutto estranea alla ricerca scientifica, anche particolare e determinata; è indubbio però che essa caratterizza alcuni periodi decisivi, di " rivoluzione ", di innovamento, di transizione da un'epoca scientifica a un'altra.

All'inizio del Seicento, la critica scientifico-filosofica del moto assoluto, giustamente legata al grande nome di Galileo, segna la nascita della scienza moderna, è premessa e punto di partenza di quelle " scienze nuove " (fisica e meccanica, in sostanza) che nei secoli successivi cambiano la faccia della Terra e la mente, il

modo di ragionare degli uomini. Trecento anni dopo, all'inizio del secolo ventesimo, la critica dello spazio assoluto e del tempo assoluto della meccanica e della fisica galileiane, giustamente legata al grande nome di Albert Einstein, segnano la data di nascita di nuovissime scienze, di un'epoca scientifica nuova, della quale ancor oggi intravediamo appena gli orizzonti.

FEDERIGO ENRIQUES, FILOSOFO NATURALE Galileo Galilei di sé diceva: "matematico e filosofo naturale". Di Einstein oggi, con linguaggio davvero inaridito e corrosivo dal tecnicismo, diciamo soltanto: "fisico-matematico". Definizione esatta dal punto di vista della tecnica scientifica, del tutto insufficiente, povera e insignificante dal punto di vista del pensiero. Per scienziati non dico della levatura, ma del tipo di Einstein, occorre rinnovare l'antico nome: "filosofo naturale", senza troppo temere l'ombra che su di esso, tra Galileo e noi, ha gettato Hegel con la sua "filosofia della natura".

I caratteri, i tratti essenziali di una grande personalità scientifica, sono — è ben noto — quasi sempre quelli dell'epoca scientifica nella quale opera. Così come scienziati di tipo galileiano sono numerosi e significativi, soprattutto in Italia e in Francia, tra la fine del Cinquecento e la fine del Seicento, "filosofi naturali" di tipo einsteiniano caratterizzano gli ultimi decenni del secolo diciannovesimo e i primi del ventesimo. Tra di essi, Federigo Enriques (1871-1946) ci sembra avere un singolare rilievo.

L'uomo Enriques — la sua irripetibile figura socratica e galileiana, greca e rinascimentale — conserva ancora un così grande fascino, dodici anni dopo la sua scomparsa, nella memoria di chi lo ebbe maestro e amico, da rendere difficile quel giudizio storico distaccato, libero ormai dall'affetto e dalla commozione commemorativa, che è oggi necessario. Di Federigo Enriques "filosofo naturale" e filosofo, noi cercheremo di parlare nel modo più distaccato, mettendo in evidenza quelli che a noi sembrano i

limiti, le imprecisioni, le oscurità del suo pensiero. Crediamo tuttavia, anticipando la conclusione del nostro studio e della nostra riflessione, che Enriques debba essere posto tra le massime figure filosofico-scientifiche del "periodo einsteiniano", accanto ai sommi, a Einstein, a Mach, a Poincaré. Tra questi grandi pensatori, la posizione dell'Enriques ci sembra innanzitutto caratterizzata dal fatto che in lui, dalla prima giovinezza fino agli ultimi anni, è stato prevalente l'interesse per i problemi generali, diciamo pure filosofici, o quanto meno di principio e di metodo; rispetto alla "tecnica" scientifica. Questo fatto può essere comprovato da dati certi di cronaca, di biografia spirituale, da una parte, dall'esame delle stesse ricerche scientifiche dall'altra.

DALLA FILOSOFIA ALLA GEOMETRIA Innanzitutto, è documentabile e documentata una "infezione filosofica liceale" di Federico Enriques. Di un ingegno così precoce e così precocemente originale come quello dell'Enriques, presentano interesse anche le prime manifestazioni: così che non hanno solo un valore di commosso ricordo filiale, ma sono anche un contributo alla comprensione della personalità adulta di Enriques, i *Ricordi del babbo*¹ nei quali Adriana Enriques ha raccolto singolari diari e illuminanti memorie della fanciullezza del Nostro. Ma lasciamo da parte l'infanzia e l'adolescenza; nel periodo della incipiente giovinezza, negli anni del liceo, la passione filosofica fu determinante nella scelta scientifica di Enriques. Lo confidò, ad esempio, a Giuseppe Scorza-Dragoni, in una di quelle passeggiate per i viali del Pincio nelle quali egli amava discutere un poco di tutto con i giovani discepoli-amici. «La conversazione si era portata su questioni prettamente filosofiche. Ci eravamo scoperti entrambi condotti allo studio delle scienze, diciamo esatte, da una infezione filosofica liceale e dalla

¹ A. ENRIQUES, *Period. Mat.*, giugno 1947.

convinzione che soltanto nella filosofia naturale potevamo trovare una risposta (parziale, d'accordo) ai problemi che ci avevano affascinato negli anni del liceo. » ¹

Documentata, dallo stesso Enriques e da altri, la meditazione e la discussione filosofica degli anni universitari pisani (Enriques, nato a Livorno nel 1871, si laureò dottore a Pisa nel 1891, a soli vent'anni, dopo avere studiato sotto la guida di maestri di valore eccezionale, quali il Betti, il Dini, il Bianchi, il Volterra, tutti — in maggiore o minor misura — matematici-umanisti e non puri "tecnici" della matematica). « L'Enriques stesso ci ha lasciato in uno dei Suoi articoli un quadro vivace di tale Sua attività extramatematica di quegli anni, parlando di un circolo scientifico di amici, studenti di matematica, di legge e di medicina, i quali si riunivano per discutere le questioni generali comuni ai loro diversi campi di attività speciale. In tale circolo, che si contrapponeva ad altri circoli di carattere spiccatamente letterario, facenti capo all'hegeliano professor Jaia, si discuteva di Darwin e Spencer, di Comte e di Stuart Mill, secondo le migliori tradizioni del positivismo. » ²

IL NUOVO CORSO DELLA GEOMETRIA Ai lettori non matematici delle pagine filosofiche di Enriques in questo volume raccolte, può essere gradita e utile qualche sommaria notizia sulla "situazione della geometria" negli anni ottanta e novanta, nel periodo cioè in cui il Nostro, dapprima come precoce studente a Pisa, poi come "perfezionando" a Roma, infine come incaricato e subito dopo titolare (venticinquenne!) della cattedra di geometria proiettiva e descrittiva a Bologna, iniziò la sua lunga e feconda carriera di geometra ricercatore e innovatore. Gli ultimi decenni dell'Ottocento sembrano a noi, per la geometria, un

¹ G. SCORZA-DRAGONI, *Su alcuni paradossi matematici*, R. C. Semin, mat. fis. Milano 24 (1952-53).

² F. CONFORTO, *Federigo Enriques - Necrologio*, R. C. Mat. Univ. Roma, giugno 1947.

periodo di piena e matura presa di coscienza delle rivoluzioni e delle conquiste dei decenni precedenti (segnate da nomi quali quelli di Lobačevskij e del sommo Riemann), e con ciò stesso di nuovi, sistematici sviluppi a un livello piú alto.

Da molti, e piú volte, è stato detto¹ che la rivoluzione scientifica, la quale nel secolo scorso ha rotto, ampliato o trasformato il quasi bimillenario schema degli *Elementi* euclidei, può sintetizzarsi dicendo che dopo di essa si deve parlare degli spazi al plurale, non piú dello spazio al singolare, delle geometrie, non piú della geometria. La duplice pluralità che si è così creata, di spazi e di geometrie, è certo connessa, ma può fino a un certo punto essere trattata separando la molteplicità degli spazi da quella delle geometrie di uno spazio; e ciò conviene fare, lo si vedrà tra poco, parlando di Enriques, in quanto interesse prevalente del Nostro furono le differenti (antiche e nuove) geometrie dello spazio classico, dello spazio continuo, "reale" secondo il senso matematico e secondo quello comune, al quale direttamente si ricollegano gli spazi ("reali" e "complessi") con un numero qualsivoglia di dimensioni.

PLURALITÀ DI GEOMETRIE NELLO SPAZIO ORDINARIO I pittori e gli architetti del Rinascimento, Leonardo, Piero della Francesca, Leon Battista Alberti, indagando il rapporto tra l'oggetto da disegnare e la sua immagine sul foglio o sulla tela, gettarono le basi di una nuova geometria dello spazio ordinario, la geometria che oggi noi chiamiamo "proiettiva". Della novità della loro sistematica indagine ebbero consapevolezza, anzi sentirono come una rivelazione, una iniziazione il loro penetrare nei "misteri della prospettiva". Curiosità, non inizio di una nuova scienza geometrica, vennero invece considerate, sin verso la metà del passato secolo, alcune singolari leggi valide per un determinato corpo

¹ Vedi anche la nostra introduzione, *Lobačevskij matematico-filosofo*, a N. I. LOBAČEVSKIJ, *Nuovi principi della geometria* (Edizioni Scientifiche Einaudi, Torino 1955).

e per tutti quelli che da esso si ottengono con deformazioni continue; curiosità, per esempio, sembrò per piú di un secolo il legame costante tra il numero dei vertici, quello degli spigoli, quello delle facce di un poliedro regolare (piú in generale, "semplice"), scoperto da Eulero¹, che oggi consideriamo invece come uno dei punti di partenza di una nuova geometria dello spazio ordinario, l'*analysis situs* o topologia.

Federigo Enriques si forma scientificamente e opera come giovane ricercatore nel periodo in cui la geometria, per merito soprattutto di Felix Klein, acquista piena consapevolezza di questa sua "molteplicità", già da tempo evidente nel fatto della ricerca e della scoperta matematica. Il Klein dà per primo una definizione di ciò che deve intendersi per "geometria", per "una" geometria (non piú "la" geometria!) dello spazio ordinario. Una geometria dello spazio ordinario non è altro che l'insieme delle proprietà delle figure geometriche (curve, superficie, solidi ecc.) che restano invariate quando si sottopone lo spazio stesso a una trasformazione appartenente a un determinato "gruppo", che sarà da denominarsi allora il "gruppo" fondamentale della geometria in questione. La parola "trasformazione", e soprattutto la parola "gruppo", sono qui da intendersi in una accezione matematica precisa, non in quella vaga del linguaggio ordinario; tuttavia anche l'usuale, e nebuloso, significato dei termini consente, cosí almeno ci sembra, di cogliere nella sua sostanza l'idea di Klein. Si rifletta per un momento sulla geometria ordinaria, la Geometria per eccellenza ancor oggi, per chi non si è dedicato agli studi scientifici: lunghezze, aree, volumi, che cos'altro sono se non "caratteri" di linee, superficie, solidi che non variano se lo spazio viene sottoposto a quelle particolari trasformazioni in sé che si chiamano, in linguaggio matematico e comune, i movimenti? Se operiamo per

¹ $V - S + F = 2$, essendo V , S , F il numero dei vertici, degli spigoli, delle facce.

“ proiezioni e sezioni ”, così come fa il pittore, distanze, aree, angoli variano; vi sono però altri caratteri e altri rapporti delle figure che non variano; saranno l'oggetto dello studio della geometria proiettiva. E così via.

Come ogni idea innovatrice, il “ programma ” di Klein per la geometria è da una parte migliore comprensione e inquadramento del già noto, dall'altra strumento e stimolo per nuove conquiste. Una volta scoperto il fondamento di ogni possibile geometria, vien naturale ricercare e costruire nuove geometrie, investigare le proprietà delle figure invarianti di fronte ad altre trasformazioni, non ancora prese in considerazione. Enriques, nei suoi primi anni di ricerca, si trova sul “ filone buono ” di una nuova geometria; la geometria algebrica, lo studio delle proprietà di curve, superficie eccetera, invarianti di fronte alle trasformazioni “ birazionali ”; tutto un gruppo di caratteri “ invariantivi ” delle superficie è legato al nome di Enriques, alle sue prime memorie; più in generale il nome di Enriques, insieme ai nomi di Castelnuovo e di Severi, è ormai consegnato alla storia della scienza come quello di uno dei fondatori della nuova geometria. Nel tempo stesso il giovane studioso si trova però ancora legato all'opera generale di sistemazione e orientamento iniziata dal Klein; a lui il Klein stesso affiderà il volume sui *Principi della geometria* nella « Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften ».

ASSIOMATICA E FISICA La pluralità degli spazi discende dalla impostazione assiomatica della geometria. Quando a termini come punto, retta, piano, a relazioni come quelle espresse dalle parole: incidenza, congruenza, ordinamento, non si attribuisca più un significato concreto, relativo alla idealizzazione di determinati oggetti di esperienza e delle loro relazioni, ma si assegni solo un valore logico — quando, insomma, enti e relazioni vengano definiti soltanto per mezzo di certe loro proprietà for-

mali (di reciproco collegamento), quando dalla definizione intuitiva o semiintuitiva si passi alla *definizione assiomatica*, tutti i sistemi "concreti", in senso matematico, di enti e relazioni tra enti soddisfacenti le proprietà formali espresse dagli assiomi, debbono logicamente essere considerati alla stessa stregua. Quindi, innanzitutto, nessuno spazio privilegiato tra quelli logicamente possibili soddisfacenti assiomi tratti dalle proprietà dello spazio ordinario. Ma vi è di più. Non vi è ragione per non chiamare "spazi", e per non includere nella geometria, sistemi costituiti da enti e da relazioni soddisfacenti una parte soltanto degli assiomi ordinari, delle proprietà "abituali". In particolare, taluni degli assiomi "abituali" della geometria ordinaria dello spazio ordinario, se sottoposti a un'analisi attenta, appaiono non più "verità eterne", connesse alla stessa ragione umana, come ancora un Kant credeva, ma "ipotesi arbitrarie" (Lobačevskij) non solo dal punto di vista logico ma anche dal punto di vista dei possibili controlli sperimentali, fisici. Così, ad esempio, l'affermazione che il luogo dei punti di un piano equidistanti da una retta data, e giacenti da una stessa banda rispetto ad essa, sia ancora una retta (quinto postulato euclideo, o "delle parallele", in una delle sue possibili formulazioni), o il fatto che dati comunque due segmenti esista sempre un multiplo intero del più piccolo che supera il più grande (postulato di Eudosso-Archimede) sfuggono a un controllo sperimentale completo, universale, rigoroso; possono essere proprietà quasi perfettamente verificate su scala terrestre o addirittura galattica, praticamente vere per una zona dell'universo, ma non per l'universo nella sua interezza.

Il lettore non scienziato comprende già dai due esempi ora accennati che l'esame logico della connessione o non tra i vari assiomi (questione della dipendenza o indipendenza di un postulato dai rimanenti in un sistema di postulati tra di loro non contraddittori) non è una esercitazione da dottori medioevali; è un'analisi logica richiesta e sollecitata dallo sviluppo delle scienze

sperimentali oltre che dall'affinamento delle scienze esatte, necessaria per il fisico e l'astronomo non meno che per il matematico puro. Anche se dagli sviluppi dell'assiomatica ha tratto alimento e vigore una concezione formalistica della scienza, in particolare della matematica, tra analisi logico-formale dei postulati della geometria e formalismo filosofico non vi è in alcun modo un legame necessario: l'opera e il pensiero di Federigo Enriques ne sono una prova evidente, soprattutto nel primo decennio della sua attività scientifica, tra il 1891 e il 1901.

DALLA GEOMETRIA ALLA FILOSOFIA Al giovanissimo professore dell'Ateneo bolognese si deve infatti, da un lato, quel capolavoro di sistemazione assiomatica di un ramo della geometria che sono le *Lezioni di geometria proiettiva*, edite dallo Zanichelli nel 1898 (ma già nel 1894 erano uscite in dispense litografate), dall'altro il saggio *Sulla spiegazione psicologica dei postulati della geometria*, prima sua operetta filosofica, con la quale ci è sembrato giusto aprire questa antologia.

Enriques insomma, pur usando con maestria come *strumento* il metodo assiomatico, non accettava allora, né mai accettò nel seguito, la veduta formalistica, secondo la quale la scelta di un sistema di postulati sarebbe indifferente per il ricercatore matematico, salva la condizione della compatibilità (non contraddittorietà) dei postulati del sistema arbitrariamente scelto. Federigo Enriques collegava invece allora, e sempre nel seguito collegò, la geometria alla fisica, concependo la geometria, si può ben dire, come un ramo della fisica; quanto alle diverse scelte di sistemi di postulati, non si limitò ad analizzarne soltanto la struttura logica, ma volle indagarne anche la rispondenza ai dati sensoriali, psicologici, all'attività umana sperimentatrice e alla realtà fisica.

Abbiamo già parlato di una prevalenza dell'interesse filosofico-scientifico su quello scientifico-tecnico nella scelta universitaria

del precocissimo studioso. Questa prevalenza dell'interesse filosofico-scientifico, dell'interesse cioè per il rapporto tra idee e orientamenti generali di pensiero e ricerca scientifica particolare, è singolarmente evidente e significativa nel periodo che stiamo esaminando. Sono gli anni del grande successo "tecnico" del giovane professore, che, nelle passeggiate romane del 1892 con un maestro di lui poco più anziano, Guido Castelnuovo, getta le basi di una nuova teoria generale delle superficie algebriche, che svilupperà ed elaborerà poi per tutta la sua vita, teoria che rappresenterà il suo massimo contributo al progresso scientifico-tecnico della geometria. Eppure, nel maggio del 1896, e cioè nel periodo in cui ideava o scriveva la fondamentale memoria della Società dei Quaranta, concernente la "geometria sopra una superficie", l'interesse suo più vivo e appassionato andava alle ricerche di psicologia fisiologica (Helmholtz, Wundt, ecc.), come confidava in una lettera a Guido Castelnuovo: « per parte mia porto nella ricerca un entusiasmo che tu stimerai degno di miglior causa, ma che è certo maggiore di quanto ne abbia mai provato per qualsiasi altra questione »¹.

Due osservazioni soltanto sul primo saggio dichiaratamente filosofico dell'Enriques. In primo luogo vi è da dire (e il giudizio nostro ripete per questo verso quello di due tra i più qualificati interpreti del pensiero di Enriques: l'amico Guido Castelnuovo e l'allievo Fabio Conforto) che in questa sua prima ricerca filosofico-scientifica l'Enriques segue in modo piuttosto ortodosso l'orientamento positivistico, diciamo forse più esattamente empiristico, in quanto pone un rapporto diretto e quasi immediato tra sensazioni e organi di senso da un lato, immagini e teorie geometriche dall'altro. Si vedrà infatti, leggendo il saggio, che la sua tesi fondamentale è la corrispondenza tra senso tattile generale, tatto speciale (mano) e vista da una parte, topologia (il

¹ G. CASTELNUOVO, *Commemorazione di Federigo Enriques*, Period. Mat., giugno 1947.

Nostro diceva ancora *analysis situs*), geometria metrica, geometria proiettiva dall'altra. Questo primo scritto non è perciò il più originale né il più significativo nell'opera filosofica dell'Enriques. In secondo luogo è da notare però, anche entro i limiti di una concezione ancora un poco di scuola (positivistica), la fecondità del nesso "idee generali-ricerche particolari", cioè del rapporto filosofia-scienza. La priorità psicologica, e logica, della topologia (studio di quelle generalissime proprietà dei corpi che si conservano sottoponendo i corpi stessi a deformazioni continue, senza "incollature" e senza "strappi", quasi fossero di resistentissima e cedevolissima gomma) rispetto alla geometria proiettiva e alla metrica, è una vera e propria scoperta, resa possibile soltanto dal lavoro congiunto della riflessione filosofica, dell'analisi psicologica, della astrazione matematica. La troviamo in germe, e *avant lettre*, in Lobačevskij, che pone a nuovo principio della geometria, prima della misura, il concetto di corpo e di contatto tra corpi¹; la ritroviamo più tardi, per l'aspetto psicologico, e didattico, nell'opera di Jean Piaget, matematico-psicologo, e nel trattato del gruppo Bourbaki, serrata analisi della successione e concatenazione logica dei "rami" della matematica.

Se affrontiamo lo studio dei due decenni che chiudono l'Ottocento e aprono il Novecento con mente sgombra da schemi di scuola filosofica, se seguiamo in quegli anni, per dirla con Eugenio Garin, le "cronache della filosofia" lasciando un poco da parte i "sistemi filosofici", una delle prime cose che ci vien fatto di osservare è l'affermarsi, nella pratica, del « concetto più largo della filosofia, come forma di attività implicata in ogni prodotto del pensiero »².

MATERIALISMO CRITICO NELL'ATENEO BOLOGNESE Parlando di "Scientia", la rivista internazionale di sintesi scientifica fondata

¹ Vedi la nostra introduzione citata al libro di Lobačevskij.

² F. ENRIQUES, *Il problema della realtà* (1911).

dall'Enriques e da Eugenio Rignano nel 1907, avremo modo piú avanti di ricordare molti nomi di scienziati, stranieri e anche italiani, che nel periodo del quale discorriamo compirono un serio sforzo per affermare, in concreto, « un concetto piú largo della filosofia, come forma di attività implicata in ogni prodotto del pensiero ». Vogliamo ora restringere la nostra attenzione all'ambiente nel quale opera e pensa l'Enriques, nel quale trascorre ben ventotto anni (dal 1894 al 1922), forse i piú lieti e fecondi della sua vita: la città di Bologna, l'Università di Bologna. « In quella dotta città, dove lo spazio ristretto rende facili e frequenti i contatti tra i professori delle varie facoltà, egli trovò l'ambiente piú favorevole per lo scambio delle idee e l'incremento della sua cultura », osserva Guido Castelnuovo ¹. Ma la spiegazione del grande scienziato, fraterno amico del Nostro, ci soddisfa solo parzialmente. Non si tratta solo di una permanente condizione favorevole offerta da Bologna, e in generale dalle « città medie », al commercio delle idee nell'università; si tratta di un periodo determinato, e particolarmente felice, della cultura e dell'Ateneo bolognese, che meriterebbe uno studio monografico approfondito ².

« Il fatto che all'università di Bologna si siano laureati Andrea Costa, Enrico Ferri, Filippo Turati, Achille Loria, Leonida Bisolati e Camillo Prampolini, cioè i maggiori teorici e dirigenti del socialismo riformista italiano, può essere ed è estremamente indicativo per quel che riguarda le correnti di pensiero che predominavano qui dal 1870 al 1890. » ³ Significativa anche la « partecipazione degli scienziati alla vita pubblica », « mentre l'insegnamento viene improntato da uno spirito di larga comprensione dei problemi sociali e da una concezione del mondo piena di fiducia nella società nuova che la classe operaia va prepa-

¹ G. CASTELNUOVO, loc. cit.

² Molto serio e convincente ci sembra il breve studio — che qui citiamo ampiamente — di R. PASI, *Materialismo critico all'Ateneo bolognese*, Incontri-oggi, Roma, 3, N. 1 (1955).

³ *Ibid.*

rando ». Significativo che Pietro Albertoni, fisiologo, affermi (nel 1890) che « in faccia a questa questione sociale che ha per termini *pane e lavoro*, la Fisiologia non può rimanere muta di consigli e di indirizzi »; che Augusto Murri, un anno dopo, scriva: « noi (medici) siamo dei borghesi forse piú socialisti degli operai... Medico vero non può essere chi non sente imperioso nel cuore l'amore degli uomini, e quando uno di noi con questo sentimento nell'animo è condannato per tutta la vita a contemplare impotente di quante calamità gli ordinamenti sociali e politici sono fecondi per tanti sventurati, egli diventa nemico di questo che pomposamente si suole chiamare ordine ».

Ma restiamo sul terreno della filosofia, e piú in particolare della filosofia scientifica. Anche noi, come si vedrà, siamo pervenuti attraverso questo nostro studio su Federigo Enriques alla tesi sostenuta da Romano Pasi, e cioè che dal positivismo della fine del diciannovesimo secolo si sviluppa anche una corrente filosofico-scientifica che lo supera, e che si può denominare "materialismo critico". Il limite di questa corrente è, per un verso, la non assimilazione della dialettica hegeliana, per l'altro, l'incapacità di divenire, da filosofia della scienza, filosofia senza aggettivi limitativi. Certo è (o almeno così ci sembra, sulla base di molti dati) che, sul terreno della analisi della scienza, del suo significato e del suo valore, « si va creando una coscienza teorica che ha analogie profondissime con quanto Engels aveva elaborato nell'*Antidühring* e nella *Dialettica della natura* »¹.

Largamente documentato, e documentabile, il commercio delle idee tra Federigo Enriques e gli altri grandi scienziati, sensibili ai problemi generali, filosofici, che tra la fine dell'Ottocento e il principio del Novecento danno vita e splendore alle facoltà scientifiche dell'Ateneo bolognese. Ad esempio, il grande chimico Giacomo Ciamician, sarà uno dei primi e piú autorevoli collabo-

¹ *Ibid.* Vedi anche quanto detto piú avanti allo stesso proposito nella presente Introduzione.

ratori di Enriques in "Scientia". Ebbene, proprio Ciamician nel 1903, tre anni prima della pubblicazione dei *Problemi della scienza* di Enriques, prende delle posizioni filosofiche assai simili a quelle esposte (come vedremo) da Enriques nel suo volume. Anch'egli, come poi Enriques, « contro le nuove teorie filosofiche che riconoscono alla scienza solo un significato utilitario e contingentistico » ribadisce acutamente il valore conoscitivo dell'indagine umana e il suo carattere obiettivo e relativo, pur respingendo, come Enriques, un materialismo meccanico e acritico (le formule di struttura chimiche, « malgrado il contenuto reale che indubbiamente possiedono non rappresentano che una parte della realtà »; non è possibile « ridurre tutti i fenomeni naturali ad un sistema meccanico degli atomi », e così via).

Non sappiamo quali fossero i rapporti diretti tra Enriques e il grande fisico Augusto Righi; certo però ci sembra che anche il pensiero di Righi abbia avuto importanza per Enriques. Come non riconoscere, nella lezione inaugurale tenuta da Righi nel 1907, lineamenti assai somiglianti a quelli del "razionalismo sperimentale" che Enriques esporrà, nel 1912, nella prima parte del volume *Scienza e razionalismo?* « L'uomo, messo in rapporto per mezzo dei suoi sensi col mondo esterno, è inevitabilmente condotto a formarsi una immagine mentale di quanto lo circonda... La scienza sperimentale deve presupporre una esatta corrispondenza tra l'immagine mentale delle cose e la realtà delle cose », anche se sia vano indagare « sino a qual punto questa immagine corrisponda alla realtà, anzi se di una realtà possa neppure parlarsi ».

Se, dunque, occorre collocare Enriques nella società scientifica europea, e nel movimento scientifico-filosofico europeo di quegli anni, è giusto ricordare la particolare importanza che, a nostro avviso, ebbero gli scienziati dell'Ateneo di Bologna, e il loro orientamento di pensiero, sul Nostro, negli anni più fecondi della sua vita.

PROBLEMI DELLA SCIENZA Nel vario e ricco movimento di studi e di idee attorno ai rapporti tra scienza e filosofia, per « il concetto piú largo della filosofia », del quale abbiamo cercato di cogliere qualche tratto, Federigo Enriques occupa una posizione eminente, posizione che gli venne riconosciuta in quegli anni da tutti, e che uno studio distaccato non può non confermare, anche se può e deve precisarla e delimitarla. La posizione di Enriques nel movimento di cui si è parlato è segnata, essenzialmente, dal volume *Problemi della scienza*, che non solo contiene le idee piú interessanti espresse dall'Enriques e riassume gli studi e la riflessione di quelli che a noi sembrano i suoi anni piú fecondamente filosofici, ma delinea anche nettamente i legami e i contrasti del Nostro con le principali altre correnti del movimento. Siamo nel 1906. È un momento di maturità, potremmo dire il culmine del movimento scientifico-filosofico che abbiamo cominciato sommariamente ad esaminare.

Poco prima, le solitarie meditazioni di un matematico che non ragionava per formule, del "filosofo naturale" Albert Einstein, avevano trovato una loro prima conclusione, avevano dato il primo, e piú grande, risultato rivoluzionario della nuova "critica dei princípi": la teoria della relatività ristretta o speciale. Nello stesso tempo, un esule russo ancora ben poco conosciuto, Vladimir Ilič Ulianov, detto Lenin, pubblicava un *pamphlet* di polemica filosofica destinato a rappresentare una tappa importantissima nello sforzo del materialismo per procedere e mutare le sue forme in conseguenza della rivoluzione scientifica in corso, il libro *Materialismo ed empiriocriticismo*.

I *Problemi della scienza* di Enriques meritano senza dubbio un posto nella storia della cultura europea e mondiale del loro periodo, e rappresentano anch'essi, a loro modo ed entro certi limiti, un punto di maturazione, un culmine di un movimento di pensiero. Ma la massima opera filosofica di Enriques ci interessa anche dal punto di vista italiano, giacché essa rappresenta il punto

piú alto dello sforzo compiuto in Italia per riallacciare i legami interrotti o spezzati tra scienza e filosofia, e, nello stesso tempo, l'inizio della parabola discendente del movimento scientifico-filosofico e della sua influenza sulla cultura italiana. Dai *Problemi della scienza* ha inizio la polemica Enriques-Gentile-Croce. Enriques ne uscirà sconfitto, nei fatti; nei fatti, "La Critica", puramente filosofico-letteraria, guiderà la cultura italiana e la impronterà a lungo di sé, rinnovando e approfondendo il divorzio tra scienze e filosofia, relegando ai margini della cultura italiana la "Scientia" ansiosa di filosofia di Federigo Enriques e degli altri studiosi che avevano richiesto, e tentato di promuovere, un « concetto piú largo della filosofia ».

Per tutti questi motivi, noi crediamo necessario soffermarci abbastanza a lungo sui *Problemi della scienza* e riprendere la nostra sommaria "cronaca delle idee" solo dopo avere messo a fuoco, attraverso i *Problemi della scienza*, la posizione dell'Enriques nello schieramento filosofico di quegli anni.

IL VALORE DELLE IDEE NEL PROGRESSO DELLA SCIENZA I *Problemi*, innanzitutto, non possono essere considerati un'opera della scuola filosofica positivista, anche se dalla "filosofia positiva" Enriques, per esplicita ammissione, continua a trarre parte del suo pensiero. I *Problemi* si aprono con una critica al positivismo "gretto", che non sa vedere altro che i "fatti". Nella scienza non esistono solo i fatti, ma anche le ipotesi; la scienza non è solo accertamento "positivo", ma anche ideazione, fantasia creatrice di immagini e di modelli. Non è « utile al progresso della Scienza fermare il cammino di una teoria guardando soltanto al suo aspetto positivo, cioè all'insieme dei fatti che essa spiega; il suo valore risiede ben piú nelle ipotesi che essa è capace di suggerire, per mezzo della rappresentazione psicologica dei simboli ».

Enriques non nega « l'importanza di un procedimento... sol perché esso non ha fin da principio i requisiti della cognizione

positiva ». D'altra parte, che senso ha parlare di una "cognizione positiva" come di una somma di conoscenze di fatti? che senso ha parlare di "fatti", e soltanto di "fatti"? Innanzitutto, il "fatto scientifico" non può essere avvilito a "fatto brutto", e neppure è riducibile alla "somma dei fatti bruti" che racchiude in sé; esso implica sempre una semplificazione, un'astrazione, una supposizione, un'idea, una legge. « Non possiamo riconoscere un fondamento filosofico alla distinzione tra "fatti" e "leggi". » Il "fatto scientifico" è sempre "legge" o conferma di una legge ("fatto più generale"), come nei casi della scoperta di nuovi pianeti o di nuovi elementi (la scoperta di un nuovo pianeta è un "fatto" legato all'ipotesi, alla legge newtoniana; quella di un nuovo elemento è connessa all'idea, dovuta a Mendeleev, di un sistema periodico degli elementi). In Enriques insomma vi è sin dai *Problemi*, un "ritorno a Galileo", una nuova affermazione del valore delle idee, della deduzione contro i paninduzionisti adoratori del fatto: per Enriques, come per Galileo, una teoria scientifica è un « concetto o sistema di concetti, sorto per induzione da osservazioni preliminari, cui, mediante uno sviluppo deduttivo, vengono subordinati dei fatti supposti, più o meno perfettamente verificati ».

« *Teoria ed empirismo*. Lo schiacciamento ai poli stabilito teoricamente da Newton. Il Cassini e altri francesi sostenevano ancora molto tempo dopo, appoggiandosi alle loro misurazioni empiriche, che la Terra era ellissoidica e che l'asse polare era il più lungo... » Lo stile non è di Enriques, ma il pensiero potrebbe essere contenuto nei *Problemi della scienza*. È invece un appunto scritto forse vent'anni prima da Friedrich Engels, che oggi leggiamo nella *Dialettica della natura*, e che Enriques non poteva conoscere giacché quest'opera incompiuta vide la luce solo nel 1925.

La polemica contro l' "empirismo vuoto di pensiero", contro il "paninduzionismo" non è stata davvero, negli ultimi decenni

dell'Ottocento e nei primi del Novecento, monopolio e prerogativa dell'idealismo. Il "nemico principale" filosofico che Engels si proponeva di colpire nell'opera sulla dialettica della natura che non riuscì a compiere è, precisamente, l'"empirismo vuoto di pensiero", il "paninduzionismo"; suoi sono i termini che ora abbiamo usato. Critica al positivismo non sono soltanto la *Logica* di Croce o la *Teoria generale dello spirito come atto puro*, di Gentile¹; critica al positivismo è anche, ma in modo ben diverso, la relatività di Einstein², sono anche i *Problemi della scienza* di Enriques. Lo è anche, in modo antitetico a quello degli idealisti, in modo diverso da quello degli scienziati-filosofi, *Materialismo ed empiriocriticismo* di Lenin. Da Lenin, per orientarci metodologicamente nell'analisi delle varie forme assunte nel primo decennio del Novecento dalla critica al positivismo, possiamo ricavare un suggerimento importante, tenendo presente quanto egli dice sulla critica della "cosa in sé" operata dalla filosofia postkantiana. Kant è stato criticato « da sinistra, come hanno fatto i materialisti », e « da destra, come hanno fatto gli scettici e gli idealisti ». « I materialisti hanno condannato Kant per il suo idealismo, respingendo i tratti idealistici del suo sistema, dimostrando la conoscibilità, l' "al di qua" della cosa in sé, la mancanza di una differenza di principio tra la cosa in sé e i fenomeni, la necessità di dedurre la causalità eccetera non dalle leggi a priori del pensiero, ma dalla realtà obiettiva. Gli agnostici e gli idealisti hanno condannato Kant per l'ammissione della cosa in sé come una concessione al materialismo, al "realismo" o al "realismo ingenuo". »³

¹ La *Logica* crociana è del 1905; la *Teoria generale dello spirito gentiliano* è del 1916, ma riassume un pensiero già maturo negli anni di cui parliamo.

² Può essere di qualche interesse ricordare che Einstein, richiestone, diede nel 1924 parere favorevole alla pubblicazione dei quaderni della *Dialettica della natura* di Engels.

³ LENIN, *Materialismo ed empiriocriticismo*, trad. F. Platone (Rinascita, Roma 1953), p. 184.

IL PROBLEMA DELLA REALTÀ Anche la critica al positivismo "volgare", di scuola, allo scientismo ingenuo, all'empirismo vuoto di pensiero è stata fatta, attorno al 1900, da "destra" e da "sinistra", dall'idealismo e dal materialismo. Quale è la posizione di Federigo Enriques, e più precisamente dell'Enriques dei *Problemi della scienza*, rispetto al positivismo? Difficile, e a nostro giudizio ingannevole, racchiuderla in una definizione: nella formula del "positivismo critico", pure usata dal Nostro in qualche passo dei *Problemi*, o in quella di un nuovo "razionalismo" (sperimentale) che, eventualmente, meglio si adatta a una più tarda fase del pensiero del geometra-filosofo. È da osservare, in linea generale, che la riflessione dell'Enriques, lucida e precisa su problemi filosofico-scientifici particolari, è invece oscillante, e talvolta confusa, su alcuni problemi generali; in particolare, la sua posizione in merito al problema dei rapporti tra l'essere e il pensiero, la cui soluzione discrimina gnoseologicamente l'idealismo dal materialismo, non è né del tutto chiara né sempre coerente. Enriques, soprattutto quando scriveva i *Problemi*, non era certo un idealista, e anzi, come vedremo tra poco, gli anni successivi alla pubblicazione della sua opera filosofica fondamentale saranno per lui segnati da una vivace polemica con l'idealismo. Di più: Enriques non accettava neppure l'empiriocriticismo di Mach, il pragmatismo di James, il convenzionalismo del Poincaré (autore pur tanto a lui congeniale per molti aspetti), criticava cioè le teorie dalle quali, pur combattendole filosoficamente, il neoidealismo italiano mutuava la sua teoria della scienza come "gnoseoprassi", del valore puramente "economico" e non conoscitivo della scienza eccetera; e anche su questo aspetto del pensiero di Enriques ci soffermeremo tra poco. Tuttavia, la posizione di Enriques di fronte al problema della realtà resta a nostro avviso in parte ambivalente, se non ambigua, aperta a una interpretazione machista, "fenomenistica", e insieme legata alla

posizione del materialismo critico, o quanto meno del “realismo”¹.

Nei *Problemi della scienza* il reale viene definito da Enriques come un « invariante della corrispondenza fra volizioni e sensazioni ». « La nostra credenza a qualcosa di reale suppone un insieme di sensazioni che invariabilmente susseguono a certe condizioni volontariamente disposte. » Di questo criterio (e insieme “postulato”) della realtà, non è difficile dare formalmente un'interpretazione machista, fenomenistica; il reale si definisce nell'ambito soggettivo delle sensazioni, come aggruppamento costante di sensazioni susseguenti a certe condizioni disposte dal soggetto². L'Enriques stesso dà qualche appiglio a una interpretazione di questo tipo del suo “postulato della realtà”, quando nega senso a una “realtà di per se stessa”, e accenna soltanto alla « impotenza della volontà a modificare le sensazioni che riferiamo al reale ».

In realtà, malgrado l'affinità di qualche formulazione teorica generale, profonda è, sul terreno gnoseologico, la differenza tra la posizione del Mach e quella dell'Enriques. Mettiamo a confronto l'atteggiamento dei due grandi scienziati-filosofi rispetto a Kant: vedremo con chiarezza che Mach critica Kant “da destra”, Enriques “da sinistra”.

« Io devo riconoscere con la piú grande gratitudine — scrive Mach nella sua *Analisi delle sensazioni* — che l'idealismo critico [di Kant] è stato il punto di partenza di tutto il mio pensiero critico. Ma non mi è stato possibile rimanergli fedele. Ben presto mi sono riavvicinato alle idee di Berkeley... sono arrivato a concezioni affini a quelle di Hume... Anche ora devo conside-

¹ Si noti che il termine “realismo” è qui talvolta usato in senso diverso da quello datogli da Enriques, il quale, parlando di “realismo”, “nominalismo”, si riferisce sempre alla disputa medioevale sugli universali.

² «Ciò che noi chiamiamo materia è soltanto un certo rapporto regolare tra gli elementi (sensazioni)». E. MACH, *Die Analyse der Empfindungen* (1900).

rare Berkeley e Hume come pensatori molto piú conseguenti di Kant. »

Scrive Enriques¹: « Si prende come trampolino Kant, riconoscendo il potere attivo esercitato dall'intelligenza nella costruzione della realtà, e s'ingrandisce questo potere facendo sparire quel *caput mortuum* che era la "cosa in sé". Di conseguenza la realtà tutta quanta diviene opera ed espressione dello spirito, la cui progressiva incarnazione costituisce la storia del mondo ». Enriques, pur accennando a una sua relativa indifferenza alla fraseologia dell'idealismo assoluto (« potrebbe essere che affermando che [l'oggetto] è stato creato dallo spirito, s'intenda soltanto rafforzare il postulato della razionalità del mondo reale ») sottolinea però: « sia o no l'oggetto creazione di un pensiero antecedente, ciò non toglie che esso si leva innanzi a noi come qualcosa che ci è estraneo e che ci occorre, in qualche modo, di nuovo creare e riconoscere ». La pagina ora citata è stata scritta quasi vent'anni dopo i *Problemi*, ma lo stesso atteggiamento si trova nel libro del 1906 (fra volizioni e sensazioni esistono rapporti « indipendenti da noi »). La citazione piú tarda è anzi piú convincente perché, secondo il giudizio di alcuni autorevoli studiosi del pensiero dell'Enriques, « l'iniziale positivismo critico dell'Enriques sfocia alla fine in posizioni inaspettatamente vicine alle posizioni idealistiche »². Ritorneremo a tempo debito sulla importante questione dello sviluppo del pensiero filosofico dell'Enriques; ci sembra di poter dire però sin d'ora che, per quel che riguarda il problema primo della gnoseologia, le posizioni di Enriques non furono mai quelle dell'idealismo.

¹ F. ENRIQUES, *Signification de l'histoire de la pensée scientifique* (1934). In francese nell'originale.

² F. CONFORTO, *op. cit.*

IL VALORE IDEALE, CONOSCITIVO DELLE SCIENZE La formula "materialismo critico" ci sembra forse la piú atta a racchiudere questa parte del pensiero del Nostro, anche se da lui non usata. Ma, lasciando da parte le formule, quello che mi pare si possa concludere con certezza è che Enriques, nei *Problemi della scienza*, polemizza tanto contro il piatto "obiettivismo" di un certo positivismo, quanto contro il "soggettivismo assoluto" dell'idealismo; afferma l'esistenza, nel processo conoscitivo, tanto di un "elemento oggettivo", quanto di un "elemento subiettivo". Enriques tende a definire l'elemento oggettivo nel mondo stesso del soggetto; scopre « in questo stesso mondo qualche cosa che il pensiero trova, e non può fare altro che riconoscere come esistente indipendentemente da questo pensiero »; definisce variamente l'elemento subiettivo, come ideazione « necessaria per la rappresentazione dei fatti », astrazione, ipotesi, teoria; e tenderà a trasformare questo elemento subiettivo da un semplice « potere attivo esercitato dall'intelligenza nella conoscenza » in una struttura, una "esigenza razionale", avvicinandosi con il passare degli anni al razionalismo classico, senza tuttavia mai perdere il senso della realtà, affermando costantemente il valore conoscitivo della conoscenza scientifica, la corrispondenza (sia pure tendenziale, dinamica, per successive approssimazioni) tra ragione umana e realtà naturale.

La polemica piú vigorosa di Enriques nei confronti dell'idealismo non riguarda la formulazione idealistica del rapporto soggetto-oggetto, ma la posizione dell'idealismo nei confronti del rapporto scienza-filosofia, la negazione del valore ideale, conoscitivo, del pensiero matematico e naturalistico, caratteristica dell'idealismo, soprattutto del neidealismo italiano con il quale Enriques si trovò a combattere. Prima ancora di fare una cronaca della polemica tra Enriques e l'idealismo italiano, che seguirà i *Problemi*, vogliamo riportare un lungo brano scritto quasi trent'anni dopo i *Problemi*, che ci sembra rappresentare quasi un

bilancio, insieme amaro e fiducioso, della lunga guerra filosofica di Enriques contro la svalutazione idealistica del valore conoscitivo delle scienze ¹:

« In generale, i romantici ignorarono il momento essenziale della formazione delle idee astratte, per mezzo delle quali il pensiero si sforza di abbracciare la realtà e di raggiungere la verità per gradi successivi di generalizzazione e di approssimazione. Essi preferirono abbandonarsi senza freno al giuoco delle associazioni di idee, nell'illusione di dominarlo dall'alto mediante il vuoto formalismo degli schemi dialettici. Per questo gettarono il loro grido di guerra contro la scienza, qual era ai loro tempi, e soprattutto contro Newton. Essi sferrarono anche un attacco reazionario contro la rivoluzione copernicana, per restaurare in qualche modo una concezione geocentrica e antropocentrica dell'universo.... In breve, alla scienza della natura, che da due secoli almeno serviva da guida e da modello alla filosofia, si pretese di sostituire una filosofia della natura che, pur essendo circondata da un alone di poesia, ha il difetto imperdonabile di spalancare le porte al disordine dello spirito e alla miseria delle sottigliezze sofistiche.... La filosofia della natura si è risolta in nulla, e gli idealisti di nuova formazione credono di essersi liberati di questo peso morto con l'affermare che lo studio della natura, non importa sotto qual forma, è un'attività d'ordine pratico, indifferente per il pensiero. Così facendo, non solo hanno reso anemico l'idealismo, misconoscendo le ragioni profonde dell'atteggiamento romantico che era stato invece il suo aspetto più vitale, ma — fatto

¹ F. ENRIQUES, *Signification de l'histoire de la pensée scientifique* (1934), pp. 32 sg. In francese nell'originale. Non a caso alcune delle ultime opere filosofiche di Enriques sono scritte in francese. Infatti Federigo Enriques, tagliato fuori dalla vita filosofica in Italia, continuò ad avere prestigio e influenza all'estero, in paesi come la Francia, nei quali agli scienziati non era stato ingiunto di "badare a fare gli scienziati", come aveva fatto l'idealismo in Italia. Enriques disse, per esempio, negli anni trenta, la collana "Philosophie et histoire de la pensée scientifique" nelle "Actualités scientifiques et industrielles" dell'editore Hermann, di fama e diffusione internazionale. L'Enriques era socio corrispondente dell'"Institut de France" come filosofo.

ben piú grave per pensatori convinti che tutto sia nella storia — hanno peccato contro la verità storica. Poiché, fin dalle sue piú lontane origini, la filosofia, o quanto meno la filosofia occidentale, si è sempre ispirata e conformata al pensiero naturalistico. »

ENRIQUES CONTRO IL CONVENZIONALISMO E IL “ VALORE ECONOMICO ” DELLA SCIENZA Il colpo principale della polemica filosofica di Enriques era dunque indirizzato all'idealismo. Piú precisamente: a tutte le teorie della scienza che negassero a essa valore e dignità di effettiva conoscenza (seppure per approssimazioni successive) della realtà naturale, e attribuissero invece ai concetti e ai risultati delle scienze un valore esclusivamente economico, di comodo: il valore di una “ convenzione utile ”, di uno pseudoconcetto, empirico o astratto, atto a catalogare o a semplificare, non a conoscere. Come è noto, la teoria crociana della scienza come “ pseudoconoscenza ”, gnoseoprassi (*Logica*, 1905) è, per esplicito riconoscimento del Croce, presa in prestito dal Mach: lo pseudoconcetto crociano non è altro che l'idea del valore economico, pratico e non teoretico, della scienza, degli empiriocriticisti, dei convenzionalisti eccetera. « Mentre i cultori di studi filosofici, pur manifestando qualche dubbio e insoddisfazione, si lasciavano intimidire dal naturalismo... si è venuto, negli ultimi decenni, accentuando un indirizzo, che a noi sembra atto a recare gran giovamento alla Logica e alla filosofia in genere, se si saprà adoperarlo al suo vero scopo.... La formola di tale indirizzo è il riconoscimento del carattere *pratico* o *economico* delle scienze matematiche, fisiche e naturali.... A codeste vedute ha dato svolgimento e popolarità Ernesto Mach.... I corpi o le cose sono *simboli* intellettuali abbreviati di gruppi di sensazioni; ...*cartellini*, come quelli che il mercante attacca sulle scatole, e che non hanno valore se non in quanto, dentro la scatola, giace una merce, che ha valore. » ¹

¹ B. CROCE, *Logica*, Sguardo storico.

La polemica di Enriques contro la teoria del carattere pratico o economico delle scienze naturali nei *Problemi* non è però indirizzata contro Mach né contro Croce, bensì verso le posizioni di Henri Poincaré, il grande matematico, fisico e filosofo naturale al quale l'Enriques fu legato da congeniale amicizia. Ci sembra interessante osservare che, trentasei anni dopo la pubblicazione dei *Problemi*, Federigo Enriques esponendo succintamente *La théorie de la connaissance scientifique de Kant à nos jours* (il libro è uscito nel 1938), sottolinei quella parte dei *Problemi* che costituisce una risposta alle tesi nominaliste e convenzionaliste del Poincaré, in particolare ai volumi *La valeur de la science* (1905) e *La science et l'hypothèse* (1902), che riteniamo essere stati per il Nostro i più fecondi stimoli intellettuali nell'elaborazione della sua principale opera filosofica.

LA GEOMETRIA E LA FISICA Vediamo, dunque, come Enriques riassumeva, nel 1938, la risposta da lui data a Poincaré nel 1906 su due problemi scientifico-filosofici: il valore della scelta di una geometria, la questione della misura del tempo¹.

«L'esame critico dei principi della geometria portò Klein a osservare che gli assiomi di cui ci serviamo per definire le nozioni astratte relative allo spazio idealizzato non sgorgano necessariamente e intuitivamente dall'esperienza dei sensi, ma conservano qualcosa di arbitrario rispetto ad essa....

«Partendo da questa osservazione, Poincaré giunse a considerare i principi della geometria come "convenzioni", che sono "comode", se non indispensabili, per interpretare l'esperienza fisica, e che sono quindi, in un certo senso, presupposti della scienza fisica. È il tentativo più notevole che sia stato fatto da un pensatore matematico per restaurare entro certi limiti l'apriorismo di Kant.

¹ F. ENRIQUES, *La théorie de la connaissance scientifique de Kant à nos jours* (1938), pp. 9 sg. In francese nell'originale.

« Ma Enriques (1906) ha fatto la critica di questa dottrina. Essa isola in modo arbitrario certe condizioni attraverso le quali si definiscono le entità geometriche (per esempio, la traiettoria in linea retta della luce), mentre non è possibile attribuire una certa esistenza oggettiva a queste entità se non basandosi sull'accordo con qualche ipotesi di fatto; queste ultime implicano nello stesso tempo tutte le relazioni fisiche. Risulta chiaro da questa critica che non si può porre il problema della geometria non euclidea esclusivamente sul terreno della misurazione sperimentale e geometrica in senso stretto; ma quando questo genere di prove non porta ad alcun risultato — come hanno dimostrato gli scritti di Gauss e di Lobačevskij — bisogna trasferirci sul terreno più vasto della dinamica e della fisica. In altri termini, la geometria non può essere separata dalla fisica se non per astrazione: bisogna risolvere la concezione astratta nella visione concreta di una geometria che faccia corpo con la fisica e trovi il suo prolungamento naturale in questa disciplina. L'autore di questa critica arrivò a indicare alcuni punti di riferimento che permetterebbero di mettere alla prova una nuova dinamica, costruita al di fuori dei postulati classici di Euclide e di Newton: per esempio, la possibilità di spiegare la ben nota anomalia del perielio di Mercurio.

« C'è una precisa corrispondenza fra questa concezione di una geometria che faccia parte della fisica e l'abbozzo di una nuova dinamica relativistica (teoria della relatività generale) compiuto da Einstein... ed è molto significativo il fatto che questa teoria sia riuscita a spiegare l'anomalia del perielio di Mercurio. »¹

¹ Federigo Enriques era un cattivo lettore (amava dire, paradossalmente, che di un libro bastava leggere l'indice), ed è quindi probabile che egli non abbia studiato minuziosamente la traduzione tedesca di F. Engel (1899) dei *Nuovi principi della geometria* di Lobačevskij. Vi è, comunque, una sorprendente congenialità fra Enriques e Lobačevskij nell'affermare il rapporto fisica-geometria. « Supponiamo — dice Lobačevskij — che le forze attrattive si indeboliscano per la diffusione della loro azione su superficie sferiche. Nella geometria ordinaria si prende la grandezza della superficie sferica uguale

LA MISURA DEL TEMPO E IL SENSO DEL RITMO Alla posizione "convenzionalistica" di Poincaré sulla questione della misura del tempo, Enriques dà, nei *Problemi della scienza*, una risposta nella quale riafferma ancora una volta il contenuto sensibile dei concetti scientifici. « Poincaré ... arriva a conclusioni apertamente nominalistiche: "Non esiste un modo di misurare il tempo che sia piú vero di un altro; il modo generalmente adottato è solo piú comodo.... Di due orologi, non possiamo assolutamente dire che l'uno vada bene e l'altro vada male; possiamo dire soltanto che è piú vantaggioso riferirsi alle indicazioni del primo" ».

« A questo nominalismo Enriques rispose nei suoi *Problemi della scienza*...

« Non esiste una scala naturale che ci imponga di scegliere una sostanza privilegiata per i nostri termometri.

« Ma questo non vale per le misure di lunghezza, poiché le norme della commensurabilità che ci forniscono i corpi solidi sono le sole che si accordano con le sensazioni del toccare; col mezzo materiale delle nostre mani noi verifichiamo direttamente gli intervalli di lunghezza. Il giudizio che afferma "l'uguaglianza di due lunghezze" ha dunque un contenuto sensibile e, per conseguenza, un significato reale...

« Questi esempi ci chiariscono che cosa dobbiamo intendere per misura naturale degli intervalli di tempo. Si tratta di sapere se il giudizio relativo all'uguaglianza degli intervalli di tempo

a $4\pi r^2$ in corrispondenza del raggio r , dal che si ha che la forza deve diminuire proporzionalmente al quadrato della distanza. Nella geometria immaginaria io ho trovato che la superficie della sfera è: $\pi(e^r - e^{-r})^2$, e può essere che tale geometria segua le forze molecolari»; in altri termini, se la forza attrattiva nel campo molecolare fosse inversamente proporzionale al quadrato di $(e^r - e^{-r})$, sarebbe necessario adottare per la superficie della sfera la formula, prima riportata, della geometria immaginaria (non euclidea, iperbolica) di Lobačevskij, se si vuole conservare l'ipotesi di una "distribuzione sferica" del campo. Insomma per Lobačevskij, come poi per Enriques, la geometria ordinaria implica la meccanica ordinaria, la geometria non euclidea implica una meccanica non euclidea: « la geometria non può essere separata dalla fisica se non per astrazione ».

successivi implica qualche contenuto sensibile. E la risposta affermativa ci è data dalla *sensazione del ritmo* che accompagna certe serie (isocrone) di fenomeni acustici, di movimenti muscolari, ecc. »¹

“ IL MATEMATICO NON RAGIONA PER FORMULE ” Abbiamo voluto soffermarci un po' a lungo sulla risposta che Enriques diede al “ nominalismo ” di Poincaré in merito a due questioni determinate; per la sua critica filosofica generale al convenzionalismo e al pragmatismo, allora di moda in Italia, rimandiamo invece allo scritto su *Il pragmatismo* (1910) incluso in questa antologia. Del resto, e così dicendo anticipiamo una delle nostre conclusioni, noi crediamo che il vero e duraturo contributo filosofico di Federigo Enriques sia da cercare assai di più nell'analisi filosofica di problemi determinati che non nell'enunciazione di principi o postulati filosofici generali.

L'Enriques rifiutava dunque, in polemica con il Poincaré, di dare una soluzione puramente logico-formale al problema della “ equivalenza di due sistemi di ipotesi rappresentative, rispetto alla realtà ” (problema che Egli pur si poneva, respingendo, dall'altro lato, l'idea che una teoria scientifica sia il riflesso univocamente determinato di un aspetto della realtà). È quindi del tutto naturale che il Nostro, pur apprezzando il contributo alla logica dato dal Peano e dalla sua scuola, non potesse accettare né una riduzione della matematica alla logica né una concezione della matematica come “ pura forma ”, come fatto puramente intellettuale. Per quel che è l'apprezzamento positivo della logica-matematica, ecco quel che l'Enriques diceva nel 1913 in polemica con il Croce: « ...ritenni più proficuo discutere i problemi della conoscenza al lume degli sviluppi scientifici, i quali sono pure un'altra espressione della stessa storia. Io non credo d'aver sba-

¹ F. ENRIQUES, *La théorie de la connaissance scientifique de Kant à nos jours* (1937), pp. 12 sg. In francese nell'originale.

gliato, e resto tuttora convinto che una preparazione storica disgiunta dalla cultura scientifica valga assai meno ad orientare il pensiero attorno ai problemi dello spirito; che per esempio non possa trattare seriamente di Logica chi ignora o non comprende, o comprendendo disprezza, quello che i matematici contemporanei hanno pensato su questo soggetto »¹. Al congresso filosofico di Bologna del 1911, da lui presieduto, Enriques però « ebbe l'onore d'incrociare il fioretto della parola » con Alessandro Padoa, il piú notevole forse degli allievi di Giuseppe Peano, presente il Peano stesso; l'Enriques rimproverava ai logico-matematici della scuola del Peano di « trascurare l'aspetto psicologico e realistico dei problemi »².

Se pure, cosí facendo, ancora una volta anticipiamo una fase piú tarda del pensiero di Enriques, ci sembra interessante osservare a questo punto che, anche quando la filosofia scientifica del Nostro andò orientandosi verso il razionalismo, anche nelle formulazioni piú classiche, piú "galileiane" della sua filosofia razionalistica, l'"aspetto realistico" delle forme matematiche sarà sempre affermato dallo spirito intuitivo e concreto del grande geometra. « Ma proprio per Galileo — e traverso il razionalismo sperimentale che Leonardo da Vinci prima di lui ha divinato e ch'egli ha splendidamente attuato e promosso — il divino s'umanizza, e l'idea matematica scende dal cielo dell'astrattezza platonica per diventare ordine del sensibile, cioè immanente nella concretezza dell'esperienza: che, parte confermando e parte correggendo la teoria, risolve grado a grado la contraddizione nel progresso della esperienza. » Il pensiero « intanto appunto si sublima e cresce sopra se stesso, in quanto ha da lottare, non col fantasma di sé, anzi con qualcosa di esterno e di opaco, ch'ei conquista e fa proprio nella chiarezza dell'idea matematica »³.

¹ F. ENRIQUES, *Risposta a Benedetto Croce* (1912).

² F. ENRIQUES, *La filosofia italiana al Congresso di Bologna* (1911).

³ F. ENRIQUES, *Il significato umanistico della scienza nella cultura nazionale* (1924).

È anzi da osservare che, al contrario, Federigo Enriques matematico ebbe sempre la tendenza ad attribuire “corposità” agli enti razionali, in particolare agli enti algebrici, sí che il suo dimostrare e dedurre era per lui sempre, prima, un “vedere”¹. L'affermazione di Einstein: « il matematico non ragiona per formule »² si applica molto bene ad Enriques: l'antiformalismo è uno dei tratti salienti della personalità di Enriques.

GLI ASSOLUTI: OPERATIVISMO E CRITICA DIALETTICA Ci siamo oramai piú volte, e di molto, allontanati, dai *Problemi della scienza*; ad essi vogliamo però ancora una volta ritornare, per esaminare il contributo dato da Enriques in quel volume alla critica degli assoluti, presupposto e punto di partenza della “rivoluzione einsteiniana”.

Non vi è dubbio che il vaglio “operativo” delle definizioni classiche di contemporaneità di due eventi, di uguaglianza di due lunghezze eccetera è stato uno degli elementi decisivi per la rottura del quadro newtoniano di un riferimento assoluto spaziotemporale. Vi è un contributo di Enriques in questa direzione, soprattutto, ci sembra, nell'analisi del tempo e della sua misura³; per questo aspetto, la critica degli assoluti di Enriques si lega a quella di Mach, si riconnette all'“operativismo”, cioè all'esigenza di definizioni costruttive, traducibili in una successione di operazioni, almeno teoricamente, effettuabili (non ha senso affermare che due eventi sono simultanei se non si dice con quali operazioni di misura si stabilisce la loro simultaneità, e così via).

¹ « Egli concepiva il mondo algebrico come a sé esistente, indipendentemente e fuori di noi, regolato da una legge suprema che è la legge di continuità, rispecchiante l'analiticità degli enti considerati... Una simile concezione appagava profondamente lo spirito potentemente intuitivo dell'Enriques, il quale spesso arrivava addirittura al punto — e nell'intimità con i Suoi allievi si compiaceva di tale aspetto apparentemente paradossale del Suo pensiero — di non sentire il bisogno di una dimostrazione logica di qualche proprietà, perché Egli “vedeva”... » F. CONFORTO, loc. cit.

² Riferita da L. INFELD, *I miei ricordi su Einstein*, Società 12, NN. 2 e 3 (1956).

³ F. ENRIQUES, *Problemi della scienza* (1906), pp. 352 sgg.

Il "metodo operativo" di definizione delle grandezze e delle loro misure è indubbiamente una grande conquista della scienza moderna, così come lo è il "metodo assiomatico" di definizione, del quale prima si è discusso, e che rappresenta in un certo senso, nella teoria della definizione, il polo opposto del metodo operativo, costruttivo. La nostra critica non è dunque rivolta contro l'uno o l'altro *metodo*, strumenti di approfondimento e di progresso della scienza e della conoscenza umana, ma è indirizzata alle estrapolazioni filosofiche unilaterali, e per ciò stesso false, che dall'uno o dall'altro possono essere tratte, e sono state effettivamente tratte. Dal metodo assiomatico di definizione si può pervenire al nominalismo, al puro formalismo, dimenticando il contenuto reale (o meglio, i contenuti) dei quali gli assiomi sono forme; dal metodo operativo si può dedurre indebitamente la tesi dell'empirismo integrale, dimenticando che sotto la misura vi è sempre l'ipotesi, che i "protocolli" o le "matrici" di numeri derivano pur sempre da un'idea, s'inquadrano pur sempre in una teoria. I "fatti" sono duri a morire, e lo dimostrano gli sforzi vani dei logici puri di fondare le scienze, e sia pure l'astratta matematica, facendo a meno di ogni e qualsiasi modello concreto. Ma anche le idee sono tenaci, e non si lasciano estirpare dall'empirista puro, che non può mai realizzare l'impossibile: il nudo fatto, la registrazione e la sperimentazione non guidate da una rappresentazione, da un'ipotesi¹.

La critica dello spazio e del tempo assoluto di Galilei-Newton deve molto al metodo operativo di definizione, non è però in alcun modo il trionfo esclusivo dell'operativismo, né da essa si

¹ Per alcune *impasses* dell'operativismo esclusivo, vedi ad esempio M. BUNGE, *The philosophy of the space-time approach to the quantum theory*, Methodos, Milano (1955). Dice Bunge [nostra trad.]: « Non è colpa usare entità inosservate, inosservabili e fittizie, e la fisica l'ha sempre fatto nonostante la restrizione empiristica secondo cui tutta la fisica dev'essere costruita soltanto sugli osservabili. » Anzi, si rende « un notevole servizio alla fisica rompendo *de facto* il comandamento operativistico "Non userai nessun inosservabile" e il comandamento formalistico "Non ti costruirai nessuna immagine scolpita" ».

possono dedurre posizioni filosofiche di empirismo integrale. La critica degli assoluti è intimamente connessa alla maturazione, nell'ambito del lavoro scientifico, di un orientamento e di una consapevolezza dialettica. La critica dialettica si contrappone alla critica operativistica in quanto essa non vuole eliminare le idee, le ipotesi, le leggi e ridursi alle sole misure, ma intende solo esaminare i limiti di validità delle leggi, criticare una loro pretesa applicabilità incondizionata, trasformare l'assoluto in relativo. Anche da questo punto di vista, della critica dialettica agli assoluti, i *Problemi della scienza* sono significativi: dialettica l'idea di Enriques, e tipicamente "einsteiniana", della validità della meccanica newtoniana solo per velocità relativamente piccole, della variabilità della massa con la velocità; dialettica la sua critica all' "etere cosmico" come assoluto "indipendente dalla materia". « Una dottrina che è vera per un certo ordine di grandezza, non è più valida quando da quest'ordine di grandezza si passa a un altro, superiore o inferiore »¹; quest'affermazione generale di Enriques potrebbe essere, senza cambiamenti, una nota scritta da Engels, "hegeliano di sinistra", nella *Dialettica della natura*.

DIALETTICA "NATURALE" DI UN ANTIHEGELIANO Credo che Federigo Enriques abbia sempre considerato con diffidenza il termine "dialettica", per lui connesso al nome e al pensiero di Hegel, al quale sempre repugnò. Questa repugnanza di Enriques credo sia da attribuire a una sua sgradevole impressione di confusione, di nebulosità, di irrazionalità di fronte a certe formulazioni hegeliane (negazione del principio di identità, coincidenza degli opposti), e, in particolare, alle "triadi" fantasmagoriche della *Filosofia della natura*. Le parole, però, non hanno moltà

¹ F. ENRIQUES, *Signification de l'histoire de la pensée scientifique* (1934). In francese nell'originale.

importanza. L'antihegeliano Enriques, che si definiva "positivista critico" o "razionalista", aveva vivissimo il senso e direi il gusto della dialettica, del socratico "dialogo" degli opposti. I *Problemi della scienza* sono opera dialettica, nella quale Enriques tende sempre a una risoluzione dialettica delle antinomie. Sin dalle prime pagine dei *Problemi* viene risolta dialetticamente l'antitesi assoluto-relativo: « si tratterà sempre di dare alla parola "assoluto" un significato relativo piú esteso ». Ancora: i paradossi dell'infinito derivano da una concezione metafisica dell'infinito, da una sua definizione trascendente di carattere illusorio: « l'infinito non ha un senso attuale, ma solo potenziale o genetico ». Le antitesi conoscibile-inconoscibile, sostanza-apparenza, obiettivo-subiettivo vengono affrontate allo stesso modo da Enriques nei *Problemi* (basta ripensare, del resto, a quanto siamo andati fino ad ora esponendo). Da questa impostazione dialettica discende necessariamente una concezione della conoscenza scientifica come processo, movimento, tendenza: la scienza è tendenza all'obiettività, e appunto perché "tendenza", da essa l'elemento subiettivo non è mai eliminabile. Dalla impostazione dialettica del pensiero di Enriques deriva necessariamente la sua tesi che « le scienze naturali non esauriscono il loro compito nella classificazione », che bisogna considerare « la Scienza non piú come formata, bensí nel suo progressivo sviluppo ».

Ecco delinearsi cosí quello che sarà poi uno degli indirizzi principali del pensiero e della operosità culturale di Federigo Enriques: una « visione dinamica della scienza ... [che] porta naturalmente sul terreno della storia »¹. Vedremo anzi che l'interesse per la comprensione storica del sapere scientifico, per la storia della scienza, prevarrà piú tardi in Enriques su quello filosofico-teoretico dominante nella giovinezza e nella prima maturità.

¹ F. ENRIQUES, *Lezioni sulla teoria geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche* (1915), prefaz.

CRONACA DI UNA POLEMICA Sulla " Critica " del Croce apparve nel 1908 una lunga recensione di Giovanni Gentile ai *Problemi della scienza*. Di questa recensione diremo piú a lungo nel seguito; basterà qui accennare che lo scritto del Gentile voleva essere una " liquidazione filosofica " di Enriques: episodio nella battaglia di attacco e di logoramento del positivismo condotta sistematicamente dalla " Critica " nei primi anni della sua esistenza.

La polemica tra Enriques e Croce era dunque già da tempo, anche se indirettamente, cominciata, quando il IV Congresso filosofico internazionale, presieduto da Enriques a Bologna tra il 6 e l'11 aprile del 1911, provocò, se non la sua esplosione, il suo inasprimento. Enriques aveva aperto il congresso con un discorso inaugurale: *Il problema della realtà*. Il discorso di Enriques non è gran cosa; dal punto di vista della forma, indulge troppo a elementi oratori, non senza qualche nota di retorica nazionalistica. Dal punto di vista del contenuto, tutta la prima parte ci sembra diplomatica: Enriques, presidente del congresso, cerca di mettere in evidenza qualche elemento comune alle varie correnti di pensiero partecipanti alla riunione, e insiste perciò sulla « ricerca degli invarianti » come motivo dominante di scienza e religione, di materialismo e idealismo, dando adito anche all'accusa di misticismo¹. Assai migliore la chiusa, perché espri-

¹ Enriques fu appunto accusato di concedere all'irrazionalismo e alla metafisica da Erminio Troilo sulle " Cronache letterarie ". Enriques replica, sulla stessa rivista, il 23 aprile: « Concedere a chi? non certo ai pragmatisti, ai neoidealisti, agli uomini della reazione farneticanti un ritorno al Medio Evo, che nella scienza mirano ad attaccare la libera ragione, e che della scienza abbassano il valore umano riducendola ad un istrumento della vita pratica, cui contrappongono la ricerca di non so quale verità metafisica come verità con V maiuscolo. » Non mi sembra giusto porre, come fa Eugenio Garin nelle sue preziose *Cronache di filosofia italiana* (Laterza, Bari 1955) « perfino l'Enriques... sulla linea di quei molti, scienziati da un lato e pseudo-filosofi positivisti dall'altro, che una volta di piú si apprestavano a dimostrare la loro incertezza speculativa abbandonando una mal costruita quanto inconsapevole " metafisica " naturalistica e positivistica per combinazioni scolastiche di filosofia tradizionale e parziali risultati scientifici ». È bensì vero che all'Enriques non dispiaceva indulgere talvolta all'oratoria, ed è anche vero che egli mancò spesso

me positivamente il nucleo centrale del pensiero dell'Enriques, e cioè l'idea della importanza filosofica del progresso scientifico: « Io credo... che il concetto piú largo della filosofia, come forma di attività implicata in ogni prodotto del pensiero, sia massimamente rispondente allo spirito del popolo italiano... ».

Questo aspetto positivo del congresso presieduto dall'Enriques dovette manifestarsi (assai di piú di quel che non appaia a noi dalle pagine non troppo felici di un discorso introduttivo di circostanza) nell'attiva partecipazione ai lavori di uomini di scienza, cioè in un tentativo di realizzazione organizzativa, oltre che di formulazione teoretica, di un « concetto piú largo della filosofia » (della presenza del Peano e del Pàdoa, e di un dibattito con l'Enriques sulla logica, si è per esempio già detto). Proprio su questa questione, di orientamento e di organizzazione della filosofia in Italia, Benedetto Croce apre il fuoco, in una intervista al giovane giornalista-filosofo Guido De Ruggiero, concessa sul treno che lo riportava da Bologna, sede del Congresso, a Napoli ¹.

L'intervista di Benedetto Croce, formalmente bonaria, è però pervasa di ironica sufficienza nei confronti del matematico Enriques, che non sa restare nell'àmbito chiuso della sua tecnica, per il quale la filosofia è un "bisogno". Viene fuori che il Croce non aveva visto di buon occhio la presidenza Enriques e la partecipazione di scienziati-filosofi. Che la nostra non sia una interpretazione maliziosa delle intenzioni di Benedetto Croce nel concedere quella intervista, ci sembra controprovato dalle parole piú aperte e piú aspre scritte dal filosofo napoletano un anno dopo, quando gli animi erano ormai riscaldati, e le forme cortesi abbandonate dall'una e dall'altra parte. Nella sua noterella pole-

di precisione e di rigore filosofico: ciò non significa tuttavia che nel pensiero di Enriques vi siano stati elementi di irrazionalismo o misticismo, se non forse in espressioni retoriche da intendersi in senso traslato (" fervore religioso " e simili). Sulla questione torneremo tra poco, esaminando *Scienza e razionalismo* (1912), la seconda opera filosofica fondamentale del Nostro.

¹ Giornale d'Italia, 6 aprile 1911.

mica¹ il Croce, appoggiandosi a una recensione del Kuntze ai *Problemi della scienza*², dice, a proposito dell'Enriques: « che di filosofia non sappia nulla di nulla non è un segreto che noi abbiamo rivelato », e così commenta l'attività filosofico-organizzativa dell'Enriques: si pompeggia « come presidente di una mal composta e inerte "Società filosofica italiana" », si addossa « le fatiche dei congressi dei filosofi (tanto più meritorie quanto sarebbero meritorie e disinteressate le mie, se organizzassi congressi di matematici) », tiene « conferenze in circoli dilettanteschi », di fronte a un « pubblico misto ». Ci sembra quindi che Enriques colga sostanzialmente nel segno quando dice³ che solo « la sua [del Croce] nota intolleranza filosofica e il suo odio per la scienza di cui avevo rivendicato, contro il pragmatismo, il valore ideale, poteva aver mosso colui che senz'altro motivo mi si poneva contro come un avversario ».

Poco significativa, perché troppo personale e povera di contenuto filosofico, è al contrario la polemica sul "Giornale d'Italia", che si prolunga con botte e risposte quasi quotidiane tra il 16 e il 30 aprile 1911. Il 18 aprile Enriques risponde risentito (troppo!), preannunciando lo studio su Croce, che comparirà sulla "Rivista filosofica", e che esamineremo tra un momento. Il 20 Croce ribatte, affermando che nessuno lo può credere « spirito negativo rispetto alla libertà del pensiero »; il 22 aprile Enriques chiede una critica al suo pensiero filosofico da parte del Croce « non per procura » (allusione agli scritti del Gentile), e ricorda al Croce, parafrasandolo, un passo della *Logica* nel quale sembrano essere minacciati « cavalletto e nerbate » a « chi voglia tenere ostinatamente gli occhi chiusi »⁴. Il 24 Benedetto Croce, con una certa

¹ B. CROCE, *Ancora del prof. Enriques*, Critica 10, 79 sg. (1912).

² KUNTZE, *Kantstudien* 16, 298 (1952).

³ F. ENRIQUES, *Mettiamo le cose a posto* (1911).

⁴ Citiamo per intero il passo del Croce, al quale frequentemente Enriques fa riferimento nella sua polemica, mirante a provare la « intolleranza filosofica » dell'avversario: le dimostrazioni, « di per sé prese, non hanno potere alcuno di fare aprire gli

sufficienza, propone di « riderci sopra » (il professor Enriques « con zelo ma senza preparazione si diletta di filosofia »). Il 26 Enriques riprende la battuta di Croce, e propone che il filosofo napoletano si misuri con lui direttamente: sarà uno scontro fra dilettanti. 28 aprile, Croce: basta quello che ha detto Giovanni Gentile; Enriques faccia il matematico, non si improvvisi filosofo. Il 30 aprile, il giornale dichiara chiusa la « polemica filosofica » con un corsivo redazionale, che è tutto un'esaltazione del Croce e dell'importanza della sua opera filosofica.

LA CRITICA IDEALISTICA ALLA FILOSOFIA SCIENTIFICA Benedetto Croce, dunque, ci rimanda a Giovanni Gentile per la critica idealistica alla filosofia scientifica di Enriques: seguiamo la sua indicazione, abbandoniamo la cronaca della polemica, cerchiamo di analizzarne il contenuto, i motivi-guida. Due volte, tra il 1908 e il 1911, Giovanni Gentile dedica la sua attenzione a scritti filosofici di Enriques: nella lunga recensione ai *Problemi della scienza*¹, nella breve ma impegnata risposta² all'articolo di Enriques sulla *Métaphysique de Hegel considérée d'un point de vue scientifique*.

Le critiche particolari al pensiero di Enriques, a certe sue oscurità o contraddizioni, a numerose sue inesattezze nell'esame della precedente storia del pensiero, sono aspetti marginali della critica gentiliana, la quale vuole essere radicale, e pregiudiziale, giacché, secondo il Gentile, l'Enriques, e « tutti i vagheggiatori d'una filosofia scientifica, volendosi orientare nella scienza, cercano il centro, per dirla con Bruno, scorrendo per la circonferenza »; « facendo filosofia scientifica non si scontrano mai con la filoso-

occhi a chi ostinatamente li voglia tener chiusi. Innanzi a repugnanze e ribellioni di questa fatta, i pedagoghi del buon tempo antico ricorrevano, non già a dimostrazioni, ma, come si sa, al cavalletto e alle nerbate: tanto erano persuasi che la dimostrazione della verità vuole i ben disposti, e, cioè, i disposti a ripiegarsi su di sé e cercare in sé ». (*Logica*, ed. 1909, p. 36).

¹ G. GENTILE, *Critica* 6, 430 sg. (1908).

² G. GENTILE, *Scherzi innocenti intorno alla metafisica hegeliana*, *Critica* 8, 142 sg. (1910).

fia ». È la tesi estrema, apertamente dichiarata, della assoluta separazione, senza possibile mediazione, tra ricerca scientifica e speculazione filosofica. Gentile accetta lo "stato d'animo" che spinge lo scienziato a occuparsi di filosofia; e cioè l'insoddisfazione per la "tendenza analitica" (la specializzazione, la tecnica), il desiderio di sintesi (di filosofia). Nega però recisamente che la riflessione sui principi e i risultati della scienza, considerata in tutta la sua estensione e non in un suo solo ramo, abbiano rilievo filosofico; è una filosofia illusoria, la filosofia vera è un'altra cosa. Giovanni Gentile, con perfetta consequenzialità, arriva fino al punto di considerare culturalmente, e filosoficamente, negativo il tentativo di "Scientia-Rivista di Scienza", mirante ad incitare gli scienziati a sintesi delle loro "specialità" e a riflessioni critiche, metodologiche, comparative su di esse: tutto ciò, secondo il filosofo attualista, « non può incoraggiare se non il diletterantismo scientifico, di cui non so quanto sia per giovare la scienza ». All'organizzazione e all'orientamento della scienza il singolo scienziato lavora, secondo il Gentile, solo *agendo rem suam*, solo restando immerso « nella ingenua vita della scienza » militante.

Non già che, secondo il Gentile, dietro la scienza non vi sia un orientamento ideale, una filosofia: deve esservi però per forza la "cattiva filosofia" dell'intelletto e della sua logica formale, classificatrice. Nel corsivo sopra citato, Gentile afferma che sullo spirito di Enriques, *necessariamente*, in quanto spirito di scienziato, « chiuso dentro quelle maglie dell'intelletto, che Hegel per primo spezzò... la nuova concezione dialettica del pensiero [deve produrre] impressione stranissima ». L'Enriques non avrebbe dovuto apprezzare in Hegel l'avvio a una « concezione dinamica della scienza »; avrebbe dovuto invece « riassodare come vero processo logico, unico strumento e insuperabile forma del pensiero, il procedimento intellettuale, che è la logica aristotelica »; avrebbe dovuto « rappresentare a dovere la sua parte ».

La scienza dovrebbe, insomma, forzatamente dimostrare vere

le identità care all'idealismo gentiliano e crociano: filosofia = ragione = logica dialettica; scienza = intelletto = logica statica. Gentile nega non solo la possibilità di una dialettica della natura, piú in generale di una dialettica obiettiva (è la critica che egli muove, a suo parere decisiva e definitiva, al materialismo dialettico di Marx), ma considera anche la dialettica del pensiero scientifico come un assurdo. Assurda una teoria che affermi la storicità del conoscere (« la questione storica è estranea alla gnoseologia »), « che proclami l'empiricità della logica », e « non intenda che la logica, se non è a principio (*ἐν ἀρχῇ ἦν ὁ λόγος*) non potrà esser mai ».

Nella critica alla filosofia scientifica, l'Assoluto filosofico del Gentile si presenta in tutta evidenza come Verbo, come Dio senza storia: « la metafisica, a considerarla in concreto, è la realtà assoluta pervenuta all'assoluta conoscenza di sé...; fin dall'infanzia, consapevolmente o inconsciamente, è stata sempre questa realtà conscia assolutamente di sé medesima: questa cima, insomma, del reale ». Da questa « cima del reale » il filosofo idealista contempla ed esalta l'Assoluto, e non vede, o vedendo disprezza, l'importanza filosofica, cioè di orientamento generale, di sviluppo e di progresso del pensiero, che hanno il lavoro e la ricerca scientifica.

INCAPACITÀ DI EGEMONIA DEL NEOIDEALISMO Non ha molta importanza accertare se il Gentile avesse o meno ragione nel sostenere che l'Enriques confondeva « l'idealismo postkantiano con l'idealismo berkeleiano »; non è decisivo il fatto che molte delle critiche di superficiale informazione storico-filosofica o di formulazione approssimata del suo pensiero, rivolte dalla "Critica" al Nostro, avessero buon fondamento in una reale debolezza intrinseca della filosofia scientifica di Enriques. Il difetto di fondo della critica del neoidealismo italiano al geometra-filosofo e a « tutti i vagheggiatori di una filosofia scientifica » sta nella incom-

preensione della importanza filosofica del movimento critico-scientifico, epistemologico che era in pieno e rigoglioso sviluppo, anche in Italia, nei primi anni della "Critica", negli anni durante i quali Croce e Gentile conducono e vincono la loro battaglia in Italia non solo contro una cattiva filosofia scientifica, il positivismo, ma contro ogni filosofia scientifica. Rifiutando in blocco la critica filosofica che la scienza andava facendo di sé, l'idealismo italiano si preclude la via di una duratura egemonia filosofica, perviene soltanto a una temporanea "dittatura", dalla base assai debole. Le parole con le quali Gentile chiude il suo corsivo contro Enriques del 1910 possono ripetersi, tal quali, nei confronti della incompreensione idealistica delle filosofie scientifiche sviluppatesi tra la fine dell'Ottocento e il principio del Novecento: « Questi scherzi innocenti intorno a una filosofia, innanzi alla quale chi abbia vero spirito scientifico dovrebbe almeno sentire quel senso di riverenza elementare, che vieta di parlare di una dottrina senza studiarne storicamente la genesi e rendersi capace di penetrarne lo spirito e d'intenderne il linguaggio, non credo che siano molto edificanti »¹.

Aveva ben ragione Enriques nel profetizzare che il distacco dalla scienza avrebbe « anemizzato l'idealismo ». La scienza, per la sua stessa natura, non si è adattata a « far la sua parte » di ancella della pratica, di schiava dell'intelletto, di artefice di schemi, convenzioni, pseudoconcetti; ma, nel progresso "specialistico" e nella riflessione critica sui suoi metodi e i suoi risultati, ha con-

¹ Occorre ricordare tuttavia che, nell'interno dello stesso movimento neoidealista, vi furono critiche scerrate alla "svalutazione" dell'attività scientifica, condotte in nome della coerenza dello stesso principio dell'assoluto come "atto spirituale". Così il Timpanaro combatté una lunga battaglia, come idealista, per dimostrare il valore spirituale, di verità perché di ricerca, della scienza naturale; così Giuseppe Lombardo-Radice, nel campo pedagogico, rivalutò il valore formativo, spirituale dell'insegnamento scientifico, della osservazione naturalistica, e si potrebbero citare altri nomi, come quelli di Guido De Ruggiero, Ugo Spirito, Francesco Albergamo. Vedi anche il mio saggio *L'insegnamento delle scienze nella scuola italiana*, *Rinascita* 3, 93 (1946), pubblicato nel volume *L'uomo del Rinascimento* (Editori Riuniti, Roma 1958).

tinuato ad arricchire la problematica filosofica, ad assillare la filosofia; sí che il nesso scienza-filosofia, che l'idealismo aveva voluto spezzare, si è in mille modi e per mille vie necessariamente ristabilito.

L'impossibilità del distacco tra scienza e filosofia è l'elemento positivo e valido della critica di Enriques al neoidealismo. « La conoscenza delle Matematiche è un elemento essenziale della cultura del filosofo, e soprattutto per chi voglia intendere appieno la storia dell'idealismo avanti il secolo decimonono. Pitagora e gli Eleati, Platone, Des Cartes, Leibniz, debbono riuscire di necessità incomprendibili a chi sia estraneo allo spirito matematico che li informa... Forse egli [Croce] intende rimettere la partita, fino al momento in cui gli venga il destro di punire col "cavalletto e le nerbate", e possibilmente per mano d'un qualsiasi luogotenente, il temerario che osa ripigliare nel secolo ventesimo la grande tradizione della filosofia riunita alla scienza. »¹

DEBOLEZZE E LIMITI DELLA POLEMICA DI ENRIQUES Va detto però subito che la critica dell'Enriques al neoidealismo italiano, pur contenendo (come, del resto, tutte le pagine del Nostro contengono) spunti acuti e originali, soffre dello stesso difetto, resta racchiusa nello stesso limite della critica idealistica alle filosofie scientifiche: non riesce ad essere critica effettiva, in quanto non supera nella realtà concreta della cultura l'avversario, dimostrandosi capace di dare, meglio dell'avversario, risposta ai problemi da lui affrontati.

Lo spunto critico piú interessante ci sembra l'accusa di infcondità, di sterilità culturale che Enriques muove all'idealismo. « Il materialismo, privo di significato in sé come ipotesi metafisica, acquista almeno un senso come sostegno di dottrine scientifiche particolari; ma l'idealismo assoluto — questa pseudoipotesi

¹ F. ENRIQUES, *Mettiamo le cose a posto* (1911).

di una realtà differenziatasi da un pensiero primigenio — non si vede neppure quali conseguenze possa suggerire... Non vi è passaggio dalla Gnoseologia all'Ontologia. L'analisi gnoseologica può servire di base solo al positivismo critico... »¹ In questa direzione muovono anche le critiche più valide contenute nel saggio di Enriques, per altro assai insoddisfacente: *Esiste un sistema filosofico di Benedetto Croce?* (1911). Il Croce « mira ad escludere dalla filosofia, l'una dopo l'altra, le questioni più interessanti che concernono il pensiero e la vita », restringe e anemizza il concetto di filosofia (ancora, e con molta incisività, l'importanza delle matematiche nella storia del pensiero: « se la storia della filosofia deve essere trattata non come puro oggetto d'erudizione filologica, se anche le idee meritano qualche rispetto, non si può intendere le origini della metafisica moderna senza familiarizzarsi alcun poco anche col diavolo... cioè la Matematica »).

Ma non è critica reale, efficace, della Filosofia dello Spirito di Benedetto Croce il volerla liquidare, come pretende fare in quel suo articolo l'Enriques, come « una filosofia arcadica che consta soltanto di schemi verbali e di partizioni vuote » (come non sarà efficace l'analoga accusa di verbalismo, tanti anni dopo mossa dall'antico “luogotenente” alla filosofia del Croce: la « filosofia delle quattro parole »). Acuta, dal punto di vista della “sociologia” della cultura italiana, l'osservazione di Enriques sulla fortuna della filosofia crociana, « da cercare in quell'inno gioioso all'attività e alla volontà umana che si concilia così bene colla pigrizia mentale di chi s'adagia in un vuoto verbalismo »: ma è osservazione che colpisce il diletterantismo e la faciloneria di una certa “scuola” idealistica, e non intacca però il Croce stesso (né il Gentile).

Un “Anti-Croce” è stato scritto, quasi vent'anni dopo: da Antonio Gramsci, nei suoi *Quaderni del carcere*. Ma non è stato

¹ F. ENRIQUES, *Il salto dalla teoria della conoscenza all'idealismo metafisico* (1901).

scritto partendo dalla negazione dell'esistenza stessa di una filosofia del Croce, bensì da uno studio profondo di essa, dal di dentro e dall'esterno, nella sua logica interna e nelle sue origini storiche e pratiche; è stato scritto prospettando un nuovo orientamento efficace di pensiero in merito a tutti i problemi sollevati dall'opera del Croce, dalla tematica dell'idealismo.

Federigo Enriques, tra i filosofi-scienziati italiani, è però quello che ha fatto il più grande e interessante sforzo per uscire dai limiti della critica filosofica interna alle scienze, della riflessione filosofica della scienza su di sé, per passare dalla epistemologia alla filosofia, a un orientamento generale di pensiero fecondo in tutti i campi della cultura e dell'attività umana.

SCIENZA E RAZIONALISMO Il vertice di questo sforzo filosofico di Enriques è rappresentato dal volume *Scienza e razionalismo*, che viene pubblicato nel 1912, e che conclude il periodo più intenso dell'attività più propriamente filosofica del Nostro. Sono, gli anni tra il 1906-07 e il 1912-13, quelli nei quali Enriques presiede la Società filosofica italiana e organizza, come si è visto, il Congresso internazionale di Bologna (1911); sono gli anni in cui egli dà vita alla "Rivista di Scienza" ("Scientia"), della quale parleremo a lungo tra poco, gli anni più ricchi di saggi e articoli propriamente filosofici del geometra toscano. Un vertice, dunque, *Scienza e razionalismo* (volume nel quale trovan posto molti dei saggi ai quali si è fatto cenno, congiunti a parti del tutto nuove); un vertice che è termine di un cammino ascendente, e nel tempo stesso inizio di un tratto discendente. Il lungo silenzio filosofico di Enriques dopo il 1913 (solo nel 1921, se non andiamo errati, il Nostro scrive un nuovo saggio di filosofia in senso stretto) potrà essere stato favorito da circostanze esterne o personali, non sembra però da esse determinato. Si tratta, a nostro avviso, di una crisi interna del pensiero filosofico di Enriques, che raggiunge con *Scienza e razionalismo* i suoi limiti. La carica filosofica di questo

singolare e originalissimo ingegno si è esaurita nel giro di un decennio. Dall'orientamento di pensiero elaborato nel decennio 1902-1912, Enriques riceverà slancio per attuare, almeno in parte, un ricco e vario programma di lavoro che di quell'orientamento era necessaria conseguenza, nel campo della storia della scienza e della pedagogia scientifica: non procederà però oltre ai limiti di *Scienza e razionalismo* nella elaborazione generale, filosofica.

RAZIONALISMO SPERIMENTALE Il fatto è che Federigo Enriques fallisce nel tentativo di passare dalla filosofia scientifica, dalla critica della scienza, a un indirizzo di pensiero capace di orientare in tutti i campi della cultura e dell'attività umana: a una filosofia senza aggettivi limitativi. In *Scienza e razionalismo* il tentativo di Enriques risulta evidente già dall'esame dei titoli dei capitoli nei quali il volume è suddiviso. Mentre infatti nelle prime due parti (Il valore della scienza; Razionalismo e empirismo) siamo ancora nell'ambito della problematica del volume del 1906, restiamo cioè nel dominio dei "problemi della scienza", le parti successive affrontano la tematica delle scienze morali, storiche e sociali (in particolare la terza e la quarta parte: Razionalismo e storicismo; La teoria dello Stato e il sistema rappresentativo).

Per quel che concerne i "problemi della scienza", la linea generale di pensiero dell'autore non si discosta molto, a mio avviso, dalle conclusioni dell'opera di sei anni prima; vi è però un'accentuazione delle esigenze razionali. Empirismo, pragmatismo, razionalismo metafisico (teologico o idealistico) rimangono sempre gli obiettivi polemici fondamentali di Enriques. Viene confermato che « la crisi odierna del positivismo si è svolta in gran parte attraverso l'esagerazione dell'empirismo, da cui gli avversari del pensiero scientifico traggono largo profitto »¹. Viene ripresa, ed

¹ In Enriques ci sembra resti però ancora un residuo di positivismo empirista, anzi di "finitismo" operativo, che lo fa per esempio prendere una posizione di opposizione empirista rigorosa, alla Borel, nei confronti degli *alef* di Georg Cantor; vedi ad esempio il nostro studio *Paradossi dell'empirismo*, Società 6, 40 (1950).

estesa rispetto ai *Problemi*, la critica delle filosofie che negano valore teorico alla scienza (nominalismo di Le Roy, antintellettualismo di Bergson, contingentismo di Boutroux, e, in generale, pragmatismo, che Enriques ama ora racchiudere nella " formula di Peirce ": « il senso di una teoria risiede nelle conseguenze pratiche che ne risultano »).

Se pure con arricchimenti e sviluppi¹, immutata, rispetto ai *Problemi*, resta anche la critica di una scienza *a priori*, la critica del razionalismo metafisico. Enriques polemizza con i filosofi che hanno voluto « identificare l'ordine delle cose reali coll'ordine dei concetti,... l'ordine delle cause reali coll'ordine dei pensieri », attraverso un filone nuovo, originale: la critica alla prova ontologica, seguita da lui attraverso le sue modificazioni e i suoi travestimenti, da Anselmo a Descartes, a Spinoza, a Hegel.

Enriques trova in Galilei e Newton la prima grande sintesi di razionalismo metafisico ed empirismo (la « filosofia newtoniana si presenta già al pubblico del secolo diciottesimo come un razionalismo sperimentale, superante l'opposizione del razionalismo matematico e dell'empirismo »). Anche la conclusione ultima, che vogliamo per esteso ora citare, rappresenta uno sviluppo, non un capovolgimento, delle posizioni che abbiamo esaminate, parlando dei *Problemi della scienza*: « ... il problema critico concernente la possibilità di una scienza razionale riceve una soluzione chiara, che ben può designarsi come razionalismo sperimentale. Il mondo fenomenico offre la visione eraclitea di un flusso delle cose sensibili. Ma in questo perpetuo divenire si la-

¹ Arricchimenti, e sviluppi interessanti, vi sono del resto anche nella critica al pragmatismo. Molto notevole l'esigenza di una critica storica, non solo intellettuale: « il pragmatismo... deve essere spiegato non solo formalmente ma anche realmente, come espressione della società che gli ha dato origine, della sua cultura e dei suoi bisogni ». Posizione, questa, che senza dubbio risente del materialismo storico che influenzò il pensiero di Enriques, anche se attraverso le sensibili deformazioni della pubblicistica italiana di allora (così l'Enriques parla, ad esempio di un " pragmatismo " del materialismo storico; osservazione giusta nei confronti di un " classismo " meccanico, errata rispetto all'autentico pensiero di Marx ed Engels).

sciano cogliere oggetti poco variabili che possono essere approssimativamente rappresentati da oggetti (invarianti) del pensiero. E quegli oggetti dànno luogo a rapporti di somiglianza che, ordinati secondo l'ordine di coesistenza e di successione, si rispecchiano nei concetti rappresentativi degli "invarianti reali". Il riconoscimento di siffatti invarianti, che sta a base della costruzione del reale offerta dal senso comune, si prosegue nella costruzione scientifica, che conduce progressivamente a rapporti piú invarianti. Pertanto la corrispondenza fra i concetti scientifici e la realtà sensibile rimane sempre una corrispondenza approssimata, ma il *valore obiettivo della razionalità del sapere consiste in ciò che il processo della scienza è un processo di approssimazioni successive illimitatamente proseguibile* ».

Non direi che queste posizioni siano « insospettatamente vicine a quelle idealistiche »¹, anche se Enriques sottolinea ora in Kant « un'idea originale di alto valore: la scienza non è una copia passiva della natura esteriore, ma è costruzione che lo spirito umano fa secondo le sue proprie leggi; pertanto la critica della scienza deve scoprire ed illuminare questo elemento subiettivo piú profondo che è la *razionalità del sapere* ». Direi piuttosto che Enriques accentua nel suo volume del 1912 (e ancor piú accentuerà in scritti filosofici posteriori) le esigenze razionali della conoscenza scientifica, senza però mai cadere nel soggettivismo e nell'apriorismo, sempre mantenendo fermo il punto che la scienza « in un modo razionale... rispecchia la realtà ». Così, i principi logici di identità e non-contraddizione sono sí esigenze razionali, « condizioni di invarianza degli oggetti del pensiero negli sviluppi razionali », ma queste condizioni sono rese possibili da una « quasi-invarianza », da un'approssimata invarianza (entro determinati limiti) di certi aspetti e rapporti del mondo fenomenico. Razionalismo quindi, ma razionalismo sperimentale, fisico.

¹ F. CONFORTO, op. cit.

VALORE RIVOLUZIONARIO DEL RAZIONALISMO Federigo Enriques, in una delle sue pagine a nostro avviso piú belle ¹, esalta il valore rivoluzionario del razionalismo non solo nella scienza, ma nella storia dell'umanità, in due grandi epoche: il Rinascimento, quando la ragione si afferma contro il dogma, contro il Medioevo, che aveva « posto i suggelli della fede sui dati di un grossolano empirismo »; la Rivoluzione francese, « conseguenza lungamente preparata del nuovo concepimento della vita, compagno al sorgere e al diffondersi della scienza.

« Oggi, una scuola storica, che s'intitola dal materialismo, meglio scopre in codesta rivoluzione il fattore economico, e dalla cresciuta ricchezza della borghesia trae il movente esclusivo di quell'immenso rinnovamento sociale. Né sembra dispregevole veduta codesta, che ricerca le cause del progresso umano in una solidarietà piú intima delle ragioni del vivere. Ma se la pressione degli interessi palpita pure inconscia negli ideali dei pensatori e dei poeti, vano sarebbe negare che da codesti ideali prenda forma e atteggiamento proprio il moto sociale. Onde tra gli interessi e le idee, piuttosto che un legame diretto di causalità, è da porre una interdipendenza, cioè un rapporto complesso di reciproca azione... Così da un giudizio sintetico della Rivoluzione francese non può scompagnarsi l'apprezzamento dell'ideale di verità, che trae le sue origini da un progresso scientifico anteriore. »

Come si è già accennato, Federigo Enriques, che pur del marxismo aveva alto concetto, considerandolo « il piú valido tentativo di interpretazione razionale dello storicismo contemporaneo », aveva del materialismo storico conoscenza parziale, e in parte falsata dalle divulgazioni "economiciste" allora correnti, sí che egli crede di formulare una obiezione al marxismo sottolineando « un rapporto complesso di reciproca azione... tra gli in-

¹ Il discorso inaugurale tenuto l'11 novembre 1907 all'Università di Bologna, riportato in questa antologia sotto il titolo *Il valore della scienza*, che costituisce, con qualche modifica, il primo capitolo di *Scienza e razionalismo*.

teressi e le idee ». Egli stesso però, formulando nelle ultime parti di *Scienza e razionalismo* le sue vedute (" razionalismo storico ") sulla storia dell'umana società e il suo programma per una " razionale " democrazia futura, dimentica la sua giusta osservazione, rompe quel " rapporto complesso ", cade in una visione intellettualistica, e per ciò stesso utopistica, della storia passata e del progresso futuro della società umana: al quale concorre sí la " ragione ", ma la " impura " ragione che è coscienza del compito storico di individui e di classi nel loro antagonismo storicamente determinato, nella loro lotta condizionata dai reali rapporti sociali.

ECLETTISMO E INTELLETTUALISMO DEL RAZIONALISMO STORICO
Analizzando e confrontando, nella parte centrale del suo volume del 1912, razionalismo e storicismo, Federico Enriques tende, in definitiva, a trasportare nel campo della storia, con il nome di " razionalismo storico ", quel " razionalismo sperimentale " che era stato il suo punto di arrivo nell'esame critico del valore conoscitivo della scienza. La " scienza positiva " riconosce nelle diverse teorie scientifiche « diverse rappresentazioni astratte, riguardanti diversi aspetti del dato: per esempio nel processo geologico, distinti ordini di fenomeni meccanici, termici, chimici eccetera, che si mescolano e si intrecciano, e che lo scienziato separa idealmente, per ricomporre in una sintesi sempre piú approssimata. Similmente il razionalismo storico, interpretato secondo lo spirito positivo, porta a riconoscere nelle diverse teorie della storia semplici astrazioni atte a riflettere certi aspetti della vita reale e a porgere, nel loro insieme, una veduta approfondita dell'evoluzione storica. Infatti i vari ordini di fenomeni, ideali e materiali, di cui le suddette teorie pongono in luce il legame, i diversi aggregati di uomini (classi economiche, razze, società politiche o religiose) che cosí vengono rappresentati come unità nel quadro della storia, implicano appunto una scelta arbitraria di associazioni e d'astrazioni ».

Di che cosa si avverte la mancanza, in una siffatta visione statica e stratificata della società umana e della sua scienza, la storia? Manca, in questa veduta intellettualistica, *der geistige Band*, il nesso spirituale, il carattere della storia: che è l'essere cambiamento e progresso e sviluppo per contrasti e contraddizioni, attraverso lotte. Manca la comprensione della dialettica storica, manca l'assimilazione del nucleo centrale del pensiero di Hegel, liberato dalle "fantasie" e dalle "follie" che respinsero Enriques, e lo mantennero sempre "al di qua" di Hegel. Nella critica della scienza di Enriques, la sua acuta dialettica "naturale" e la sua profonda conoscenza dei singoli argomenti riescono a non far quasi sentire al lettore questo limite filosofico; quando però Enriques affronta la storia, la mancanza di una consapevolezza filosofica della dialettica della storia rende il suo pensiero debole e anemico, trasforma il suo razionalismo in utopia intellettualistica. Enriques critica acutamente in Hegel il formalismo delle triadi, il carattere speculativo delle pretese deduzioni del reale dal razionale, "la costruzione o ricostruzione a priori del reale"; sembra non accorgersi però che, non solo la dialettica hegeliana, ma anche il suo razionalismo storico "poggia sulla testa", è pretesa intellettualistica di conformare il corso della storia ad una ragione "pura".

LA SOCIETÀ SCIENTIFICA E IL MITO DELL'UOMO DI RAGIONE Di un siffatto intellettualismo utopistico ci sembrano chiara prova le idee espresse da Enriques in *Scienza e razionalismo* in merito a una riforma religiosa e a un progresso della democrazia: « La storia indicando da un lato i motivi sentimentali e sociali per cui si origina il bisogno di una religione, prova altresì che questa deve soddisfare le esigenze razionali dell'ambiente in cui ha da esplicarsi come forza animatrice. E in un'epoca come la nostra, occorre che la fede, ricollegando in una comune aspirazione i sentimenti degli uomini, e riattaccando il presente al passato e al

l'avvenire, possa nel medesimo tempo essere accolta da tutti, con adesione piena e sincera degli animi, consentendo la massima larghezza d'interpretazioni... Sarebbe temerario precedere qui col pensiero l'avvento della nuova idea religiosa, che dovrà sciogliere la crisi attuale delle coscienze; né è possibile prevedere se quello si compirà per interna evoluzione del cristianesimo, o per contrapposizione di altri ideali, o per un fecondo contatto dell'Europa coi miti dell'Asia orientale. » Parole dalle quali non è da dedurre, come tentava fare in altra occasione anni prima il Tocco, una concessione di Enriques al misticismo e all'irrazionalismo, bensì un ideale illuministico di religione razionale (« fuma l'incenso sugli altari della Dea ragione »).

Alla teoria dello Stato il Nostro dedica un lungo capitolo di *Scienza e razionalismo*, che vuole essere un' "applicazione" del razionalismo ai problemi dello Stato, in particolare al problema di una democrazia moderna. Assai poco significative ci sembrano le lunghe generalità attorno alle varie forme di Stato (monarchia, aristocrazia, democrazia), raramente o mai studiate nelle loro ragioni storiche, considerate quasi sempre come forme. Quanto alla democrazia, l'Enriques è dominato dalla idea biologica: « la lotta tende alla discriminazione dei più idonei », e dal mito di una « volontà nazionale » che attraverso la « selezione naturale » dei rappresentanti deve esprimersi come equilibrio o sintesi di interessi particolari. La preoccupazione fondamentale di Enriques è quella della massima razionalità nel funzionamento della democrazia, e molte pagine sono perciò dedicate alla questione dei sistemi elettorali: problema sul quale Enriques prende posizione democratica avanzata e coerente, sostenendo che il sistema più razionale è quello del collegio unico nazionale e della rappresentanza proporzionale. Insomma: « la coordinazione degli interessi alle idee nei partiti, la lotta tra questi, l'esistenza di un largo gruppo neutrale che decide della vittoria, la selezione naturale dei migliori rappresentanti in ordine alle esi-

genze della lotta, sono le condizioni presupposte di un buon regime, che veramente appaiono realizzate nei momenti piú belli della democrazia parlamentare moderna ». Tuttavia, « la democrazia piú larga e piú libera non crea ma suppone nel popolo la coscienza e l'aspirazione al progresso nazionale; essa vive in ultima analisi sulla fiducia che — rimossi gli ostacoli e le limitazioni — l'anima dei cittadini s'innalzi nell'amore della Patria e nell'idea di un avvenire migliore ».

Questa fiducia è di carattere, ancora una volta, intellettualistico; è la fiducia nella Ragione, nella sua forza intima che deve fare ad essa prima o poi superare ostacoli e limitazioni.

Enriques si rende conto, è vero, del fatto che « il tipo generale della società in cui si forma una mente e un giudizio del vero, non è affatto una società di razionalisti sperimentatori; gli uomini di regola obbediscono piú all'impulso degli interessi e delle passioni che ai freddi canoni della logica ». Tuttavia, a suo avviso, « la considerazione della storia nel suo insieme reca la consolante veduta che tutte le organizzazioni d'interessi che impongono deviazioni alla mente sociale vengono di regola superate e compensate; sicché, in mezzo a tante forze mutevoli, tende a prevalere ciò che appartiene, anche in piccolo grado, agli uomini come dato universale dell'umanità pensante, cioè la ragione ». « L'uomo cui il giudizio razionale addita una propria via, remota dalle passioni o dagli interessi che a lui s'impongono intorno, conservi dunque, in ogni evento, la fede che sconfitta non significa torto; ed anche quando la sua ragione solitaria sembri sopraffatta dalla prepotenza dell'errore e del non senso, se pure niuno risponda alla sua voce, sappia che questa voce è sempre udita da qualcuno, vicino o lontano, e che risuonerà tosto o tardi. »

Questa fiducia di Federigo Enriques nella ragione, anche se solitaria e inascoltata, riavvicina il Nostro, sul piano morale oltre che su quello filosofico, al suo grande maestro di pensiero e di

vita, a Galileo Galilei: al Galileo dell'“ eppur si muove ”, allo scienziato razionalista perseguitato che, se anche non pronunciò mai la famosa frase, riaffermò tuttavia sempre, con sacrificio e dolore, la ragione scientifica contro l'arbitrio dogmatico. Ma, come il suo antico maestro, Enriques non comprende che la vittoria della ragione non nasce solo dalla sua intima forza di persuasione, bensì è il risultato di una complessa lotta storica, di una faticosa e combattuta evoluzione della società che sappia estirpare l'irrazionale nelle sue radici sociali, pratiche, materiali. Il razionalismo storico e politico di Federigo Enriques ha anch'esso una base reale, dev'essere anch'esso criticato storicamente, e non solo intellettualmente, così come Enriques stesso ci ha indicato analizzando il pragmatismo da lui combattuto. La società concreta nella quale si forma l'utopia razionalistica del Nostro è la società scientifica, la quale, nella seconda metà dell'Ottocento e nel primo decennio del Novecento grandemente sviluppata in dialettica correlazione con il progresso produttivo ed economico, era venuta acquistando una sua notevole autonomia nell'ambito della società, una sua propria organizzazione, di “ società secondo ragione ”, nella quale l'errore può sorgere ma non può a lungo durare, nella quale argomenti logici e “ sensate esperienze ” decidono della sorte delle teorie. Enriques traspone inconsciamente le leggi di sviluppo, caratteristiche in quel periodo storico della “ società scientifica ”, a tutta la società umana: proprio alla vigilia di un lungo, terribile periodo storico nel quale forze irrazionali si scateneranno e prevarranno, prima in un'atroce guerra tra i popoli d'Europa già affratellati nella società culturale e scientifica, poi nel lungo sonno della ragione, popolato di mostri, della tirannide fascista (che al suo termine perseguiterà e tormenterà, per l'“ irrazionalismo ” razzista, il grande scienziato).

L'EREDITÀ CULTURALE DI ENRIQUES. "SCIENTIA" Non sarebbe esatto dire che con *Scienza e razionalismo* si chiude la produzione piú strettamente filosofica di Enriques. Anzi, piú di vent'anni dopo, nell'ultimo periodo della sua vita, vi è un nuovo slancio filosofico del Nostro, da ricollegare ai nuovi "problemi della scienza" posti dagli sviluppi della fisica delle particelle elementari. Tuttavia, crediamo di poter affermare che la filosofia di Enriques è da inquadrare e collocare nel primo decennio del secolo ventesimo, che rappresenta da una parte il periodo di piú intenso sforzo filosofico del Nostro, dall'altra l'epoca culturale nella quale matura, si determina, prende forma definitiva il suo pensiero.

L'analisi della filosofia di Enriques può quindi, a nostro avviso, arrestarsi alla vigilia della prima guerra mondiale, concludersi con *Scienza e razionalismo*. Sarebbe però errato non parlare delle attività culturali sviluppate da Federigo Enriques nella seconda metà della sua vita, attività che a quella elaborazione e impostazione filosofica si ricollegano cosí strettamente da dover essere considerate non solo una conseguenza, ma un prolungamento e un'applicazione concreta di essa. Pensiamo alla attività di Enriques come promotore e organizzatore della filosofia scientifica, alla sua attività di produzione, organizzazione, orientamento culturale nel campo della storia della scienza e della didattica scientifica. Si tratta di una eredità culturale lasciataci da Federigo Enriques che è ancora viva in alcuni strumenti da lui creati o promossi (ad esempio "Scientia" e il "Periodico di Matematiche"), nella mentalità e nell'orientamento culturale di molti uomini di scienza. Attualissima poi la tematica, urgenti ancora oggi le questioni di indirizzo e di organizzazione della cultura da quelle attività messe in evidenza; sí che non ci sembra azzardato affermare che l'eredità filosofica di Federigo Enriques è da ricercare piú nella problematica culturale concreta da lui sollevata, che non nelle formulazioni generali, strettamente filosofiche.

Nel 1907 Federigo Enriques, insieme allo psicologo e filosofo Eugenio Rignano, che in quegli anni insegnava a Milano, dà vita alla " Rivista di Scienza ", organo internazionale di sintesi scientifica, che è piú nota con il nome (poco dopo aggiunto) di " Scientia " ¹.

La Presentazione, della quale vogliamo qui riportare alcuni brani, ci sembra dovuta alla penna di Enriques, e risponde comunque pienamente all'orientamento del Nostro. Alla « sintesi, meta superiore di ogni progresso... fa ostacolo la differenziazione delle discipline particolari, sia perché lo sviluppo del linguaggio tecnico rende ognora piú inaccessibili i risultati di una disciplina ai cultori di un'altra, sia perché la stessa preparazione approfondita, richiesta nei singoli rami di studio, restringe la veduta dei problemi a taluni aspetti che lo studioso è tratto a contemplare troppo esclusivamente... ». Contro il particolarismo scientifico e quello filosofico, contro « codesti criteri ristretti intende reagire soprattutto il movimento nuovo di pensiero verso la sintesi: una Filosofia, libera di legami diretti coi sistemi tradizionali, sorge appunto a promuovere la coordinazione del lavoro, la critica dei metodi e delle teorie, e ad affermare un apprezzamento piú largo dei problemi della Scienza ».

Il sommario del primo numero di " Scientia " ci pare dia una idea esatta dell'importanza culturale del complesso movimento scientifico-filosofico per « il concetto piú largo della filosofia », sviluppatosi nei precedenti decenni, e del quale piú volte si è discorso. Lo vogliamo perciò riportare quasi per intero:

E. Picard, *La mécanique classique et ses approximations successives*; W. Ostwald, *Zur modernen Energetik*; G. Ciamician,

¹ A partire dal numero 3, leggiamo i seguenti nomi nel comitato di redazione, oltre a quelli di Enriques e Rignano: G. BRUNI (chimico, Padova); A. GIARDINA (biologo e zoologo, Pavia); A. DIONISI (medico, Modena). La rivista, edita dallo Zanichelli, avrà il suo primo centro di organizzazione in Bologna, e sarà legata, come lo stesso comitato di redazione fa vedere, piuttosto alle università settentrionali che non a quelle meridionali.

Problemi di chimica organica; F. Raffaele, *Il concetto di specie in Biologia*. 1: *Avanti e in Darwin*; H. E. Ziegler, *Die natürliche Zuchtwahl*; C. Supino, *Il carattere delle leggi economiche*; W. Cunningham, *Impartiality in History*; J. Tannery, *Questions pédagogiques: l'enseignement secondaire*. Ancora: tra i recensenti troviamo nomi come quelli dei filosofi Boutroux e Vailati, del fisico Corbino; tra i recensiti, Poincaré e Duhem. Tra i collaboratori preannunciati nel primo numero (citiamo un poco a caso e alla rinfusa): Binet, Bonfante, Borel, il grande medico-scienziato Grassi e lo psichiatra Janet, i fisici Langevin e Perrin, il matematico Levi-Civita, gli economisti Sombart, Pantaleoni, Mosca, Pareto. Molti di questi studiosi collaboreranno effettivamente nel seguito a "Scientia".

La collaborazione di Federigo Enriques a "Scientia" è molto intensa nei primi cinque anni di vita della rivista; ci sembra anzi di poter dire che è Enriques che dà il tono alla rivista. Poi, per diciassette anni, dal 1913 al 1930, il Nostro non scriverà più articoli sulla rivista da lui fondata con l'amico Rignano¹; questo dato ci sembra un altro elemento a sostegno della nostra tesi, e che cioè dopo il 1912, dopo *Scienza e razionalismo*, lo slancio filosofico di Enriques si esaurisce, o meglio si trasforma in indagine storica, in problematica culturale-educativa delle scienze. Il quinquennio 1907-12 ci appare, dal punto di vista della cultura italiana, come il periodo aureo della rivista, la quale, così almeno ci sembra, va mutando il suo carattere quando non ha più la guida e l'impronta di Enriques, pur mantenendo un livello culturale assai elevato. Dalla sintesi, dalla critica filosofica ai nuovi sviluppi delle scienze, si tende a passare alla somma di panorami, allo scambio di informazione tra specialisti; in particolare, il contributo italiano, sempre ottimo come informazione e divulgazione

¹ Scriverà però diverse recensioni. Per uno sguardo d'insieme alle annate di "Scientia" è di grande ausilio il prospetto degli articoli e dei collaboratori, pubblicato nel 1956, per i 50 anni della rivista.

scientifico ad alto livello, ha un assai minor rilievo filosofico¹. Questo nostro giudizio, che — lo riconosciamo — dovrebbe subire il controllo di uno studio ben più accurato della rivista dopo il periodo Enriques, trova una sua conferma nel fatto che “Scientia” ha dopo di allora un assai minor peso nella cultura italiana, una assai minore influenza sugli orientamenti e i dibattiti generali.

VISIONE DINAMICA DELLA SCIENZA La filosofia di Enriques, come risulta da quanto siamo andati prima esponendo, è, assai più che una enunciazione di principi e di vedute filosofiche, un programma di lavoro culturale. Dall'orientamento filosofico del Nostro discende necessariamente il suo interesse per la storia della scienza, la sua esigenza di seguire il “cammino dell'idea scientifica”. Infatti, per Enriques, « l'uomo trova la verità totale nella serie di tutti i sistemi possibili, e quindi nell'evoluzione storica, in cui le teorie si fanno e si disfanno con il risultato di procurarci una conoscenza sempre più vasta ed esatta »²; per il Nostro cade perciò, pur senza pervenire alle indiscriminate identificazioni di tipo idealistico, « la rigida distinzione che si fa di consueto tra scienza e storia della scienza »; « una visione dinamica della scienza porta naturalmente sul terreno della storia ».

Per quanto l'interesse di Enriques alla storia della scienza sia precoce (si pensi agli importanti capitoli storici dei *Problemi e di Scienza e razionalismo*), le sue opere di maggior respiro nel campo della storia della scienza appartengono all'età più matura, agli ultimi quindici anni della sua lunga operosissima vita. Il primo dei numerosi volumi di vera e propria storia della scienza, è la *Storia del pensiero scientifico*, volume 1: *L'antichità*, scritto

¹ Crediamo tuttavia che uno studio monografico delle annate di “Scientia” metterebbe in luce il contributo culturale, e anche filosofico, di studiosi oggi un poco, e ingiustamente, dimenticati, come ad esempio Aldo Mieli.

² F. ENRIQUES, *La théorie de la connaissance scientifique* (1938), p. 34. In francese nell'originale.

in collaborazione con Giorgio de Santillana, che viene pubblicato nel 1932, quando Federigo Enriques ha ormai compiuto i sessant'anni. Un filone per così dire intermedio di ricerca, che dà i suoi frutti molti anni prima, è la storia della logica: com'è del resto naturale, perché Enriques, per la sua stessa impostazione antiformalistica, per il legame che poneva tra principi logici e sviluppo della ricerca matematica e naturalistica, era portato, nel corso stesso della sua indagine filosofica, a esaminare da un punto di vista nuovo, originale e storico, molti problemi di logica¹. Così, dieci anni prima di pervenire a una sintesi dei suoi studi di storia della scienza, Enriques aveva la possibilità di raccogliere i suoi studi di logica e scienza nel volume: *Per la storia della logica. I principii e l'ordine della scienza nel concetto dei pensatori matematici* (1922).

Quanto alla storia della scienza propriamente detta, non ci pare un caso che i primi e gli ultimi scritti di Federigo Enriques ad essa dedicati abbiano per oggetto il pensiero di Democrito. Sono infatti del 1920 i due studi: *Democrito e le origini della meccanica*, e *La teoria democritèa della scienza*, mentre il volume *Le dottrine di Democrito d'Abdera* vedrà la luce nel 1948, dopo la morte di Enriques, per l'intelligente, dotta e amorosa cura del suo giovane collaboratore Manlio Mazziotti.

CONGENIALITÀ CON IL PENSIERO GRECO Vi era, e se ne è già fatto cenno, una singolare congenialità tra la *forma mentis* di Enriques e lo spirito della scienza greca. Il gusto per le idee semplici e profonde, per la critica dei principi, per la deduzione di teorie elevate a partire dagli "elementi", e insieme lo scarso interesse, e quasi il fastidio, per gli sviluppi analitici e in generale per le "tecniche" scientifiche, caratteristici della mentalità di Enriques, facevano della scienza greca il terreno prediletto della sua indagine storico-scientifica.

¹ Vedi, in questa antologia, lo scritto sul *Principio di ragion sufficiente*.

Qualche volta, negli scritti storici e filosofici meno felici del Nostro, il suo costante ridurre i problemi della critica storica e del dibattito ideale a poche idee centrali può destare una certa impressione di semplicismo, o addirittura di schematicità: difetti reali dell'opera di Enriques, come si è già accennato, quando il Nostro affronta periodi storici e correnti filosofiche complesse (si veda quanto abbiamo osservato a proposito di Hegel). Ma il limite dell'ingegno eccezionale di Enriques, diremmo quasi l'ombra della sua genialità, e cioè la difficoltà e la intima resistenza alla informazione sistematica, alla lettura analitica dei testi, alla filologia, non restrinse le possibilità di studio del Nostro per quel che riguarda la scienza greca, e in particolare i filosofi-scienziati presocratici. Nell'arduo studio dei presocratici, limitato il numero dei frammenti, impotente di fronte ad essi la pura erudizione linguistica. Comprendere Parmenide, Zenone o Democrito significa nient'altro che ricostruire e dedurre per via di logica e di adesione culturale, da alcuni pochi dati, un pensiero, rivivendolo dal di dentro. Solo così si può concludere che *logos*, in un determinato frammento, deve significare "rapporto" nel senso matematico e non "discorso", e affermare che Archita, parlando di "numero" e "rapporto" aveva già chiara in mente la distinzione tra grandezze commensurabili e incommensurabili¹.

Non si tratta però solo di un campo di ricerche mirabilmente rispondente alla mentalità e al metodo di lavoro di Enriques, ma, come si è detto, di un suo modo, assai concreto e costruttivo, di portare avanti, di trasformare in cultura, la sua filosofia.

Uno degli obiettivi generali di Enriques storico della scienza e infatti quello di stabilire nuovi nessi, nuove genealogie cultu-

¹ Citiamo un semplice esempio riferito da Enriques nel paragrafo dell'opera *Signification de l'histoire de la pensée scientifique* dedicato alla traduzione e comprensione dei testi. Molte geniali traduzioni di Enriques, basate sulla logica e non sulla filologia, sono meritatamente famose.

rali, in polemica con l'idealismo. « Diciamo apertamente che la valutazione del pensiero democriteo, e piú in generale della filosofia dei naturalisti ellenici, s'ispira, per noi, non già alle idee e ai problemi della metafisica tedesca del secolo scorso, che tanto ha influito su questi studi, bensí allo spirito congeniale dei filosofi naturalisti della Rinascita. »¹ Il « nesso dei pionieri della scienza moderna con le antiche teorie », e il rapporto tra la rivoluzione scientifica e ideale del naturalismo e del razionalismo rinascimentale con il nuovo razionalismo, critico e sperimentale, della rivoluzione scientifica che apre il nostro secolo, ecco la linea generale del pensiero di Enriques: onde forse non è azzardato affermare che in quelle tre grandi epoche storiche, nei tre « periodi galileiani » in cui scienza, filosofia e cultura piú intimamente e consapevolmente si fondono, nei tre sommi nomi di Democrito, Galileo, Einstein è quasi la sintesi del pensiero e dell'opera tutta di Federico Enriques.

D'altro lato, nello studio storico della scienza, e in particolare della scienza greca, Enriques verificava e concretava la sua veduta filosofica della scienza come parte essenziale dello sviluppo della ragione e della personalità dell'uomo, traeva il necessario alimento per quella riforma dell'insegnamento scientifico, e con esso della cultura, alla quale dedicò tanta attenzione e tanti sforzi dal primo dopoguerra fino alla vigilia della sua morte.

RIFORMA DELLA SCUOLA Nel 1921 Enriques (insieme a G. Lazzeri) assume la direzione del vecchio « Periodico di Matematiche », fondato da Davide Besso, e della Società italiana di Matematiche « Mathesis », della quale la rivista è l'organo. Il « Periodico » è per Enriques in questo periodo, e per quel che riguarda la didattica scientifica, il corrispondente di quel che fu per lui la rivista « Scientia » tra il 1907 e il 1912, nel periodo del

¹ Prefazione al volume: *Le dottrine di Democrito d'Abdera.*

massimo slancio filosofico. Come nella presentazione di "Scientia" abbiamo trovato la sintesi programmatica di quella che sarà poi in effetti l'opera culturale della rivista, così nell'articolo di fondo del primo numero della nuova serie del "Periodico di Matematiche" troviamo esposto un programma di lavoro che sarà effettivamente realizzato. L'indirizzo programmatico è riassunto in alcuni punti della presentazione "Ai lettori" (redazionale, ma nello stile non confondibile di Enriques):

1) « l'opera didattica... implica pure il bisogno di approfondire, in più sensi, la scienza stessa che s'insegna, così da poterla dominare da nuovi e più alti punti di vista »; « il nesso fra matematiche elementari e matematiche superiori riesce visibile nelle questioni che toccano i "principi"... ma anche fuori del campo della critica dei principi, molti altri problemi ricevono lume da concetti e indirizzi più elevati »;

2) « l'importanza affatto speciale che assume in questo indirizzo la storia della scienza, dalla quale vuolsi apprendere, non tanto la notizia erudita, quanto la considerazione dinamica dei concetti e delle teorie »;

3) « l'unificazione concettuale, recataci dalla storia della scienza, va necessariamente oltre il limite che oggi si suole segnare alle matematiche pure »; oltre l'interesse che i problemi matematici hanno « in rapporto alla fisica », « spesso anche, alla base di uno sviluppo matematico o strettamente legato con questo, i concetti assumono un più largo significato filosofico, gettando luce su qualche aspetto o posizione fondamentale della mente umana ».

È appena necessario sottolineare che il programma di riforma dell'insegnamento scientifico così delineato è un'applicazione, una conseguenza, in un certo senso uno sviluppo delle vedute filosofiche di Enriques. Dalle posizioni che abbiamo or ora esposto, e ancor più forse dal felicissimo saggio sull'*Insegnamento dinamico* (1921), nel quale Federigo Enriques sviluppa in modo più dettagliato e articolato le sue idee didattiche, risulta poi evidente

una notevole affinità di pensiero e di impostazione con la corrente pedagogica dell' "attivismo", che considera l'apprendimento come una conquista, un'iniziativa dell'allievo, il rapporto docente-discente come un rapporto dinamico e dialettico. Enriques si trova perciò in una posizione ambivalente rispetto alla riforma Gentile del 1923-24: in accordo sul metodo, attivo, e sull'impostazione, storica, dell'insegnamento, in profondo contrasto sul contenuto culturale dei programmi della scuola secondaria¹, o meglio sul rapporto scienze-lettere nei nuovi programmi.

Senza entrare nei dettagli delle controproposte fatte da Enriques, a nome della "Mathesis", nel maggio del 1923, in merito agli orari degli insegnamenti scientifici nelle scuole medie, ci limitiamo a trascrivere la chiusa, appassionata e quasi drammatica, del promemoria del Consiglio direttivo della "Mathesis" a Giovanni Gentile: « Non mai come oggi i dirigenti della "Società italiana di Scienze fisiche e matematiche" sono stati sicuri di esprimere il sentimento profondo dei colleghi. Uomini che si sono consacrati alla scienza, che è per essi sostanza d'ideali e ragione di vita, sono gravemente turbati e commossi dalla minaccia di provvedimenti che, comunque traggano origine occasionale da motivi finanziari, non possono trovare in questi giustificazione, perché — mettendo l'Italia in una condizione d'inferiorità rispetto a tutti gli Stati civili — contengono i germi d'una rovina nazionale, che forse non è dato oggi di misurare ». Parole gravi, che oggi possiamo considerare, in una certa misura, profetiche, che allora però non riuscirono ad avere la necessaria risonanza, forse anche perché non avevano la necessaria efficacia, perché

¹ I programmi della scuola elementare, dovuti a Giuseppe Lombardo-Radice, danno invece rilievo, quantitativo e qualitativo, alle scienze naturali e alla matematica. È interessante confrontare le idee di Enriques con quanto scrive Giuseppe Lombardo-Radice sull'insegnamento della matematica nelle sue *Lezioni di didattica* (1^a ed. Sandron, Palermo 1910). È stata già da altri notata l'affinità tra i due pensieri; si ricordi che Giuseppe Lombardo-Radice fu uno degli idealisti che non condivisero la "svalutazione", crociana e gentiliana, delle scienze.

anche la battaglia educativa e scolastica di Enriques, così come la sua filosofia, restarono troppo di settore, non riuscirono ad assurgere a una visione e a un programma integrale, completo.

SCONFITTE E VITTORIE Dopo aver cercato, nel distacco dello studio, dell'informazione e della riflessione, un giudizio sul pensiero e l'opera filosofica di Federigo Enriques, ci sia consentito affidarci, prima di pervenire a una conclusione, al ricordo vivo del maestro. Se il contatto quotidiano con Lui dava a noi giovani vent'anni fa soltanto il senso del sereno equilibrio morale e dell'intenso pungolo intellettuale, oggi, nel ricordo fattosi adulto, la Sua figura ci appare adombrata di malinconia, di incomprendimento e forse di solitudine negli anni durante i quali avemmo la ventura di essergli vicini.

Vent'anni fa: 1937. Se il ricordo non ci inganna, ci pare che proprio nella primavera di quell'anno Federigo Enriques tentasse di dar vita a un seminario fisico-matematico, dedicato alle questioni filosofiche e metodologiche sollevate dallo sviluppo della fisica delle particelle elementari; questioni alle quali sarà dedicato in gran parte il suo ultimo volume filosofico, *Causalità e determinismo nella filosofia e nella storia della scienza* (pubblicato in francese nel 1941, in italiano nel 1946). Non ricordiamo bene i termini del dibattito della prima, affollata riunione, nell'aula a pianterreno dell'Istituto matematico, oggi intitolato a Guido Castelnuovo. Ma ricordiamo con particolare freschezza i due gruppi di scienziati che quel giorno si incontrarono, e conserviamo viva l'impressione del distacco di mentalità tra due grandi generazioni scientifiche italiane, in quel giorno e in quella discussione impersonate da Federigo Enriques e da Enrico Fermi. Sarebbe forse incauto, e inesatto, parlare di razionalismo contro empirismo, di critica dei principi contro tecnica scientifica preoccupata solo della costruzione: anche Enrico Fermi fu, a suo modo e secondo la sua natura, maestro di pensiero e non solo

di tecnica scientifica. Più prudente forse, e più giusto, parlare di una differente carica di interessi, di una differente problematica, di due generazioni, cioè di due epoche scientifiche. Da un lato, la passione intellettuale di Enriques (che era poi anche la passione di Guido Castelnuovo, di Francesco Severi, di altri grandi scienziati della generazione del Nostro) per il rapporto scienza-filosofia, per le questioni di principio collegate ai nuovi risultati conseguiti dalle scienze. Dall'altro lato, il sorriso un poco scettico di Enrico Fermi: l'impressione non già dell'incomprensione o del disinteresse in senso assoluto, ma di un interesse assai più limitato e marginale, di una prevalenza della passione sperimentale, o teorico-operativa.

Nel ricordo adulto, vediamo sul maestro l'ombra della solitudine e della sconfitta. Scarsa, come si è detto, l'influenza del suo pensiero filosofico, pur sempre vivo, in Italia, sí che quasi solo all'estero egli andava pubblicando le sue ricerche e le sue meditazioni. Profondo il distacco, il solco in Italia tra filosofia e scienza, sfiorito il rigoglio di filosofia scientifica, opera e passione di scienziati, che aveva caratterizzato i primi due decenni dell'attività culturale universitaria del Nostro; assai più vicino al formalismo logico del Peano che al razionalismo sperimentale e storico dell'Enriques il rinnovato interesse per la problematica scientifica di un gruppo di filosofi, allora agli inizi di una operosità che oggi ha dato risultati di rilievo nella filosofia e nella cultura italiane. Limitata, e sempre più di settore, l'influenza del pensiero di Enriques come storico ed educatore: molto grande tra i matematici¹, assai scarsa fuori della

¹ Lo slancio filosofico della scienza italiana tra la fine dell'Ottocento e il principio del Novecento si è assai meno esaurito tra i matematici che tra i cultori di altre discipline scientifiche; e ciò è da attribuire, a nostro avviso, all'eccezionale rilievo del pensiero di alcuni grandi matematici: Peano, Enriques, Castelnuovo, Severi ecc. Particolarmente tra i geometri, allievi dei tre maestri or ora citati, non è andato perduto l'interesse per le questioni filosofiche e storiche (si pensi a Beniamino Segre, Fabio Conforto, Guido Zappa ecc.).

“provincia matematica”. Deboli, e talvolta quasi inesistenti, le istituzioni, gli strumenti culturali necessari per lo sviluppo e per la diffusione dei campi di studio a Lui piú cari: diminuito, come si è detto, il peso culturale e formativo dell’insegnamento scientifico nelle scuole medie, inesistenti le cattedre di ruolo di storia delle scienze, di filosofia scientifica, di didattica scientifica, del tutto insufficienti gli istituti culturali necessari a queste discipline, poche le iniziative editoriali, le riviste, le riunioni, i congressi ad esse dedicate.

Abbiamo già detto quale fu a nostro avviso il limite del pensiero di Enriques, l’elemento soggettivo che contribuì alle (relative) sconfitte delle quali si è detto. Vi fu, in Enriques, una (relativa) incapacità di collegare il problema di un piú stretto rapporto scienza-filosofia a una piú vasta e organica battaglia filosofica e pratica, ideale e operativa, per la riforma della cultura e delle sue istituzioni in Italia. Questo limite interno, che fu della persona di Enriques e del movimento che egli seppe spesso rappresentare, guidare e simboleggiare, significa, certo, caducità di una serie di vedute e prese di posizione di Federigo Enriques. Ma, se pure ad essi è necessario dare diversa, organica e non parziale soluzione, i problemi che appassionarono il Nostro, che egli seppe mettere in chiara evidenza, sui quali esercitò fecondamente il suo ingegno singolare, vanno acquistando, di anno in anno, sempre maggior rilievo, vengono via via di nuovo alla luce come problemi centrali della filosofia, della cultura, della scuola italiana; sí che oggi il ritornare allo studio di Enriques, scienziato-filosofo e uomo di cultura, non è omaggio di sentimento ad un maestro non dimenticabile, ma necessità di pensiero, di opere e di lotte.

NOTA BIBLIOGRAFICA

I brani di questa antologia sono tratti da:

Sulla spiegazione psicologica dei postulati della geometria, Rivista filosofica 4, 171-95 (1901).

Il tempo [titolo nostro], in *Problemi della scienza* (Zanichelli, Bologna 1906) cap. 5: "La meccanica", §§ 3-8.

Le principe d'inertie et les dynamiques non-newtoniennes, Scientia 2, 21-34 (1907).

Il valore della scienza, discorso inaugurale dell'anno accademico 1907-08 all'Università di Bologna (11 novembre 1907); pubblicato in *Questioni filosofiche*, Formiggini, Bologna-Modena (1908).

Il principio di ragion sufficiente nella costruzione scientifica, Scientia 5, 1-20 (1909).

Razionalismo e storicismo, Scientia 5, 350-72 (1909).

Il pragmatismo, Scientia 8, 146-64 (1910).

La filosofia positiva e la classificazione delle scienze, Scientia 7, 369-85 (1910).

Scienza e determinismo [titolo nostro], in *Causalità e determinismo nella filosofia e nella storia della scienza* (Atlantica, Roma 1945) §§ 42-46. Il volume era uscito in francese nel 1941 (Hermann, Parigi).

Idée nouvelle de la raison, in *La théorie de la connaissance scientifique de Kant à nos jours* (Hermann, Parigi 1938) § 11.

SCRITTI DI
FEDERIGO ENRIQUES

SULLA SPIEGAZIONE PSICOLOGICA DEI POSTULATI DELLA GEOMETRIA

In attesa di raccogliere, in un lavoro di piú lunga mole, le ricerche d'ordine matematico, psicologico e filosofico, che da alcuni anni andiamo istituendo, intorno ai princípi della geometria, esponiamo qui brevemente le conclusioni a cui ci ha condotti lo studio dei postulati geometrici, veduti nell'aspetto genetico della psiche.

Queste conclusioni si possono fundamentalmente riassumere nel modo seguente:

Di fronte alla dottrina kantiana dello spazio *a priori*, come intuizione puramente soggettiva, Herbart ha affermato la realtà fisica dello spazio, inteso come *ordine spaziale*; Gauss, Lobačevskij e Riemann hanno posto in luce il valore contingente ed approssimato della geometria, considerata come la scienza di questo ordine fisico. E la psicologia empirica, con Bain, Taine, Delboeuf, ha tentato di risalire, per mezzo delle sensazioni e dell'associazione psicologica, dallo spazio alla rappresentazione di esso; mentre Lotze, colla teoria dei segni locali, implicante differenze specifiche fra i vari punti della pelle e della retina, aggiungeva alcuni elementi strutturali di disposizione fisioanatomica; discostandosi per altro dall'antico nativismo fisiologico del Müller e del Weber, in quanto le differenze suddette vengono concepite come differenze di relazione coi punti vicini, e viene am-

messa la necessità dell'esperienza per l'acquisto della rappresentazione locale.

I più precisi esperimenti della fisiopsicologia di Helmholtz e Wundt conducono a dare una risposta meglio determinata al problema di desumere dalle sensazioni la rappresentazione dello spazio, restando fundamentalmente nell'ordine d'idee sopra espresso.

Tuttavia la critica neokantiana mal si adagia in tale spiegazione genetica, che non rende conto in modo adeguato del sentimento di necessità insito alla intuizione matematica dello spazio. Molti fra i recenti lavori sull'argomento, che troppo lungo sarebbe riassumere e discutere, palesano la tendenza a dare maggior peso agli elementi dipendenti dalla struttura nervosa, secondo un ordine d'idee che si riattacca alle vedute del Wundt; talché si giunge talora fino ad ammettere una rappresentazione dello spazio a priori ed indipendente dalla realtà fisica dei rapporti spaziali.

Veramente occorre qui una distinzione critica, fra: lo spazio fisico (supposto conforme alla tesi realistica nella teoria della conoscenza) di cui la geometria può essere nota soltanto in via approssimata; la rappresentazione sensibile, alquanto approssimativa anch'essa, che ci formiamo dello spazio, o meglio le rappresentazioni spaziali; il concetto o i concetti che cadono sotto l'intuizione geometrica del matematico.

E di questi concetti, e dei postulati che ad essi si riferiscono, deve essere riconosciuto il carattere di fissità e di esattezza; onde all'intuizione suddetta si collega un senso d'intima necessità, che non può essere scosso dall'aver criticamente ammesso la possibilità di ipotesi diverse intorno alla costituzione fisica dello spazio.

Ma se tale riconoscimento implica una difficoltà da risolvere, sembrerebbe affatto arbitrario porre i nominati concetti intuitivi come preparati avanti ed indipendentemente dalle rappresentazioni sensibili, senza tener conto della rispondenza, sia pure approssimativa, ch'essi hanno nella realtà geometrica esteriore.

Data la distinzione, scaturisce un problema, che per noi si pone nei seguenti termini:

Desumere i concetti spaziali, che cadono sotto l'intuizione esatta del matematico, dalle rappresentazioni sensibili di cui la psicologia fisiologica mostra la genesi. Spiegare i postulati della geometria che così viene subiettivamente costruita, riattaccandone la necessità alla struttura logica del pensiero.

La spiegazione consiste in questo, che i suddetti postulati appaiono come condizioni logicamente necessarie, per la possibilità di certe associazioni, da cui hanno origine i concetti geometrici.

1.

Si può dire ormai prevalente quel modo di vedere, che attribuisce alla geometria il carattere di scienza empirica, e riconosce quindi nei postulati di essa l'espressione di una realtà fisica desunta dall'esperienza.

Due ordini di prova concorrono in appoggio di questo modo di vedere.

Da un lato la costruzione di certi sistemi logici, denominati *geometrie astratte* (quali la *geometria non euclidea*, la *geometria ad n dimensioni*, ecc.), ha posto fuori dubbio che i postulati geometrici non hanno alcuna *necessità logica*, cioè che ad essi non spetta il carattere di *assiomi*.

Da un altro lato le ricerche fisiopsicologiche sull'*acquisto delle rappresentazioni spaziali*, hanno mostrato la derivabilità di esse dalle sensazioni, ed hanno condotto Helmholtz e Clifford ad alcune riflessioni veramente suggestive, sopra le illusioni cui potrebbe andar soggetto un essere ipotetico il quale si movesse e sentisse in un diverso ambiente spaziale.

Tuttavia il modo di vedere che viene suggerito dalle menzionate ricerche, non spiega il sentimento di *necessità* (psicologica se non logica) accompagnante i postulati della geometria.

Donde trae origine questa necessità, se si ammette che i postulati vengano desunti dall'esperienza?

Si tratta, è vero, di esperienze elementarissime, tante volte ripetute; note già nell'atto del pensare, sicché non occorre di eseguirle in fatto, basta rievocarle alla mente, cioè sostituirle con esperienze ideali. Ma tutto ciò non soddisfa ancora, poiché altre esperienze invero, ad esempio quella della caduta dei gravi, sono altrettanto abituali, eppure non perdono mai il loro carattere contingente, non involgono la difficoltà psicologica di *concepire* come reale un'ipotesi contraria.

A spiegare dunque il carattere soggettivo proprio dei postulati geometrici, il modo di vedere puramente empirico non è sufficiente. La ricerca fisiopsicologica tendente a mostrare l'acquisto delle rappresentazioni spaziali per via delle sensazioni, deve essere completata da una nuova ricerca, più propriamente psicologica, la quale mostri come dalle rappresentazioni menzionate si formino i concetti a cui i postulati si riferiscono; e scopra le condizioni necessarie, dipendenti dalla struttura psichica, che alla suddetta formazione presiedono.

Si tratta insomma di derivare il concetto matematico dello spazio dalle rappresentazioni spaziali che le sensazioni hanno tratto dal mondo esterno.

2.

Anzitutto intorno all'acquisto di tali rappresentazioni, dovremo pur richiamare brevemente alcune conclusioni fondamentali.

Si ammette generalmente che tre gruppi di sensazioni: tattili, muscolari, visive, concorrano a formare, associandosi, la rappresentazione dello spazio; il che non esclude tuttavia la possibilità che altri elementi si colleghino associativamente ai nominati, e così per esempio che le rappresentazioni spaziali si connettano

anche all'udito, come abitualmente avverrebbe pei ciechi nati¹.

Della prevalenza tra rappresentazioni muscolari (volontarie) da un lato, e percettive (tattili o visive) dall'altro, non sembra a noi il caso di discutere, poich  non sappiamo concepire la " sensazione " stessa, se non come un fenomeno ad un tempo " ricettivo " ed " espressivo ".

Cos  ci accostiamo al modo di vedere di Bain, Taine, Delbœuf, sciogliendo il problema della localizzazione spaziale, col ritenere un *punto visivo* o *tattile* come determinato dall'associare le due rappresentazioni percettiva ed espressiva, che appartengono ai momenti susseguentisi del fenomeno della vista o del tatto.

Accettiamo poi (per la cute e per la retina) la teoria dei *segni locali* di Lotze, come propria a spiegare la possibilit  di distinguere due o pi  punti, l'uno dall'altro; ammettendo pure (con Henri²) una certa disposizione anatomofisiologica per cui un eccitamento periferico provoca dei movimenti riflessi conducenti l'organo tattile in prossimit  del luogo eccitato³, la quale ipotesi (se non cadiamo in inganno) si concilierebbe colla teoria dell'*onda riflessa* enunciata dal Sergi. Cos  vien dato un fondamento alla teoria associativa, la quale riceve nuove conferme dalle esperienze concernenti l'errore che si accompagna ad una determinazione puntuale⁴.

Questa teoria associativa intendiamo del resto nel suo pi  largo significato, facendo scaturire l'immagine del *punto fisico* da due immagini associate di un punto visivo e di un punto tattile.

Occorre quindi determinare quale parte spetti alle sensazioni della vista o del tatto, nell'acquisto delle varie rappresentazioni spaziali. Per il che si tratta d'interpretare i risultati delle espe-

¹ HITSCHMANN, Z. Psychol. Physiol. Sinnesorg. 3, 388 (1892).

² HENRI, *Ueber die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes* (Reuter & Richard, Berlino 1898).

³ Non importa qui a noi di discutere se, e come, questo elemento innato possa spiegarsi epigeneticamente nell'ordine d'idee di H. Spencer.

⁴ Cfr. JASTROFF, *Mind* (1886) N. 44.

rienze che, a tale scopo, furono istituite, segnatamente da Helmholtz e Wundt ¹.

Un siffatto lavoro d'interpretazione esige, a nostro avviso, una precedente analisi dei concetti spaziali che il matematico soltanto è in grado di compiere. Anzi, il matematico stesso si smarrirebbe, seguendo vedute particolari, in mancanza di un fisso criterio, a discernere, nei menzionati concetti, gli elementi costitutivi, se questi non apparissero già separati coll'evoluzione della scienza geometrica, nei vari indirizzi della *geometria proiettiva* e della *metrica differenziale*, cui sta come fondamento comune la generale *teoria del continuo* o *analysis situs*.

Le *sensazioni generali tattili-muscolari*, cioè la sensibilità della cute in genere (di cui la retina è parte), bastano a spiegare l'acquisto delle rappresentazioni della *linea*, della *superficie* eccetera, cui si legano i concetti che stanno a base della teoria del continuo.

Le rappresentazioni *metriche*, in ispecie quelle della *congruenza* o *eguaglianza geometrica* (che non deve essere confusa coll'identità logica) esigono il riferimento degli oggetti ad un *organo tattile speciale* (ordinariamente la mano) scelto come sede di paragone costante, e mobile in guisa che il suo movimento soddisfi ad alcune condizioni fisiologiche d'invarianza.

La *retta* non si rivela *immediatamente* per mezzo delle sensazioni tattili-muscolari, ma, per quel che ci sembra, solo mediatamente; giacché non troviamo in questo punto accettabile l'opinione espressa dal Wundt ², che la disposizione anatomica delle ossa sia tale da favorire a priori il movimento rettilineo ³.

¹ Cfr. ad es. WUNDT, *Grundzüge der physiologischen Psychologie* (Engelmann, Lipsia 1880) vol. 2, capp. 11 e 13.

² WUNDT, *op. cit.*, vol. 2, p. 27.

³ Vago e inesatto ci sembra poi di riguardare la retta come una « gleichförmige Innervationsreihe », secondo G. Heymans, il quale vorrebbe dedurre il postulato di determinazione della retta, applicando al detto concetto un simbolismo analitico, in un modo che ci sembra assolutamente arbitrario (cfr. HEYMANS, *Vjschr. wiss. Phil.* 12, 279 (1888)).

La *retta* ed il *piano* si distinguono invece, in modo immediato, rispetto alla vista: la *retta* perché le sue immagini retiniche sono rette, e perché ponendo l'occhio in un punto di essa è veduta come un punto solo; ed il *piano* per proprietà analoghe.

Il procedimento della visione può essere considerato come un sistema di proiezioni fatte da due centri sopra due piani. Allora le rappresentazioni visive degli oggetti appaiono come quelle che studia la geometria descrittiva. La quale dimostra appunto che le proprietà *grafiche* delle figure (legate ai concetti di *retta* e di *piano*) trovano qui una espressione immediata nelle proprietà delle immagini; mentre le proprietà *metriche* (*equidistanza...*) possono bensì essere riconosciute operando sugli elementi rappresentativi in modo opportuno, ma non si traducono immediatamente in proprietà analoghe delle proiezioni, che sono la sola cosa primitivamente data.

Riassumendo dunque diremo che l'interpretazione dei dati della psicologia fisiologica, al lume della critica matematica, conduce a concludere:

I tre gruppi di rappresentazioni che si legano ai concetti posti a base della teoria del continuo (analysis situs), della geometria metrica (o metrica-differenziale) e della proiettiva, si possono riattaccare immediatamente a tre gruppi di sensazioni: rispettivamente alle sensazioni generali tattili-muscolari, a quelle del tatto speciale e della vista.

Questo enunciato, in quanto si tratta della distinzione fra nozioni metriche e grafiche, appartiene al signor Felix Klein ¹, che guidato appunto dall'analisi dei concetti matematici cui egli stesso ha così potentemente contribuito, lo dedusse dai dati della psicologia fisiologica.

Noi abbiamo creduto di distinguere ulteriormente l'acquisto delle nozioni appartenenti alla teoria del continuo, la quale con-

¹ KLEIN, Math. Ann. 37, 544.

tiene dei concetti che solo recentemente formarono oggetto di una critica matematica indipendente ¹. E così abbiamo ritrovato, nella generale sensibilità tattile-muscolare, un sostrato comune pei due ordini di rappresentazioni spaziali, l'ordine spaziale piú intrinseco, se cosí è lecito esprimersi; riaccostandoci (secondo ci sembra) al modo di vedere di Bain.

3.

I limiti imposti al presente lavoro non ci consentono di giustificare piú ampiamente, discutendo le particolari esperienze che avemmo in vista, le conclusioni sopra enunciate, da cui vogliamo muovere alla ricerca psicologica già innanzi dichiarata. Ma, se non cadiamo in inganno, le stesse spiegazioni intorno alla genesi dei postulati che andremo svolgendo, costituiranno una conferma del modo di vedere sopra brevemente riassunto. Dobbiamo soltanto mettere in luce una considerazione essenziale.

Sta a fondamento della teoria associazionista, cui abbiamo aderito, la decomposizione delle sensazioni complesse corrispondenti alle immagini della linea, della superficie, eccetera, in sensazioni elementari *puntuali*. Ora in due modi diversi si può ricostruire per esempio l'immagine della linea, data la rappresentazione del punto: in un modo *genetico*, quando cioè si consideri la linea come una serie di punti successivi; in modo *attuale*, quando la linea sensibile sia data come insieme, le rappresentazioni *simultanee* di tutti i punti di essa fondendosi in un'unica rappresentazione complessa. Se le due rappresentazioni, genetica ed attuale, si uniscono in un concetto unico della linea, si deve considerare che questo avvenga per un fatto di associazione; in nessun modo le due rappresentazioni sensibili potrebbero con-

¹ Cfr. ENRIQUES, R. C. Circ. mat. Palermo 12 (1898).

fondersi all'infuori di qualche caso limite in cui la generazione della linea avvenga con velocità grandissima.

La linea in senso attuale è data piuttosto come ente di divisione o come limite della superficie che come serie di punti. Anzi dalla divisibilità in parti della linea scaturisce una nuova rappresentazione del punto, che si associa poi coll'immagine immediata del corpuscolo o punto fisico a formare il concetto *matematico del punto*. Similmente abbiamo una rappresentazione attuale della superficie corrispondente alla sua proprietà di limitare una regione di spazio, cui si lega poi la proprietà di separare i punti che si trovano dall'una e dall'altra parte di essa; sebbene il riconoscimento di tale separazione implichi veramente rappresentazioni successive.

Qui trova posto la questione relativa alla percettibilità dello spazio a tre dimensioni. Si deve riguardare la rappresentazione dello spazio soltanto come genetica o anche come attuale? Relativamente al tatto, è chiaro che si può avere soltanto un'immagine genetica dello spazio, per mezzo del movimento di una superficie, la quale sia attualmente percepita per adattamento alla superficie dell'organo, per esempio la mano, messo in relazione coll'oggetto.

Lo stesso può dirsi della vista, sebbene qui non si abbia egualmente il comune consenso¹. La percezione visiva attuale, tanto rispetto ad un occhio solo, come rispetto ad ambedue gli occhi, non può dare nulla di più della superficie. Soltanto vi è, tra i due casi, una differenza notevole. Nella visione monoculare l'immagine di una superficie piana non si distingue da quella di una superficie curva, se non tenendo conto della variazione dell'immagine stessa per rapidi movimenti dell'occhio. Quando invece una superficie è data alla visione binoculare, resta stabilita fra le due retine una corrispondenza la quale è in relazione al rilievo

¹ Degli autori più recenti, citeremo fra coloro che ammettono una rappresentazione attuale dello spazio a tre dimensioni i signori Ch. Dunan, C. Stumpf, e fra coloro che la negano il signor WUNDT, *op. cit.*

della superficie stessa; vi è dunque un elemento di sensazione attuale pel quale la superficie curva si distingue dalla piana.

La distinzione riposa precisamente sul fatto che la corrispondenza fra le due immaginazioni retiniche di una superficie piana è una corrispondenza *proiettiva*¹. Ammettiamo dunque che la vista, come il tatto, conducano a rappresentazioni diverse in relazione alle superficie piane o curve, ma non ammettiamo, neppure rispetto alla vista, la rappresentazione attuale delle tre dimensioni; abbiamo soltanto, colla vista, una rappresentazione genetica che, per così dire, piú si avvicina alla attuale, rispondente ad una successione di corrispondenze retiniche. A chi si figurasse una sovrapposizione di due immagini superficiali susseguentisi molto rapidamente, rispondiamo che, o la rapidità sarà inferiore alla rapidità di accomodamento degli occhi (che esige il riferimento delle due retine) e le immagini saranno percepite come successive, o sarà maggiore e la visione diverrà confusa.

Gli argomenti in contrario al modo di vedere espresso, addotti dal signor Stumpf², in ispecie quelli d'ordine matematico, si aggirano in un circolo vizioso, dappoiché dove si tratta di decidere se sia possibile una rappresentazione attuale dello spazio a tre dimensioni, l'Autore la suppone implicitamente data, quando vuol desumerla dal considerare le relazioni (*esterne*) di una superficie con ciò che è fuori di essa.

A dirimere le divergenze e i dubbi inerenti alla questione, crediamo utile d'insistere su questo punto essenziale: che una superficie curva ed una superficie piana, anche considerate soltanto nelle loro proprietà interne, prescindendo dalle relazioni esterne, dànno luogo a rappresentazioni proiettive diverse, in un sistema di proiezioni bicentrali.

Sono soltanto queste differenze che abbiamo in vista quando

¹ Cioè tale che ai punti di una retta corrispondono i punti di una retta.

² STUMPF, *Ueber den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung* (Lipsia 1873) passim e spec., pp. 177 sgg.

paragoniamo le rappresentazioni delle due superficie, senza tener conto delle sensazioni inerenti al passaggio dall'una all'altra.

4.

Dopo queste premesse, rivolgiamoci a studiare la formazione dei concetti matematici di *linea* e di *superficie*, in quanto essi appaiono definiti relativamente alla teoria del continuo.

Riteniamo come dati della struttura psichica: la legge d'associazione; le leggi logiche, espresse dagli assiomi della logica deduttiva; l'ordine temporale (*prima e poi*), indipendentemente da qualsiasi nozione della *durata* (quest'ultima apparendo un elemento acquisito). Né vogliamo discutere qui se questi elementi psichici strutturali siano prodotti di un'esperienza accumulata da successive generazioni e tramandata per eredità, o invece espressione delle elementari leggi biomeccaniche ancora ignote. Non nasconderemo tuttavia la nostra preferenza per quest'ultimo modo di vedere conforme alle idee dei neokantiani.

La linea considerata in se stessa rispetto alla teoria del continuo, appare come "una serie di punti disposti di un ordine continuo ed invertibile". Questo concetto matematico della linea si può derivare associativamente nel modo che ci proponiamo appunto di mettere in luce.

In primo luogo consideriamo più rappresentazioni genetiche della linea (serie di punti *successivi*), ed associamole all'ordine temporale; l'associazione può essere fatta in due modi diversi sicché risulterà indifferente la disposizione della serie lineare in un ordine o nell'inverso. Si ha così l'*invertibilità* dell'ordine lineare che costituisce, secondo Herbart¹ e Bain, la differenza fondamentale tra questo e l'ordine temporale.

¹ Cfr. HERBART, *Lehrbuch der Psychologie*, in *Werke*, vol. 5 (Voss, Lipsia 1851) sez. 2, p. 121, n. 176.

Resta a render ragione della continuità della linea; la quale si enuncia con due postulati.

Il primo postulato dice: fra due punti di una linea vi è sempre qualche punto intermedio. Esso non può esprimere una proprietà contingente di alcuna serie di sensazioni puntuali; infatti fra due punti A, B assai vicini (l'intervallo essendo ridotto alla soglia della sensibilità) non si può intercalare un punto C , senza che nasca una sovrapposizione e fusione delle sensazioni A, B, C in una nuova.

Bisogna scorgere dunque, nel postulato anzidetto, l'espressione del fatto che il concetto della linea è capace di rappresentare tutte le serie puntuali empiricamente date. Perciò ad un'immagine empirica l della linea, ove siano segnati i punti vicinissimi A, B , deve potersi sostituire mentalmente un'altra immagine l' i cui punti vengano pensati in una corrispondenza biunivoca coi punti di l ; e l' può sempre essere scelta in modo che fra i punti A', B' omologhi ad A, B interceda qualche altro punto fisico sensibilmente distinguibile.

Così per esempio, se si pensano due rette l, l' riferite mediante una proiezione che accorci i segmenti di l' , l'idea che tra due punti A, B vicinissimi, sopra l , interceda qualche punto intermedio, viene suggerita dalla visione della l' sopra cui le proiezioni A' e B' dei punti A, B non sono più così vicine; e ciò in forza della corrispondenza stabilita fra le due linee, per cui le rappresentazioni di esse si associano in un unico concetto della retta.

Riconosciamo dunque che " il postulato sopra enunciato esprime una condizione necessaria, per la possibilità di associare tutte le rappresentazioni genetiche della linea in un concetto ".

Una tale associazione non involve per altro la necessità del secondo postulato, che più propriamente esprime l'idea matematica della continuità (interna) della linea.

La serie dei punti razionali d'una retta potrebbe rappresentare, egualmente bene come la retta completa, tutte le serie puntuali empiricamente date.

La continuità della linea come la si intende oggi (forse i Greci non ne ebbero un'adeguata nozione) sembra esigere, per essere riconosciuta, un procedimento trascendente di limite addirittura inesplicabile. Almeno questo procedimento trascendente non si saprebbe evitare quando si volesse desumere la continuità dalle sole rappresentazioni genetiche della linea. Noi crediamo che si debba qui invocare l'associazione delle suddette rappresentazioni genetiche della linea colle rappresentazioni attuali.

Questa associazione implica, come già abbiamo avvertito sopra, che il concetto stesso del punto colleghi due rappresentazioni diverse, quella che nasce dal corpuscolo o punto fisico, e quella che si riattacca alla divisibilità in parti della linea. Ebbene il postulato della continuità, sotto la forma di Dedekind, esprime e precisa appunto questo: Se una linea è divisa in due parti, per modo che tutti i punti dell'una parte precedano a tutti i punti dell'altra, in un ordine della linea stessa, esiste un punto di divisione. Vi è qui, come si vede, una condizione per la possibilità di associare in un solo concetto le due menzionate rappresentazioni del punto.

5.

Passando al concetto della superficie, lo possiamo derivare anzitutto dall'unire insieme tutte le rappresentazioni genetiche che di ogni superficie si ottengono, ove si pensi alla generazione di essa col movimento di una sua linea variabile.

L'idea di porre siffatta generazione a base di una teoria del continuo a due dimensioni, appartiene al Riemann ¹, che informò le sue vedute alla filosofia dello Herbart.

Ma più tardi fu rilevato che (se si vuole prescindere da ogni determinazione metrica delle linee generatrici e direttrici) una sola

¹ Si confronti il suo immortale *Habilitationsschrift*, Gottinga 1854; cfr. *Abh. Göttingen* 13 (1868).

generazione della varietà a due dimensioni, conducente a due fasci di linee unisecantisi sopra di essa, non basta ad esprimere tutto ciò che si riattacca nella nostra mente all'idea del continuo a due dimensioni, giacché non permette di stabilire una corrispondenza biunivoca continua fra due tali varietà o (ciò che è lo stesso) di riferirle ad una varietà numerica. E noi abbiamo avuto occasione di stabilire che all'uopo occorre postulare due generazioni diverse col movimento della medesima superficie, cioè l'esistenza di tre fasci di linee a due a due unisecantisi¹.

Rileviamo ora come questo postulato enuncia in sostanza la condizione perché il concetto della superficie implichi almeno due rappresentazioni genetiche in esso associate.

Se poi si tien conto che alle rappresentazioni genetiche si uniscono insieme, nel concetto della superficie, le rappresentazioni attuali, riconosciamo l'esistenza di altre condizioni che debbono tradursi in nuovi postulati della teoria del continuo.

Anzitutto l'associazione suddetta implica il legame fra le due immagini della linea come punteggiata e come ente di divisione della superficie. E di qui scaturiscono i postulati inerenti alle relazioni esterne, in particolare alla *continuità esterna* della linea, sopra la superficie. Tuttavia le proposizioni che esplicano in forma precisa siffatte relazioni non sono ancora messe in luce completamente dalla critica matematica, giacché a siffatta ricerca si collega una difficoltà intrinseca: ogni generazione della superficie, cioè ogni serie di linee data su di essa, porta una relazione nuova a cui il concetto di linea deve soddisfare. Pertanto i limiti fra certe serie puntuali di una superficie e le *linee* di essa nel senso della parola che corrisponde alla intuizione, non sono stati ancora esattamente tracciati.

Questa indeterminatezza sussistente tuttavia in ordine al concetto generale della linea (considerata nel suo aspetto esterno),

¹ Cfr. ENRIQUES, *loc. cit.*

non toglie per altro che si possano definire in modo preciso innumerevoli classi di linee particolari. E per queste linee, tenendo conto dell'associazione fra l'immagine genetica e quella attuale, come ente di divisione della superficie, si ottengano i postulati esprimenti le relazioni esterne. Così ad esempio se ci riferiamo alle linee rette considerate sopra una superficie piana, avremo come condizione per l'associazione suddetta il postulato di Pasch, il quale annuncia appunto in forma logica che " la retta divide il piano in due parti ". E, tenuto conto della proprietà della retta di essere determinata da due punti (la cui spiegazione si desumerà dalla genesi del concetto di retta) riconosceremo quindi che la continuità interna, espressa dal postulato di Dedekind, porta anche di conseguenza la sua continuità esterna (rispetto ad una qualsiasi generazione rettilinea del piano).

Ma ritornando ad esaminare le condizioni per l'associabilità delle due immagini, attuale e genetica, della superficie; e guardando ora, anziché alle relazioni interne della superficie, alle sue relazioni esterne, vi scorgiamo la condizione espressa dal postulato delle tre dimensioni dello spazio. Ed infatti il significato delle tre dimensioni consiste nella proprietà della superficie di separare i punti che cadono dall'una e dall'altra parte di essa. Veramente, abbiamo già avvertito che il riconoscimento di una tale separazione implica il confronto di rappresentazioni successive. La rappresentazione attuale di una superficie è piuttosto l'immagine di un limite; così per esempio la superficie (opaca) che io guardo, o la superficie (resistente) che io tocco, corrispondono alla sensazione di limitare un certo movimento dell'organo; insomma la superficie rappresentata si presenta con una sola faccia, e l'idea della superficie che ha due facce e separa due regioni di spazio implica già l'associazione di due rappresentazioni attuali. Comunque, il postulato della divisione dello spazio, per mezzo di una superficie, risulta sempre dalle condizioni associative, perché possano unirsi insieme, in un concetto, le varie immagini

attuali e genetiche della superficie. Analogamente a quel che si è detto innanzi, il postulato assume forma determinata in relazione a classi particolari di superficie e di linee, e così per esempio si ha il postulato della divisione dello spazio in due parti per mezzo del piano, postulato cui si lega ordinariamente l'idea delle tre dimensioni dello spazio.

Ora si può vedere che una rappresentazione attuale dello spazio, di cui abbiamo negato la possibilità, non è affatto necessaria per desumere i postulati caratterizzanti il continuo a tre dimensioni. Data infatti una generazione del continuo stesso, col movimento di una superficie variabile, la possibilità di varie generazioni lineari della superficie implica di conseguenza che si abbiano diverse generazioni del continuo spaziale, e quindi che esso possa riguardarsi come una varietà numerica a tre dimensioni ¹.

6.

Abbiamo mostrato come i postulati che stanno a base della teoria del continuo costituiscano condizioni per la possibilità di unire associativamente, nei concetti della linea e della superficie, le varie rappresentazioni genetiche ed attuali che vi si collegano. La nostra critica ha in pari tempo posto in luce una certa indeterminatezza di quei concetti generali, dipendente dalla loro relatività, per cui si manifesta necessaria una costruzione progressiva, la quale ponga innanzi alcune linee e superficie particolari, e muova da queste ad estendere via via i concetti già definiti.

Questa necessità lascia scorgere, in un certo senso, l'ufficio di quella evoluzione, per cui le sensazioni particolari della vista e del tatto speciale si differenziano dalla generale sensibilità tattile-muscolare, in ordine all'acquisto delle rappresentazioni di spazio.

¹ Cfr. ENRIQUES, *loc. cit.*

Il procedimento della visione mette innanzi, fra tutte le linee, la retta; ed unisce nel concetto di essa due rappresentazioni ben distinte: distinte fra loro e dalle altre rappresentazioni lineari.

La retta si palesa infatti, come linea non passante pel centro della visione, le cui proiezioni sono rette, e come linea passante pel centro suddetto, che, veduta da un occhio, dà come immagine un punto solo.

Ora l'associazione di queste due rappresentazioni suppone la proprietà caratteristica che "la retta sia determinata da due punti". Infatti questo postulato, data l'esistenza di una linea che sia veduta da ogni punto di essa come un punto, si traduce nel principio logico d'identità; e da ciò precisamente proviene il sentimento di necessità, accompagnante il postulato stesso.

Quanto si è affermato può giustificarsi come segue:

Guardando dal punto A il punto B , definiamo il raggio visuale AB come l'insieme dei punti la cui immagine cade nel punto B' immagine di B ; questo insieme è veduto da un punto esterno come una retta, e perciò dal punto B come un punto; dunque, intanto, la retta o raggio visuale AB non si distingue dalla BA :

$$AB \equiv BA.$$

Ora se C è un punto della retta AB , guardato da A deve dare come immagine B' , e quindi, per la definizione del raggio visuale, sarà

$$AB \equiv AC.$$

Se poi D è un altro punto della retta, combinando le due proposizioni precedenti si trova ($AB \equiv AC \equiv CA \equiv CD$):

$$AB \equiv CD.$$

Questa proposizione esprime precisamente che una retta è in egual modo determinata da due qualunque A, B o C, D , dei suoi punti.

Con un ragionamento del tutto analogo, si riconosce che il *postulato del piano*, " il piano contiene la retta che ne congiunge due punti arbitrari ", esprime la condizione necessaria perché possano associarsi, in un concetto, le due rappresentazioni della superficie piana; quella del piano non passante pel centro di vista (cui si lega nella visione binoculare una corrispondenza *proiettiva* fra le due retine); e quella del piano passante pel centro di vista, che è veduto (con un occhio solo) come una retta.

Così i postulati della geometria proiettiva sono riconosciuti come condizioni necessarie, per l'associazione di certe rappresentazioni visive, da cui hanno origine i concetti della retta e del piano.

7.

Rivolgiamoci ora ai postulati propri della geometria metrica, enuncianti le proprietà dell'*eguaglianza* o *congruenza* geometrica, e del *movimento*. Essi possono distinguersi in due classi:

1) Postulati che esprimono la possibilità e il grado di indipendenza del movimento dei corpi solidi o dell'organo tattile, cui spetta anche *subiettivamente* carattere contingente: tenuto fisso un punto di una figura, un altro punto può descrivere una superficie; tenuti fissi due punti, un altro punto generico può descrivere una linea; tenuti fissi tre punti generici, il movimento della figura non è più possibile.

2) Postulati esprimenti le proprietà *riflessiva*, *simmetrica* e *transitiva* della congruenza (cioè $A = A$; se $A = B$, $B = A$; se $A = B$, $B = C$, $A = C$).

Questi ultimi postulati assimilano, nella forma, la congruenza geometrica all'*eguaglianza* o *identità* logica, tantoché la distinzione stessa rimase oscura fino a questi ultimi tempi, ed i postulati anzidetti furono ritenuti come assiomi logici.

Per quanto ci è noto, spetterebbe ad Helmholtz il merito di

avere scorto che questi postulati della congruenza esprimono alcune proprietà del movimento dei corpi solidi (in relazione all'organo tattile); e tali proprietà furono più recentemente raccolte da Klein, Lie, Poincaré, nell'enunciato: i movimenti considerati come trasformazioni puntuali dello spazio formano un gruppo (serie di trasformazioni componibili ed invertibili).

Ora dato che i postulati della congruenza, obiettivamente riguardati, hanno, al pari degli altri postulati della geometria, un valore empirico, come si spiega il sentimento eminente di necessità subiettiva che li accompagna?

Siano AB , CD due coppie di punti fisici, equidistanti, e poniamo per esempio che la distanza dei suddetti punti di una coppia sia di *tre dita*.

Ponendo le tre dita fra A , B e fra C , D , si avranno due sensazioni successive che differiscono per la *posizione* in cui è stato collocato l'organo tattile, ma che hanno qualche cosa di comune, inerente all'invarianza dell'organo stesso nel passaggio dall'una all'altra posizione. Le rappresentazioni delle due coppie AB , CD non sono identiche, ma possono associarsi per quello che hanno di comune in una unica rappresentazione concettuale di *distanza*. Ora quando enunciamo la equidistanza

$$AB = CD$$

intendiamo esprimere ad un tempo una identità e una non identità; la possibilità di subordinare le due rappresentazioni ad una sola in ordine a certe *relazioni*, e la distinzione di esse rispetto ad *altre relazioni*.

Che cosa implica dunque la genesi del concetto di equidistanza, che sta a fondamento della congruenza geometrica?

Un'astrazione ed un'associazione, la quale riunisce sotto un certo aspetto due rappresentazioni; ed i postulati della congruenza riferiti alla rappresentazione (concettuale) unificata si traducono immediatamente nel principio d'identità.

Ecco perché tanti sforzi della critica occorsero a scorgere il vero valore di questi postulati, mentre vi si oppone lo stesso nome di “eguaglianza”, cui solo recentemente si sostituisce da alcuni la denominazione di “congruenza”.

8.

Abbiamo tenuto conto fino ad ora delle condizioni associative che sottostanno alla genesi dei concetti geometrici, in ordine ad un solo gruppo di sensazioni, tattili o visive. Questi hanno il comune supporto nei concetti derivati dalla sensibilità generale, e perciò dànno origine a due geometrie, una geometria tattile ed una visiva, che si riferiscono al medesimo continuo a tre dimensioni, cioè al medesimo spazio.

Gli sviluppi matematici, particolarmente quelli della seconda metà del secolo appena compiuto, indicano fino a che punto possano svolgersi le due geometrie sopra menzionate; onde si può dire che col tatto (generale e speciale) costruiamo una geometria *metrica*, e colla vista una *proiettiva*, riferentisi alla medesima varietà di punti (lo spazio).

Non pertanto queste due geometrie si associano nella nostra mente in un solo ordine di rapporti spaziali, e ciascuno dei sensi ci dà per associazione la percezione mediata dei suddetti rapporti.

Una tale associazione implica alla sua volta dei nuovi postulati. Giacché invero si potrebbero costruire, in una varietà a tre dimensioni, due geometrie astratte, convenzionali, ponendo a base dell'una un sistema lineare ∞^3 di superficie denominate “piani”, a base dell'altra un gruppo ∞^6 di trasformazioni denominate “movimenti” dotato di certe proprietà; e queste geometrie, formalmente identiche alla proiettiva e alla metrica ordinaria, non avrebbero tra loro, *a priori*, alcuna relazione.

Volendo ricercare le condizioni associative cui abbiamo accen-

nato, esaminiamo per esempio il modo come la “retta” può essere rappresentata, nella rappresentazione tattile dello spazio.

La *retta tattile* si può riguardare indifferentemente come “linea piú breve tra due punti” (filo teso), o come “linea che resta immobile quando si fa muovere attorno a due suoi punti tenuti fissi”, ed ambedue queste rappresentazioni della retta ci sembrano mediate.

L'associazione della retta visiva (o raggio visuale) e della retta tattile, in un unico concetto della retta, determina la relazione fondamentale fra le due geometrie, proiettiva e metrica, di cui abbiamo spiegato l'acquisto; giacché essa porta ad unificare le due geometrie in una metrico-proiettiva, nel senso ben noto ai matematici.

Ma intorno all'associazione suddetta giova osservare, che essa unirebbe due rappresentazioni d'ordine diverso, l'una immediata e l'altra mediata, sicché il postulato che ne esprime la condizione dovrebbe avere, per cosí dire, un carattere di minor evidenza, cioè esigere un maggiore sforzo ad essere riconosciuto.

Per valutare se questo sia, alla stregua dei fatti, paragoniamo i due enunciati “ il raggio visuale è la linea piú breve tra due punti ” e il “ il raggio visuale rimane immobile quando se ne tengono fissi due punti ”. Il primo appare meno evidente del secondo. Eppure fra le due rappresentazioni della retta tattile, che riguardiamo entrambe come mediate, quella che corrisponde al “ filo teso ” è però certo piú immediata di quella che si lega alla proprietà della retta riguardata come asse di una rotazione.

Ma, esclamerà qualcuno, che la retta resti immobile quando ne sono tenuti fissi due punti è una conseguenza logica del postulato visivo di determinazione della retta!

Questa esclamazione *erronea*, che pur si affaccia subito alla mente, ci addita la genesi del postulato che abbiamo in vista, mostrandoci sotto quale aspetto il postulato si palesi subiettivamente necessario. Il sottinteso nell'affermazione precedente è che “ una

linea eguale ad una retta sia una retta”, ed in ciò appunto sta il valore del postulato che permette l'unificazione metrico-proiettiva; nell'aspetto obiettivo esso enuncia il fatto fisico che “la luce si propaga secondo la linea piú breve”; nel subiettivo esprime la condizione necessaria perché si possa trasportare associativamente la relazione della congruenza geometrica dandole significato rispetto alla vista.

L'associazione tattile-visiva viene qui a corroborare la illusione per cui la congruenza viene scambiata colla identità logica, giacché per essa la congruenza o eguaglianza tattile si manifesta come una particolare *proiettività*, che sarebbe, per così dire, l'*eguaglianza visiva*.

La congruenza geometrica viene in tal modo ad implicare una identità per rispetto alle relazioni spaziali *interne* appartenenti alle figure, tanto nell'ordine tattile come nel visivo. Non sarebbe giusto però di definire la congruenza come una semplice identità di siffatte relazioni interne, giacché senza il riferimento a qualche cosa di esterno (l'organo tattile o l'unità di misura) non si vedrebbe come distinguere la congruenza dalla similitudine.

9.

Una geometria metrico-proiettiva in un continuo a tre dimensioni non costituisce ancora un sistema geometrico determinato, poiché diverse ipotesi sono ancora possibili in ordine al *parallelismo*, dipendentemente dal valore di una costante cui si è dato il nome di *curvatura* dello spazio. La denominazione impropria (come da vari autori è stato avvertito) non significa già una relazione dello spazio con qualche cosa di esterno, bensí una proprietà interna di chiarissimo significato fisico (differenza da due retti della somma degli angoli di un triangolo divisa per l'area). Secondoché la curvatura dello spazio si suppone positiva, negativa

o nulla, si hanno le geometrie non euclidee o rispettivamente la geometria euclidea, caratterizzata dal noto postulato *delle parallele*.

L'esperienza conferma la verità del postulato delle parallele, nei limiti delle approssimazioni raggiungibili; ma, appunto pel suo carattere necessariamente approssimato e ristretto entro una determinata regione dello spazio, non può dimostrare la rigorosa validità della geometria euclidea. L'intuizione subiettiva attribuisce invece al postulato delle parallele un valore incondizionato, se pure nei tentativi fatti per la dimostrazione di esso (tentativi che pur dovevano abortire, come sono infatti abortiti) si può scorgere una prova della minore evidenza che il postulato stesso presenta in confronto ad altri.

Si deve ricercare la ragione della accennata necessità subiettiva nella genesi del concetto che ci formiamo delle "rette parallele".

Esso deriva dall'associare due rappresentazioni immediate, ciascuna delle quali, separatamente considerata, non implica il postulato: la rappresentazione visiva di "due rette di un piano che non s'incontrano", e la rappresentazione tattile di "linee equidistanti". La condizione di possibilità è che "due rette di un piano non incontrantisi sieno equidistanti"; la quale proposizione enuncia appunto (o contiene) il postulato delle parallele.

Riconosciamo dunque che *l'associazione tattile-visiva la quale porta ad unificare la geometria metrica e la proiettiva dello spazio, in un sistema metrico-proiettivo, determina anche (unendo insieme due rappresentazioni delle parallele) la natura euclidea del sistema stesso; porta cioè a spiegare la necessità subiettiva del postulato delle parallele¹, che pure, fisicamente riguardato, è, fra tutti i principî della geometria, il meno sicuro.*

¹ La suddetta necessità subiettiva è a torto disconosciuta da alcuni matematici che sono entrati nelle vedute della geometria non euclidea. Si impone, a questo proposito, una distinzione critica, che ci sembra giustamente scorta dal signor HEYMANS, loc. cit.

10.

Le conclusioni della nostra critica si possono riassumere dicendo:

I postulati della geometria, a prescindere da quelli che enunciano la possibilità del moto, aventi solo carattere contingente, appaiono come condizioni necessarie per certe associazioni che sottostanno alla genesi dei concetti geometrici. Il sentimento di necessità subiettiva che li accompagna, scaturisce dalla applicazione delle leggi logiche ai suddetti concetti, così associativamente generati.

È inutile soggiungere che una tale spiegazione toglie sempre più ogni valore alla pretesa di chi vuole estendere la necessità dei postulati all'ordine fisico dello spazio, nel quale (a render possibili le menzionate associazioni) basta che essi trovino una rispondenza approssimativa. Mentre essa concilia, in un certo senso, i due modi di vedere, critico ed empirico; quando la critica non voglia arrestarsi alla tesi kantiana, in questo punto ormai oltrepassata, e l'empirismo si sollevi dal puro fatto esterno della sensazione al riconoscimento di una struttura logica del pensiero, che ne interpreta e ne coordina i dati.

IL TEMPO

Tempo: successione e durata

Di due sensazioni o di due gruppi di sensazioni (fenomeni) noi avvertiamo che l'uno è *prima* e l'altro *poi*, oppure che essi sono *contemporanei*. L'intuizione che esprimiamo colle parole "prima e poi" porge un criterio ordinativo dei fenomeni in una serie (*successione temporale*).

Parlando di due fenomeni *A, B*, e di altri due *C e D*, noi possiamo anche comparare l'*intervallo di tempo* passato fra *A e B* e quello fra *C e D*, dicendo che essi sono *uguali* o che l'uno è *maggiore* dell'altro. Questo giudizio ci conduce ad un apprezzamento quantitativo, cioè ad una *misura* del tempo o della *durata*.

È chiaro che la misura delle durate, ove sia stabilita, involge il criterio della successione temporale. Ma all'opposto *la nozione del prima e del poi non ci fornisce alcun criterio per confrontare due intervalli di tempo che non abbiano un principio (o un termine) comune*.

Tempo psicologico e tempo fisico

I giudizi di tempo, sia di successione, sia di durata, possono riferirsi a diverse serie *fenomeniche*; nello stesso modo come i

giudizi relativi alle lunghezze possono istituirsi relativamente a diverse serie di corpi che vengano comparati come linee. Ogni serie fenomenica ci porge in questo senso una *scala temporale*, dove è dato almeno il prima ed il poi, e dove può esser fornito un criterio comparativo delle durate.

Il concetto astratto del tempo sorge per associazione ed astrazione da quello di tutte le possibili scale temporali.

Il tempo astratto, che pensiamo come *tempo fisico*, costituisce dunque la *supposizione* di una scala temporale nella quale hanno posto tutti i *fenomeni possibili*, a differenza del *tempo fisiologico* o *psicologico* che è la scala di tutti i *fenomeni percepiti*.

La supposizione del tempo fisico implica in particolare:

- 1) la possibilità di associare le rappresentazioni temporali relative ad osservatori diversi;
- 2) la possibilità di associare le rappresentazioni temporali relative a luoghi diversi.

L'accordo delle rappresentazioni associate, e la conseguente verifica delle previsioni che ne scaturiscono, metterà in luce il *carattere reale del tempo*.

Si abbiano tre fenomeni *A, B, C*, e tre osservatori, uno dei quali osservi *A* e *B*, il secondo *B* e *C*, il terzo *A* e *C*. Se il primo osservatore trova che

B succede ad *A*,

il secondo che

C succede a *B*,

si può prevedere e si verifica di fatto che per il terzo osservatore

C succede ad *A*.

Questo è il significato dell'accordo fra le rappresentazioni temporali di uomini diversi, e si vede chiaro come vi sia implicita la possibilità di associare più scale temporali relative ad essi in una unica scala relativa ad un osservatore ipotetico.

L'associazione delle rappresentazioni temporali relative a luoghi diversi incontra una difficoltà nel fatto seguente: talune sensazioni che associamo pensandole come inerenti ad un fenomeno localizzato, le quali si presentano contemporanee ad un osservatore sul luogo del fenomeno, si presentano invece come successive ad un osservatore che si trovi in un luogo diverso. Così per esempio la luce e il suono relativi alla scarica di un fucile.

A rendere possibile l'associazione suaccennata interviene quindi una ipotesi, cioè che le fasi parziali di un fenomeno, successive nello spazio, siano anche successive nel tempo (*tempo di propagazione*). E questa ipotesi è suffragata dall'esperienza relativa ai fenomeni che si riflettono sul luogo iniziale.

Pertanto, affinché si possa stabilire un'associazione delle rappresentazioni temporali relative a luoghi diversi occorre:
o trovare un fenomeno che si propaghi istantaneamente;
o correggere l'apprezzamento empirico della contemporaneità dei fenomeni in luoghi diversi, mediante la misura del tempo di propagazione.

Prescindendo dalla misura, di cui parleremo tra poco, la propagazione quasi istantanea della luce (o della elettricità) serve in pratica a stabilire l'associazione voluta.

Ma il concetto della contemporaneità così posto non è rigoroso, ed anzi contiene un errore apprezzabile; infatti è noto che Roemer in base a considerazioni astronomiche, e Foucault con una diretta esperienza sulla terra, hanno misurato la velocità della luce (circa 300 000 km/s), la quale si è trovato poi esprimere anche la velocità di propagazione delle onde elettriche.

A prescindere dunque dal criterio della misura, la successione temporale viene così resa indipendente dallo spazio soltanto nell'ordine d'approssimazione indicato dalla velocità della luce; in quest'ordine d'approssimazione, molto elevato rispetto alla pratica ordinaria, si possono agevolmente verificare sulla terra le previsioni concrete a cui conduce l'ipotesi di tale indipendenza.

Proprietà della successione temporale

Le proprietà dell'ordine che concepiamo come tempo fisico ci vengono imposte da condizioni associative delle varie scale temporali possibili.

Se prendessimo una sola scala costituita da una serie fenomenica periodica, questa ci darebbe una rappresentazione del tempo come di un *ordine chiuso*; ma la varietà delle nostre sensazioni nel loro complesso c'impone di considerare il tempo come un *ordine aperto*, il quale si estende poi indefinitamente nei due sensi colla supposizione di fenomeni possibili, successivi o precedenti a quelli delle serie date. Le serie fenomeniche periodiche si lasciano quindi associare per contemporaneità alle serie non periodiche, dando a ciascun fenomeno di esse una serie di posti ripetuti.

La *continuità dell'ordine temporale* è un'ipotesi relativa al concetto del tempo fisico, cui siamo indotti dal voler associare in una scala temporale astratta tutte le scale temporali possibili, e segnatamente quelle che tengono alla rappresentazione genetica delle diverse *serie lineari* di punti tattili o visivi. Il *tempo psicologico non è continuo*, perciocché sono *momenti* di esso tutti i fenomeni percepiti l'uno dopo l'altro, i quali si presentano in una *serie numerata*.

Durata

La nozione di un ordine secondo cui i fenomeni si succedono non esaurisce il contenuto della nostra conoscenza del tempo. Generalmente vi si aggiunge una determinazione metrica della *durata*, che è anzitutto relativa alla serie fenomenica presa come scala temporale.

Un criterio della misura del tempo ci viene dato generalmente

da ogni serie di fenomeni acustici o visivi, che si succedano ad intervalli distinti, ma assai frequenti da riempire tutto il campo psicologico dell'attenzione; l'apprezzamento quantitativo delle durate relativamente alle serie suddette è fornito dal *contare* le pause.

In una serie visiva continua, per esempio nella serie d'impressioni che corrisponde al tracciamento di una linea descritta da un punto mobile, si può stabilire una misura delle durate associando gli intervalli di tempo agli archi descritti dal punto mobile, i quali si misurano secondo le loro lunghezze.

I criteri anzidetti, riferentisi ad una o ad un'altra serie fenomenica presa come scala temporale, porgono una *misura* del tempo puramente *relativa*; le misurazioni fornite da serie acustiche o visive diverse non sono comparabili fra loro. La misura istituita riferendosi convenzionalmente ad una serie particolare serve soltanto a stabilire un piú preciso modo di previsione del prima e del poi, entro la serie scelta come scala di riferimento.

Mediante una misura convenzionale del tempo possiamo far corrispondere i successivi istanti ai valori di una variabile t esprimente l'intervallo di tempo trascorso a partire da una certa origine.

Se al posto di t si prende una *funzione crescente arbitraria*

$$\tau = f(t)$$

si ha un'altra misura convenzionale del tempo, la quale può avere un qualche significato concreto per riguardo ad un'altra scala temporale opportuna.

Di fronte a questo concetto della misura del tempo, puramente relativo alle diverse serie di fenomeni successivi, sta la veduta, che Newton ha accolto sotto l'influenza della filosofia medioevale, di un *tempo assoluto* indipendente dai fenomeni,

nel quale è dato un *criterio* di confronto vero o *matematico delle durate*.

Questa veduta è giustamente combattuta dal Mach, con ragioni storiche, psicologiche e linguistiche ¹.

A noi basta riscontrare in essa il medesimo modo d'intendere trascendentalmente il processo dell'astrazione, che già abbiamo piú volte criticato.

Se dunque il tempo assoluto si deve riconoscere privo di senso, dovrà anche conchiudersi che la misura del tempo è puramente relativa?

A questa conclusione sembra affermarsi la maggior parte dei critici geometri; così ad esempio P. Volkmann ², e, per quanto vediamo, se pure meno esplicitamente, vi aderisce il Mach, ove confronta la misura del tempo a quella della temperatura.

A dirimere l'arbitrarietà della sostituzione

$$\tau = f(t),$$

che figura nella misura del tempo, s'invoca una scelta convenzionale della scala di riferimento, misurando gl'intervalli di tempo come proporzionali agli spazi percorsi da un mobile su cui agiscano forze. Si prende così il *principio d'inerzia* non più come esprime un rapporto tra forza, moto e tempo, ma come una *definizione del tempo*. La quale, si badi bene, non può ridursi in ogni modo ad una pura *convenzione* perché implica un *fatto supposto*: "se due mobili, non soggetti a forze, compiono contemporaneamente due spazi, *a*, *b*, essi compieranno del pari contemporaneamente spazi proporzionali ad *a* e *b*".

¹ MACH, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 4ª ed. (Brockhaus, Lipsia 1901) pp. 232-37.

² VOLKMANN, *Einführung in das Studium der theoretischen Physik* (Teubner, Lipsia 1900). Cfr. anche l'articolo di POINCARÉ, *La mesure du temps*, che leggiamo nel volume testé comparso *La valeur de la science*. Potrà sembrare strano che certe considerazioni sviluppate in questo libro per giustificare la conclusione nominalistica, si assomiglino a taluni degli argomenti che noi abbiamo adoperato collo scopo opposto. Ma il motivo fondamentale della differenza sta nella veduta trascendente del filosofo francese, a cui si contrappone lo spirito della nostra critica.

Questa è ad ogni modo una veduta troppo ristretta dei fatti che trovansi impliciti nella ordinaria misura del tempo. E basti notare che codesta misura è anteriore alla scoperta del principio d'inerzia!

Il senso comune accorda una *misura naturale del tempo* cui attribuisce in confuso un valore fisico proprio.

Quale significato può darsi a codesta opinione, quando sia eliminata dalla domanda ogni concetto trascendentale di un tempo indipendente dai fenomeni?

Paragoniamo la nozione della misura del tempo a quella delle temperature e a quella delle lunghezze.

Il tempo, come la temperatura, come l'arco di una linea o (in particolare) il segmento di una retta, può essere rappresentato da una variabile numerica t crescente in un dato verso.

Ogni funzione crescente $f(t)$, presa in luogo di t , conduce egualmente nei tre casi a rappresentare la successione ordinata dei tempi, delle temperature o delle lunghezze lineari; e si possono costruire un *orologio*, un *termometro*, e un *metro convenzionali*, rispondenti ad una scelta arbitraria della funzione $f(t)$.

Per l'orologio basta riferirsi ad un istrumento fondato sul movimento opportunamente vario di un lapis sopra un quadrante, il quale indichi *durate uguali* in rispondenza ad intervalli di tempo per cui la funzione $f(t)$ riceve *accrescimenti uguali*. Per il termometro basta che le dilatazioni della sostanza termometrica siano apprezzate sopra una scala in cui si segnino come *accrescimenti di temperatura uguali* quelli corrispondenti ad *uguali accrescimenti* di $f(t)$; questi accrescimenti di temperatura convenzionalmente uguali saranno d'altronde in diverso rapporto cogli aumenti di volume della sostanza termometrica, secondo la natura della sostanza prescelta. Quanto al metro, se ne potrà foggare uno convenzionale, secondo la condizione fissata, servendoci di

un *filo elastico graduato*, diversamente teso nelle sue varie parti, ove per altro si dispongano le cose in guisa che un tratto qualunque del filo venga sempre ad essere teso nel medesimo modo allorché con un movimento riprenda la medesima posizione.

Ora i vari termometri convenzionali rappresentano ugualmente bene le nostre sensazioni di aumento di temperatura; infatti la sensazione che proviamo nel passaggio da 0 a 1 gradi e quella relativa al passaggio da 20 a 21 gradi, rispetto ad un ordinario termometro a mercurio, non hanno nulla di comparabile, onde, se un altro termometro c'indichi il secondo aumento come doppio del primo, non abbiamo nella sensazione alcun criterio per preferire l'una all'altra fra le due indicazioni.

Ma lo stesso non possiamo dire dei vari metri convenzionali possibili. Infatti uno solo fra questi metri, quello costituito da un *filo solido inestendibile*, si accorda colle sensazioni della *lunghezza lineare* fornite dall'organo tattile. Noi riguardiamo perciò quel metro come *misuratore naturale delle lunghezze*, e riconosciamo che la possibilità di questo modo di misura suppone un *fatto generale*, cioè la *proprietà d'invarianza dei corpi solidi* rispetto all'organo tattile, e degli uni rispetto agli altri, *nel movimento*.

Ora che cosa diremo dell'orologio? Esiste un orologio le cui indicazioni rispondano ad una sensazione di durata relativa a certe serie fenomeniche nettamente distinte che abbiamo in vista allorché parliamo di una *misura naturale del tempo*? E vi è qualche fatto generale che si esprima col reciproco accordo delle indicazioni fornite dalle scale temporali suddette?

Insomma, oltre alla sensazione inerente al contare le pause in una qualsiasi serie di fenomeni distinti, esiste una sensazione della durata relativa a serie fenomeniche *isocrone*, che possa confrontarsi alla sensazione tattile della lunghezza, o invece non si trova nella durata alcun significato sensibile proprio, come accade per la quantità dell'aumento di temperatura?

Rispondiamo alle domande precedenti:

Noi abbiamo la *sensazione del ritmo* di certe serie acustiche che denominiamo *isocrone*; le varie serie di suoni che sentiamo come isocrone ci porgono misure del tempo confrontabili l'una col'altra, portano cioè, sebbene in limiti di sensazione ristretti, ad un medesimo apprezzamento delle *durate uguali*, e quindi ad una medesima *misura naturale del tempo*.

Che l'udito ci porga un apprezzamento assai preciso dell'isocronismo, e che vi sia accordo nella sensazione del ritmo musicale, è un fatto incontestabile, almeno per rispetto agli orecchi esercitati alla musica.

Si può dubitare tuttavia che si tratti di una sensazione originaria dell'udito, piuttostoché del risultato di un'associazione con certi movimenti muscolari, i quali in una serie di successive ripetizioni tendono ad effettuarsi regolarmente.

Tutti sanno che i musicisti ricorrono ad un processo di questo genere allorché si tratta di *battere il tempo*. E l'isocronismo dei movimenti lentamente ripetuti della mano o del piede è forse in connessione col ritmo di certe funzioni organiche e segnatamente del polso.

Si potrebbe dire pertanto che l'orecchio ci porge la nozione dell'isocronismo, e quindi delle durate, per associazione col senso muscolare, come analogamente l'occhio ci fornisce la nozione delle lunghezze per associazione coi dati del tatto.

Ma qualunque veduta si abbia intorno a ciò, resta sempre che "mediante una serie di movimenti ripetuti, accompagnati da suoni, possiamo stabilire una misura del tempo, nella quale gli uomini si accordano in limiti stretti ma abbastanza precisamente, come dinanzi ad un oggetto di sensazione propria della durata".

E poiché alle sensazioni di durata si riferiscono di continuo previsioni avverate, possiamo parlare della *durata* come di *qualcosa di reale*.

Ogni orologio le cui indicazioni rispondano alla sensazione an-

zidetta, dovrà dunque riguardarsi come un *misuratore del tempo fisico*, a differenza di un altro orologio convenzionale qualsiasi. E per mezzo di un tale orologio noi avremo quindi il mezzo di *estendere la misura naturale del tempo* al di là dei limiti ristretti a cui ci costringe il ricorso ad una serie musicale isocrona.

L'accordo fra le sensazioni di durata già ci assicura un certo accordo fra gli orologi graduati naturalmente; ma un accordo *piú preciso*, ove si riscontri, costituirà un fatto generale che ci proponiamo di riconoscere.

Il postulato della misura del tempo

Nell'estendere l'apprezzamento comparativo delle durate al di là dei limiti della sensazione primitiva, seguiamo la medesima via che si suole percorrere in questioni analoghe.

Partiamo dalla supposizione che l'*uguaglianza delle durate* esprima un *carattere reale* dei fenomeni, *entro limiti piú precisi* di quelli fissati dalla sensazione immediata. Allora siamo indotti a supporre che questa uguaglianza debba riscontrarsi per tutti quei fenomeni svolgentisi in determinate *condizioni costanti*, che riattacchiamo a *cause uguali*.

Sebbene una supposizione siffatta sia priva di un senso rigoroso, essa ci conduce direttamente a ricercare:

- 1) se fenomeni producentisi in certe *condizioni simili*, praticamente costanti, che riguardiamo come effetti di cause *sensibilmente uguali*, abbiano durate uguali rispetto alla sensazione d'*isocronismo*;
- 2) se fenomeni siffatti, confrontati al di là dei limiti della sensazione diretta, conducano ad un medesimo apprezzamento delle durate uguali;
- 3) se l'eventuale disaccordo che si riscontri nella verifica della supposizione 2) non possa rendersi sempre piú piccolo, elimi-

nando progressivamente per quanto sta in noi talune disegualianze notevoli dei fenomeni ritenuti uguali.

Le supposizioni che rispondono alle domande 1), 2) e 3) costituiscono il *postulato fondamentale della misura del tempo*, a cui facciamo appello direttamente o indirettamente nella costruzione e nella correzione degli orologi. L'accordo degli orologi così costruiti, entro i limiti in cui è possibile ottenerlo, costituisce la verifica del postulato stesso; la verità del postulato può tenersi ipoteticamente come *rigorosa*, fino a che non si riscontrino *errori sistematici*, ma soltanto *errori accidentali* che tendano ad eliminarsi nella media.

Cerchiamo di apprezzare l'estensione del postulato introdotto.

A tale scopo riflettiamo che:

1) Sulla terra si ottiene già un primo accordo sensibile dei vari orologi a sabbia e ad acqua e piú generalmente di quelli fondati sulla costanza del peso. E un accordo piú preciso può essere raggiunto una volta riconosciuto coi mezzi anzidetti l'isocronismo delle piccole oscillazioni del pendolo, tostoché questo principio venga assunto come supposizione fondamentale nella costruzione degli orologi a pendolo.

2) Le osservazioni astronomiche c'inducono a ritenere uguali certi intervalli di tempo in cui si compiono fenomeni di movimento quasi periodici; per esempio ad ammettere la costanza del giorno siderale, del mese, dell'anno, eccetera.

Ed i vari criteri di misura così ottenuti si accordano assai precisamente colla misura degli orologi terrestri e piú precisamente fra loro; inoltre l'accordo ottenuto può sempre rendersi piú preciso mercé opportune correzioni e confronti, secondo il postulato fondamentale.

È veramente notevole che il grado di esattezza delle verifiche accennate giunga ad un limite praticamente rigoroso, e non è affatto strano che piccole differenze si manifestino nelle misure fornite dagli orologi, quando si rifletta alle tante cause di varia-

zione delle circostanze ritenute uguali: la variabile temperatura che influisce sulla caduta dell'acqua o della sabbia attraverso un piccolo foro o sulla lunghezza del pendolo, e di cui non si riesce bene a compensare gli effetti; le cause stesse che possono modificare la gravità in un dato luogo della terra; le condizioni del sistema planetario, lentamente mutabili all'infuori delle variazioni periodiche; la variazione dello stesso universo astronomico che riteniamo come condizione costante!

Chiariti i fatti supposti nella misura del tempo, crediamo ancora opportuno avvertire che non si sarebbe in alcun modo autorizzati a ritenerli come *verità necessarie*. Due clessidre si sono vuotate una volta in modo contemporaneo, come escludere a priori che in un'esperienza successiva una di esse non si vuoterà prima dell'altra?

Contro la possibilità dell'ipotesi si addurrebbe invano il sentimento di *evidenza* che accompagna il postulato della misura del tempo. Infatti tale evidenza viene soltanto a ciò che *il postulato esprime la condizione necessaria perché la durata possa essere associata ad altri dati sensibili nel concetto di un fenomeno*; ma il verificarsi di codesta condizione costituisce propriamente il fatto, sperimentalmente riconosciuto, di cui si tratta: *la realtà obiettiva della durata*.

Sulla indipendenza del tempo dal luogo

Ammettiamo il postulato analizzato nel precedente paragrafo; la misura del tempo riesce stabilita *in un dato luogo*, per modo che la variabile "tempo" resta fissata in ogni istante a meno di una sostituzione lineare intera:

$$\tau = at + b.$$

Le costanti a , b dipendono da due scelte convenzionali arbitrarie: cioè dalla scelta dell'unità di misura, e dalla scelta dell'istante iniziale.

Per paragonare due durate *in luoghi diversi* A , B si presentano due criteri:

- 1) il *trasporto* di un dato fenomeno nello spazio conformemente al postulato della misura del tempo; per esempio il trasporto della clessidra o dell'orologio a pendolo eccetera, fatta attenzione alle circostanze correttive come per esempio la variazione della gravità;
- 2) la *segnalazione* in B del principio e del termine di un fenomeno svolgentesi in A , per mezzo della luce o dell'elettricità eccetera. In questo giudizio il tempo di propagazione scompare, attesoché esso possa ritenersi costante conformemente al postulato del precedente paragrafo, purché non vari la distanza fra A e B .

Che i due criteri di confronto si accordino nel medesimo giudizio sulle durate uguali in luoghi diversi, si può ritenere implicito nello stesso postulato anzidetto, congiunto alla supposizione geometrica fondamentale delle simmetrie fenomeniche (omogeneità dello spazio), ma soltanto sotto la condizione che A e B trovinsi *in quiete relativa*, e dopoché si sia verificato che l'intensità del fenomeno non influisce sulla velocità di propagazione.

Immaginiamo una doppia segnalazione reciproca da A in B e da B in A , per esempio mediante la luce; i due tempi di propagazione debbono, a condizioni pari, ritenersi uguali per ragione di simmetria. Possediamo quindi il mezzo di misurare direttamente il tempo di propagazione impiegato da A in B , tutte le volte che la segnalazione possa riflettersi su A ; basta dimezzare l'intervallo trascorso dalla partenza al ritorno dell'onda luminosa o elettrica eccetera.

Su questo principio è fondata la misura della velocità della luce fornita dalle esperienze di Foucault.

Ora è chiaro che perveniamò quindi a fissare, in modo teoricamente preciso quanto si vuole, il giudizio di contemporaneità in luoghi diversi, sempre sotto la condizione di quiete relativa.

Ben inteso l'accordo sperimentale dei diversi giudizi che così possono ottenersi costituisce un fatto; ma la supposizione di questo è da ritenersi contenuta nel postulato della misura del tempo.

Dunque in virtù di quel postulato fondamentale si può:

- 1) giudicare della uguaglianza di durate in luoghi diversi A , B ;
- 2) giudicare in essi della contemporaneità di due fenomeni; purché A e B sieno in quiete relativa.

Tanto basta a *trasportare la medesima rappresentazione numerica del tempo stabilita per un luogo A in ogni altro luogo B che trovisi in quiete relativa rispetto ad A .*

In ciò consiste *l'indipendenza del tempo dal luogo*. Ma si tratta di una *indipendenza relativa*.

Se B vari rispetto ad A , cresca cioè o diminuisca la distanza AB , il criterio della segnalazione (ottica, elettrica ecc.) non permette piú di fissare la simultaneità degli istanti iniziali; ove si adotti semplicemente codesto criterio, come se A e B fossero fissi, si troverà nella rappresentazione del tempo una costante *addittiva locale*, che potrà essere avvertita soltanto ove sia possibile di ricorrere all'altro criterio del trasporto, cioè coll'invio di un orologio da A in B .

Ma vi è di piú. Nelle circostanze predette, il criterio della segnalazione non varrà neppure a stabilire l'uguaglianza di due durate relative a fenomeni svolgentisi rispettivamente in A e B ; il tempo sarà ancora affetto da una costante *locale moltiplicativa*.

Insomma, *trattandosi di luoghi in moto relativo, e data l'impossibilità del trasporto di un orologio da un luogo all'altro, il tempo resta determinato a meno di una sostituzione lineare*

$$\tau = at + b,$$

dove a e b sono costanti locali dipendenti dalle velocità relative.

Questa idea del tempo locale ha un ufficio importante nella teoria elettro-magnetica di Lorentz e nei recentissimi sviluppi di Poincaré.

IL PRINCIPIO D'INERZIA E LE DINAMICHE NON NEWTONIANE

In un articolo apparso nel primo numero di "Scientia", Émile Picard ha iniziato a poco a poco i lettori ai concetti della meccanica procedendo per approssimazioni successive. Seguendo lo stesso procedimento io scrivo queste pagine, in cui riprendo un argomento che ho già trattato nel mio libro *Problemi della scienza*¹.

Il principio d'inerzia, che sta alla base della meccanica classica, solleva gravi difficoltà ogniqualvolta lo si sottoponga a un'approfondita analisi. Innanzi tutto il suo significato stesso è legato al concetto di *movimento assoluto*, il quale, benché creato da Newton, non potrebbe piú soddisfare le esigenze critiche moderne; e inoltre è difficile stabilire quale sia la funzione della ipotesi d'inerzia in rapporto allo sviluppo della dinamica newtoniana.

Perché sia possibile il tentativo di costruire una *meccanica relativa e locale*, in cui il movimento sia considerato in relazione a un punto di riferimento (mobile) qualsiasi, bisogna fare astrazione dal mondo esterno. Allora, una parte della meccanica classica resta invariata: e precisamente la statica e la dinamica del moto iniziale.

¹ Vedi capp. 5 e 6. Vedi anche LEVI-CIVITA, *Le idee di Enriques sulla matematica*, Riv. Fil. Sci. affini (1907).

La continuazione del moto non potrebbe essere concepita se non introducendo un'ipotesi in cui si tenga conto della *solidarietà* del nostro riferimento con il mondo esterno. Per velocità molto piccole e per brevi durate del moto, questa ipotesi si riduce a una prima approssimazione a un principio, che racchiude in sé quello d'inerzia, e che noi chiamiamo *principio d'inerzia generalizzato*.

È il principio che sta alla base della dinamica newtoniana; ed è noto che quest'ultima si può verificare con notevole precisione attraverso le osservazioni planetarie, quando cioè si stabilisca un rapporto fra il movimento e le stelle (quasi) fisse.

A questo punto, è molto naturale che sorga un dubbio: il principio newtoniano non sarà, anche in questo caso, soltanto una verità approssimativa?

Allora, lo studio dei fenomeni in cui intervengono velocità maggiori richiederebbe forse qualche modifica, e bisognerebbe sostituire l'inerzia con un'ipotesi di *solidarietà* più complessa, dando così luogo a una dinamica non newtoniana. È proprio questo dubbio che io tento di chiarire confrontando le dinamiche non newtoniane con alcune recenti teorie fisiche (elettromagnetismo, raggi catodici, ecc.), in cui una spiegazione meccanica che dipenda dai postulati di Newton sembra smentita dai fatti.

Le esperienze elementari e il principio d'inerzia

Di solito non s'incontra nessuna difficoltà nel far accettare il principio d'inerzia a quelli che incominciano lo studio della meccanica.

Consideriamo una biglia appoggiata su un piano orizzontale: noteremo facilmente che essa è in equilibrio, qualunque sia la posizione in cui si trova, e diremo semplicemente che essa non

è sollecitata da alcuna forza. Discuteremo fra poco questa interpretazione; per ora accettiamola e seguiamo nella descrizione dei nostri esperimenti. Diamo una piccola spinta alla biglia: questa si metterà in movimento e tale movimento si protrarrà per un certo tempo, ma sempre, prima o poi, si arresterà.

Ma, quanto più si è riusciti a diminuire l'attrito, tanto più la biglia mantiene la velocità acquisita con la spinta iniziale. Ne consegue che, se non ci fosse attrito, la velocità si manterrebbe rigorosamente invariata e di conseguenza la biglia non si arresterebbe mai.

Questa conclusione al limite è giustificata da altre considerazioni. Se si sostituisce il piano orizzontale con un piano inclinato, si avrà una forza costante che agisce sulla biglia appoggiata, non importa in quale punto, sul piano. In questo caso la biglia, abbandonata a se stessa o sollecitata da una piccola spinta iniziale, si muoverà scendendo con una velocità sempre crescente, e l'aumento della velocità (vale a dire l'accelerazione) sarà proporzionale alla forza che agisce sulla biglia (il suo peso ridotto in misura proporzionale all'inclinazione del piano).

Ma, se si ritiene di poter interpretare questi esperimenti postulando un'esatta proporzionalità tra la forza e l'accelerazione che essa produce, se ne deduce che, al limite, quando il piano raggiunga la posizione orizzontale e non vi siano più forze che agiscono sulla biglia, la velocità di questa si manterrà costante; così il principio d'inerzia ci appare come la forma limite della legge di interdipendenza tra l'accelerazione e la forza, quando quest'ultima si annulla. Ed è proprio questa l'origine storica del principio d'inerzia, che Mach ricorda nel suo classico studio sullo sviluppo della meccanica. Per stabilire un legame fra il concetto teorico dell'inerzia e il fatto materiale del movimento della biglia su un piano orizzontale, si è dovuto ricorrere all'attrito, attribuendo così un'influenza attenuata a certe cause ri-

tardatrici del movimento che agiscono con maggiore efficacia quando la biglia si muove su una superficie non liscia.

Facciamo astrazione dall'attrito; ciò significa che sostituiamo all'esperimento reale un esperimento ideale diverso, in cui il piano è perfettamente liscio. Ma, anche in questo caso, sorgono nuove difficoltà concettuali, quando ci si rappresenta il movimento della biglia come se dovesse continuare indefinitamente sulla nostra superficie orizzontale. Infatti, se teniamo conto della rotondità della terra, siamo obbligati a scegliere tra due ipotesi: o la superficie data non è un piano (avvicinandosi a quella di una sfera che abbia lo stesso centro del nostro pianeta) o, se questa superficie è piana e perfettamente liscia, la biglia si troverà in equilibrio solo in un punto ben determinato, cioè nel punto piú basso della superficie stessa (nel punto piú vicino alla terra).

Non c'è da meravigliarsi di queste conclusioni. L'esperimento elementare da cui siamo partiti si riferisce a un corpo soggetto alla gravità; questa forza, è vero, è controbilanciata dalla resistenza della superficie su cui si trova appoggiata la biglia, e per conseguenza è possibile in prima approssimazione trascurarla e trattare la biglia come un punto materiale che non sia soggetto ad alcuna forza; ma sarebbe strano invece se questa semplificazione ipotetica rispondesse a tutte le condizioni che possono presentarsi proseguendo indefinitamente l'esperimento.

È sufficiente aver abbandonato la concezione geocentrica del mondo per avere la certezza che, a questo punto, è necessaria una nuova correzione, cioè che occorre procedere a un'ulteriore astrazione, sostituendo la biglia con un punto materiale molto distante da tutti gli altri. Con questa ipotesi eliminiamo le forze che agiscono sul punto (se si concepiscono queste forze come azioni della materia circostante, che divengono molto deboli quando quest'ultima si allontana); e ci trasportiamo quindi in una situazione semplice, in cui siamo portati ad ac-

cettare per vero il *principio d'inerzia*, che enunceremo nel modo seguente: *un punto materiale molto lontano da tutti gli altri si muove in linea retta con una velocità uniforme.*

L'inerzia e il movimento assoluto

Abbiamo visto attraverso quali astrazioni successive siamo arrivati a postulare il principio d'inerzia che sta alla base della meccanica classica. Ma sarà opportuno chiedersi quale senso si possa attribuire al postulato così stabilito. Questa analisi è tanto più necessaria in quanto qualsiasi astrazione, svuotando le parole del loro significato abituale, rischia di portare a proposizioni che non significano più nulla.

Giudichi il lettore da questo esempio!

Nell'esperienza della biglia, il movimento era stato considerato in rapporto alla terra; si era parlato quindi di *movimento relativo*. Ma il principio d'inerzia, considerato come un postulato generale della dinamica, non potrebbe più mettersi in rapporto con questo movimento relativo.

Per convincersene, non occorre neppure sviluppare certe conseguenze della dinamica teorica e dimostrare coi fatti che esse sono in contraddizione con le esperienze¹; chiunque abbia abbandonato la concezione geocentrica del mondo, avrà a priori la certezza che non c'è alcuna ragione per cui il principio d'inerzia debba esprimere una proprietà del moto rispetto alla terra piuttosto che al sole o a un'altra stella qualsiasi; e tuttavia i corpi celesti si trovano in moto relativo gli uni rispetto agli altri, cosicché il principio d'inerzia non dovrebbe poter regolare nello stesso modo il moto di un punto materiale rispetto a questi diversi punti di riferimento.

¹ Alludiamo soprattutto agli esperimenti sul pendolo di Foucault, e alla deviazione orientale dei corpi lanciati lungo la superficie della terra.

È noto come Newton si sia tolto d'imbarazzo. Infatti la sua concezione, la dinamica, di cui la legge d'inerzia costituisce uno dei principi fondamentali, prevede il *movimento assoluto*, concepito in relazione allo spazio immobile; è questo spazio, e non i corpi che si muovono nel suo interno, che costituisce il sistema di riferimento del moto.

Questa concezione ripugna oggi alla nostra mente, anche se si trovano ancora dei filosofi arretrati che la sostengono; se ne trovano sempre per difendere ogni sorta di idee che la critica ha condannato!

Da un punto di vista pratico basterà notare che il movimento assoluto è definito in modo tale che è impossibile *immaginare* un esperimento mediante il quale lo si possa riconoscere; non c'è bisogno d'altro per affermare che si tratta di un moto privo di significato reale.

Il "moto" non può esprimere che la variazione relativa dei corpi, gli uni rispetto agli altri.

Che cosa diventa allora il principio d'inerzia?

Per comprenderlo, converrà seguire il procedimento delle correzioni successive, fino a isolare questo principio dalle esperienze elementari che abbiamo ricordato più sopra. In prima approssimazione, prendiamo in considerazione il movimento rispetto alla terra, che considereremo immobile; si otterrà un'approssimazione successiva tenendo conto del movimento della terra rispetto al sole e alle stelle.

Se prendiamo le stelle come sistema di riferimento, otterremo allora il vero significato che acquista il principio d'inerzia quando ci si solleva al di sopra del punto di vista geocentrico; e questo principio ci apparirà soltanto come una legge sperimentale meglio approssimata di quella che avevamo stabilito rispetto alla terra, e non certo come una legge rigorosa; infatti, considerando le stelle immobili si trascurano i loro movimenti relativi, che però acquistano una considerevole importanza se

si proseguono le osservazioni per un periodo di tempo sufficientemente lungo.

Queste considerazioni, lo so bene, non potrebbero soddisfare certi spiriti matematici che cercano nelle nostre conoscenze qualcosa di assoluto ad esse estraneo. E anche per sfuggire alle conclusioni della critica precedente, è stato inventato un certo corpo, rispetto al quale il movimento dovrebbe soddisfare esattamente al principio d'inerzia.

Questa invenzione, d'altronde, riconferma un'ipotesi che nulla potrebbe giustificare; si pretende, cioè, di attribuire alla dinamica una validità assoluta, al di là di ogni possibile esperienza.

Ma non basta certo inventare un nome per far progredire la nostra scienza! Di questi corpi che dovrebbero sostituire l'assoluto della dinamica newtoniana, noi non sappiamo nulla, salvo che, se esistessero, dovrebbero conservare un orientamento costante rispetto alle stelle, e ciò nello stesso ordine di approssimazione in base al quale è consentito considerare immobili le stelle.

La sola conclusione positiva a cui possiamo fermarci è dunque la seguente. Dall'interpretazione di certe esperienze elementari effettuate sulla terra, e dal confronto di certi dati astronomici, si è portati a pensare che il principio d'inerzia, che già esprime una legge approssimativa del moto rispetto alla terra, possa esprimere una legge meglio approssimata qualora si riferisca il movimento a un altro sistema di riferimento che conservi un orientamento costante rispetto alle stelle; e che l'approssimazione sarà tanto più grande quanto meno sensibili saranno i movimenti relativi delle stelle (molto lontane) a cui ci si riferisce.

Rispetto a un tal sistema di riferimento, un corpo, che si possa considerare come un punto materiale isolato, si muove in linea retta con una velocità uniforme.

È quello che si osserva effettivamente sui corpi celesti: il

movimento dei pianeti soddisfa già al principio, per un certo tempo abbastanza breve; le stelle di cui possiamo osservare i movimenti soddisfano alla stessa legge con notevole precisione; e infatti si tratta qui di corpi molto piú lontani di tutti gli altri, che soddisfano meglio alle condizioni poste.

Ecco tutto ciò che resta del principio d'inerzia: una legge approssimativa il cui grado di approssimazione, almeno per ciò che riguarda la verifica diretta, dipende evidentemente dal fatto che le distanze reciproche delle stelle sono molto grandi rispetto alle loro velocità e al periodo di tempo in cui noi seguiamo i loro movimenti relativi.

Funzione del principio d'inerzia: principio d'inerzia generalizzato

Ma non basta esaminare i fatti che sono espressi direttamente dall'ipotesi d'inerzia. Bisogna anche individuare la funzione di questa ipotesi rispetto ai fondamenti della dinamica classica, e trarre le conseguenze che ne derivano.

Secondo Newton, vi sono due postulati distinti della dinamica, che egli enuncia sotto il nome di prima e seconda legge. La prima è la legge d'inerzia; la seconda afferma che la forza è proporzionale all'accelerazione da essa prodotta, e che il coefficiente di proporzionalità è la massa del corpo mobile (considerato come un punto materiale).

La critica moderna rimprovera a Newton di aver enunciato un postulato superfluo; così, secondo Mach, la prima legge esprime soltanto un caso particolare della seconda, cosicché non vi è alcun motivo per considerarla indipendentemente dall'altra.

Questa è l'opinione di eminenti geometri; ma io non mi sento di condividere il punto di vista troppo matematico che

l'ispira. In effetti, da un punto di vista fisico, non mi sembra che la legge della proporzionalità fra la forza e l'accelerazione, così come Newton l'ha concepita, possa essere interpretata estensivamente, come si fa se si considerano *forze che agiscono su punti mobili*.

Non dubito affatto che Newton abbia concepito la sua seconda legge, non come una *definizione dinamica* della forza (secondo la concezione dei nominalisti moderni), ma come una ipotesi di fatto il cui significato era legato alla *definizione statica* della forza. Ma se così fosse, questa seconda legge non potrebbe riguardare altro che il *movimento iniziale*, e sarebbe necessario introdurre un'altra ipotesi che permettesse di ricondurre la continuazione del movimento a questo caso elementare.

Si direbbe che questa sia la funzione del postulato d'inerzia nel pensiero di Newton. Avendo concepito le *forze come azioni istantanee a distanza*, egli ha dovuto pensare la sua prima legge come equivalente al seguente principio: in ogni istante, il movimento di un punto materiale dato continua in modo tale che la posizione e la velocità da esso raggiunte in un istante successivo sono le stesse che quel punto avrebbe raggiunto, se fosse stato arrestato, e poi lasciato partire da uno stato di quiete, sotto l'azione di forze che lo sollecitassero nella posizione in cui si trova, e aggiungendogli la velocità che si suppone di avergli tolta.

È sottinteso che le forze che sollecitano un punto in stato di quiete si misurano staticamente, ed è necessario aggiungere che, nell'ipotesi precedente, si suppone che, arrestando il punto materiale in movimento, non si spostino però i corpi concepiti come origine delle forze che agirebbero su di esso.

In realtà, il postulato enunciato più sopra non è affatto equivalente alla prima legge di Newton, se non si ammette che le forze siano prodotte da azioni istantanee della materia a una qualsiasi distanza; ma queste sono le sole forze che Newton

abbia preso in considerazione. Pertanto, se si vuole esprimere completamente ciò che Newton ammette, in parte senza dichiararlo esplicitamente, conviene sostituire alla sua prima legge il postulato enunciato piú sopra, e che potremo designare col nome di "principio d'inerzia generalizzato".

Espressa in questa forma, si vede chiaramente qual è la funzione dell'ipotesi introdotta: si tratta di ricondurre la *continuazione del movimento alla legge elementare del movimento iniziale*. E, da questo punto di vista, tutte le osservazioni sui movimenti dei pianeti confermano il principio mediante una verifica indiretta, che tuttavia ha un grado di approssimazione straordinariamente elevato ¹.

Dinamica relativa nella sfera di Jules Verne

La validità del principio d'inerzia generalizzato dipende strettamente dal sistema di riferimento rispetto al quale si considera il movimento; per esempio, la verifica astronomica di cui parlavamo or ora presuppone un sistema di riferimento che conservi un orientamento invariabile rispetto alle stelle fisse, e questa verifica viene a mancare quando, ad esempio, il movimento dei pianeti viene riferito alla terra considerata come invariabile.

Ora possiamo proporci la seguente questione. Trasportiamoci con il pensiero nella sfera di Jules Verne, il cui moto relativo rispetto alle stelle ci è ignoto. Le esperienze che possiamo effettuare direttamente nel nostro campo d'azione ci insegnano

¹ Lo scarto massimo dalla previsione teorica basata sulle ipotesi newtoniane corrisponde a un angolo di 8", pari alla metà di 1" di tempo, per il movimento di Mercurio durante un secolo. Per gli altri pianeti, lo scarto angolare non è superiore a 2". Per la luna raggiunge i 15" (1" di tempo) in due secoli e mezzo. Vedi TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, vol. 4, cap. 29.

che esiste una *dinamica relativa* alla sfera, allorché il movimento venga considerato in relazione a questo sistema di riferimento.

E quale sarà la differenza fra questa dinamica relativa e la dinamica newtoniana, in cui il sistema di riferimento (praticamente invariabile rispetto alle stelle) è considerato come assoluto?

La risposta ci è data da un teorema noto come il teorema di Coriolis: nella sfera si otterrà immediatamente una "statica" del tutto analoga alla statica ordinaria; e inoltre si potrà verificare la legge della proporzionalità fra accelerazione e forza, concepita come una legge del *movimento iniziale*: solo la continuazione del movimento non si effettuerà più secondo le leggi newtoniane, cioè il principio d'inerzia generalizzato non si applicherà più a questo caso.

Questa conclusione discende da un'analisi matematica molto semplice; ma la sua interpretazione implica considerazioni abbastanza delicate: bisogna tener ben presente che la misura statica della forza ha anch'essa un significato relativo, e bisogna tener conto delle forze, generalmente variabili, che sollecitano un punto materiale trasportato in una posizione qualunque del nostro campo d'azione; d'altronde queste forze possono essere determinate con una analisi opportuna, senza uscire dalla sfera.

È esattamente questo il procedimento che viene seguito per ricostruire la dinamica sulla terra, in cui esiste un campo di forze costanti dovute alla gravità.

Dicevo che il principio d'inerzia generalizzato cade in difetto, quando si tratta di dinamica relativa. Sofferziamoci su un esempio che riproduce, ingrandite, le condizioni della dinamica terrestre.

Supponiamo che la nostra sfera ruoti molto velocemente intorno a un asse. Per rendersi conto direttamente di questa rotazione, occorrerà aprire una finestra attraverso la quale sia possibile osservare le stelle. Se non potessimo usare questo mezzo,

potremmo constatare la forza centrifuga tendente ad allontanare tutti i corpi dall'asse; ma questa stessa forza potrebbe essere definita in molti modi diversi, anche in una sfera che non ruoti affatto: basterebbe, ad esempio, aver usato cariche elettriche, eccetera. La semplice ricerca statica non serve a stabilire la differenza tra i due casi. Ce la dimostrerà, invece, il movimento di un punto materiale, poiché nel primo caso il principio d'inerzia generalizzato dovrà essere sostituito da una legge più complicata, nella quale, in ciascun istante, venga aggiunta una certa *accelerazione complementare*.

Se, dunque, si fosse accettata l'ipotesi espressa dal principio d'inerzia, si dovrebbe constatare una *deviazione* del movimento rispetto alle previsioni fatte¹.

Quanto alla grandezza di questa deviazione, si vede subito che essa aumenta con la velocità di rotazione della sfera, con la velocità del movimento osservato nel suo interno, e con la durata del tempo in cui si svolge l'osservazione.

Qualunque sia la velocità primitiva, del resto, la deviazione di cui si parla cadrà al di sotto di qualsiasi possibilità materiale di constatazione, purché ci si limiti a un *movimento di breve durata con una velocità molto piccola*. In questo senso, il *principio d'inerzia generalizzato* esprime una legge approssimata di ogni movimento relativo.

Le dinamiche non newtoniane

Le osservazioni più sopra sviluppate nei confronti della dinamica relativa portano a idee interessanti dal punto di vista filosofico. In base a quelle osservazioni, la meccanica newtoniana

¹ La stessa considerazione fa prevedere una *deviazione orientale* dei corpi lanciati lungo la superficie della terra, e questa previsione è stata in effetti verificata da l'adini (1796) e Reich (1831).

ci appare vera in un certo ordine di approssimazione, qualunque sia il sistema di riferimento rispetto al quale il movimento viene considerato, purché la durata e la velocità di quest'ultimo siano molto piccoli rispetto a certi dati relativi al riferimento scelto.

Ciò significa che, entro certi limiti di durata e di velocità, i fenomeni meccanici possono essere coordinati in una "scienza locale", in cui si suppongono stabilite, attraverso una conveniente indagine, le forze relative che agiscono all'interno del campo considerato, e si trascurano completamente i rapporti fra questo campo e il mondo che lo circonda. Al di là dei limiti indicati, questa meccanica locale, che è indipendente dal riferimento considerato, non risponde più alle previsioni complete, e si ha una *prima correzione* col tener conto del movimento del sistema di riferimento rispetto alle stelle; questa è anche la sola correzione necessaria, se si accetta la concezione newtoniana, supponendo che le azioni esercitate dai corpi esterni si trasmettano in modo istantaneo sulla materia che si trova all'interno del nostro campo.

Ma che accadrà, se si rigetta questa ipotesi e si ammette che le azioni a distanza si trasmettano con una velocità finita qualsiasi, molto grande?

In questo caso, la correzione dovuta al movimento del campo non sarà più sufficiente, per lo meno nel caso in cui si considerino velocità molto grandi e si continui lo studio del fenomeno meccanico per un tempo molto lungo. In questo caso, pertanto, occorrerà introdurre una correzione successiva, espressa da una nuova ipotesi che affermi la solidarietà del nostro campo di osservazione con il mondo esterno.

Quindi, se in una prima approssimazione si ha una meccanica puramente locale (indipendente dal sistema di riferimento con cui è legata), e se per velocità e durate assai grandi occorre tener conto dei legami che uniscono il nostro campo di osser-

vazioni col mondo esteriore, questa solidarietà è espressa in modo adeguato dal principio d'inerzia generalizzato, concepito come una legge del movimento rispetto alle stelle. È questa l'ipotesi newtoniana che è soddisfatta nell'ordine delle grandezze astronomiche (velocità dei corpi celesti, ecc.).

Al di là di questi limiti noi non sappiamo niente. Non ci è dato di confrontare le nostre osservazioni con quelle di un osservatore che abbia un ordine di grandezza diverso dal nostro.

Ma può accadere che noi sottoponiamo all'esperienza movimenti caratterizzati da velocità di un ordine superiore. In questo caso, non esiste alcuna ragione *a priori* per cui l'ipotesi newtoniana debba rispondere alle previsioni complete che essa porterà a stabilire.

In tal modo, quindi, il quadro della meccanica classica si allarga. Lasciando cadere il principio d'inerzia generalizzato e sostituendolo con qualche ipotesi di solidarietà piú generale, si creeranno le premesse di *meccaniche non newtoniane* che tenderanno a coincidere con la meccanica newtoniana col diminuire delle velocità considerate.

Comune a tutte queste meccaniche sarà la dinamica del movimento iniziale.

Sulla spiegazione meccanica di alcuni fenomeni fisici

Ora, che interesse possono avere speculazioni di questo tipo? A prima vista esse sembrerebbero sterili, poiché noi non vediamo mai alcun movimento effettuarsi con velocità di ordine superiore alle velocità astronomiche. In pratica, sembrerebbe assolutamente inutile dire che un fenomeno del genere è piú complicato di quello che noi crediamo, se questa complicazione oltrepassa i limiti posti alle nostre osservazioni. Ma non bisogna dimenticare che la "dinamica dei movimenti visibili" è

solo una parte di ciò che studiamo sotto il nome di dinamica. In un'accezione larga, la dinamica si propone di spiegare, con una rappresentazione ipotetica dei movimenti invisibili, ogni sorta di fenomeni fisici che vengono percepiti sotto forma di calore, luce, eccetera. Questa estensione della dinamica si giustifica, da un punto di vista psicologico, col bisogno di perseguire la rappresentazione del reale in base a una legge di continuità; in effetti, la continuità sembra interrotta tutte le volte che il movimento svanisce ai nostri occhi, e che al suo posto appaiono *ex novo* altri fenomeni. Inoltre, questa stessa estensione si giustifica anche da un punto di vista logico, perché l'ipotesi che il movimento visibile si prolunghi in questi casi in un movimento invisibile fornisce uno strumento di approssimazione successiva allo studio dei fatti.

Si consideri la dinamica come un modello in cui si cerchi di racchiudere la spiegazione dei fenomeni fisici: da questo punto di vista ci si potrà trovare di fronte a velocità molto superiori a quelle che siamo soliti riconoscere nel movimento visibile. Perciò, non vi sarà alcuna ragione *a priori* per ammettere che il principio d'inerzia generalizzato trovi qui una applicazione legittima. Quindi non dovremo affatto meravigliarci che numerosi fatti sembrino contraddire a questo principio newtoniano, e più direttamente alle sue conseguenze; che, per esempio, i fenomeni dell'attrito e dell'isteresi contraddicano al principio della "non eredità" implicitamente postulato dalla dinamica newtoniana, e che il principio newtoniano di "azione e reazione" (che è una conseguenza diretta dell'inerzia, quando si ammetta una certa simmetria statica) sia radicalmente smentito dallo studio dei fenomeni elettromagnetici, eccetera.

Le nuove dinamiche non newtoniane, che si possono costruire lasciando cadere il principio d'inerzia non generalizzato, ci aprono una immensa prospettiva; nuove spiegazioni meccaniche dei fenomeni fisici possono essere tentate, in molte diverse

direzioni. Non c'è che l'imbarazzo della scelta; e questo imbarazzo deriva dalla nostra ignoranza, poiché noi non abbiamo ancora raggiunto la seconda approssimazione che deve sostituire il postulato newtoniano dell'inerzia.

Tuttavia, non posso chiudere il discorso senza ricordare i recenti lavori che si ricollegano alla *dinamica degli elettroni* (cioè alla dinamica dei raggi, che è l'argomento di studi di grande attualità). È noto che il principio d'inerzia è qui sostituito da alcune ipotesi di solidarietà opportunamente rappresentate nella costruzione di un "etere".

Questa dinamica degli elettroni potrà fornirci la base per una nuova dinamica della materia? Questa proposta si ricollega strettamente a quella di una "teoria elettrica della materia". Ma non sarà prudente pronunciarsi su di essa fino a quando i fisici non affrontino il problema da diversi lati.

Mi accontenterò di richiamare l'attenzione su un problema che si ricollega a questa dinamica elettrica *in votis*: quello, cioè, della *definizione della massa*.

Per velocità molto piccole la massa (elettromagnetica) di un elettrone si riduce proporzionalmente al *quadrato* della carica elettrica. Ora, se si concepisce la materia come un insieme di elettroni, in che rapporto si troverà la massa della materia con le cariche degli elettroni che la compongono? Essa, infatti, non potrebbe essere proporzionale al quadrato della carica totale, perché non godrebbe più della proprietà associativa che le appartiene.

Bisogna dunque ammettere che gli elettroni che compongono la materia si muovano con velocità che non si possono trascurare, e si è così ricondotti a un problema di meccanica statistica che sembra degno di interesse per i geometri.

IL VALORE DELLA SCIENZA

Nell'ora che volge la battaglia contro il pensiero e gli spiriti del Medioevo risorgono, quasi ad arrestare il cammino della storia, che vide gl'ideali umani ascendenti al sole di verità e di giustizia; mentre ci abbandona il Poeta nostro e, pur nel coro delle laudi, si mescono insidie all'Idea, onde mosse la strofa

nata tra i fieri tumulti libera;

a voi, giovani dell'età nuova, che reggerete domani i destini della patria, si aprono le porte dell'ateneo, e le vie della vita, sparse di fiori come nella primavera verde, si dischiudono alle balde speranze e all'opere forti.

Auspici i magistrati della città, i rappresentanti del governo e delle milizie, e le gentili signore che hanno voluto recare un raggio di leggiadria entro quest'aula severa, l'Università degli studi porge a voi, o giovani, il saluto augurale, mentre il più umile dei suoi dottori sale la cattedra illustre, ad affermare, nel cospetto dei colleghi, le ragioni della scienza.

Qui l'unità del sapere, fra mezzo ai rami diversi che la divisione del lavoro ha cresciuti, si afferma nella festa che ricorda il tronco comune ed il comune scopo che la nostra ricerca persegue, sopra alle differenze particolari degli oggetti e dei metodi.

Qui, nell'intimità dell'ora che vi accoglie, lieta ad un tempo e solenne, sorge per voi, venuti da più parti a studiare i risultati della scienza e a provvedere gl'istrumenti del vivere, una visione più alta del pensiero e della vita, mentre sui limiti angusti delle discipline che dovrete percorrere vola il sentimento divinatore che vi affratella in una soave amicizia.

Codesta visione io vorrei fermare dinnanzi agli occhi vostri e negli animi; sennonché al poeta soltanto è dato scolpire le figure indistinte della fantasia in una immagine precisa, ed animarne gli spiriti e le forme coi battiti del suo cuore.

La fredda ragion critica del filosofo non ha colori per tradurre il murmure del sentimento; fuggono i fantasmi al lume della verità inesorabile. Bensí freme amore nello sforzo assiduo, nel sacrificio e nel martirio di tanti che lavorano alla conquista difficile: spiriti travagliati in lotta colle forze della natura e colle insidie degli uomini, in alto i cuori, spiegate le bandiere al sole dell'avvenire.

Or di questo amore consentitemi indagar qui le ragioni. Come il fiore disseccato giace senza profumo sul tavolo di colui che scruta nelle sue fibre il mistero della vita, così stia dinnanzi agli occhi nostri il sentimento animatore del progresso scientifico, nell'atto che ci apprestiamo ad investigarne i motivi, tentando di misurare, alla stregua di criteri sociali, il valore della scienza.

Verso la metà del secolo scorso la scienza, che già aveva recato brillanti applicazioni tecniche, dava luogo alle più larghe speranze anche nell'ordine morale e sociale.

Si affacciava come evidente l'idea che gli uomini, sciolti dalla soggezione religiosa, avrebbero trovato nel sapere, la base nuova di un'autorità capace di governarli.

E si discuteva intorno all'indole delle conoscenze che meglio avrebbero dovuto preparare all'esercizio delle funzioni direttive nello Stato. Così, mentre il Saint-Simon voleva chiamati a co-

desta funzione gl'ingegneri, il Comte stimava piú opportuno commetterla ai sociologi e ai medici.

Fondamento comune a siffatte costruzioni politiche era la fiducia incondizionata nelle immancabili conseguenze benefiche della scienza. La divulgazione dello spirito scientifico, che aveva fatto rovinare l'antico regime, doveva arrestare i moti incomposti della rivoluzione, una volta che le menti si fossero fermate in un ordine di idee positive. D'altra parte, era implicito in codesto concepimento che la vita umana corra ad uno scopo naturalmente segnato, e l'aderirvi non implichi nulla piú che la pura conoscenza di esso.

Sono ancora larghe tracce di tale opinione nei nostri sistemi educativi e nei criteri onde essi sono ispirati; valga ad esempio l'insegnamento della morale proposto come mezzo di formazione del carattere, e la lusinga che la diffusione della coltura scompagnata da altri eccitamenti sentimentali debba portare senz'altro il miglioramento dei costumi.

Il positivismo non avvertí i lati deboli di codeste dottrine che, di mezzo a qualche incertezza o contraddizione, si fondevano e penetravano in una grande apoteosi della scienza.

Dalla critica di tali errori mosse invece la reazione antiintellettualista contemporanea.

La conoscenza non può guidare la condotta degli uomini; il volere non prende norma dal sapere ma dagl'interessi o dai sentimenti: per tal modo il materialismo storico e l'idealismo religioso, fra loro in lotta, convergono ugualmente in una svalutazione della scienza.

E di questa non tardò il Brunetière a proclamare la bancarotta.

Ma nelle polemiche che seguirono, il vero punto della questione parve talvolta non essere stato compreso. La veduta, per quanto insidiosamente, significata dall'Accademico francese, non cessa dal contenere un giusto apprezzamento dei rapporti fra

sapere e volere, in quanto nega che questo sia determinato da quello.

La scienza, secondo il Brunetière, ha fallito al suo compito, imperocché non può uscirne la dimostrazione di un fine che sia da accogliere per se stesso e non come mezzo subordinato a qualche altro fine superiore.

L'insidia sta soltanto nell'attribuire alla scienza un ufficio che non è il suo; pure abbiain visto che la filosofia anteriore dava fondamento a codesta interpretazione speciosa.

L'energica lotta impegnata dal cattolico utilizzatore del positivismo, si accompagna a tutto un movimento filosofico che tende al medesimo scopo.

Ed ancora gli sviluppi della filosofia positiva forniscono armi al novissimo assalto. Le varie correnti di pensiero che per un comune carattere possiamo raccogliere sotto il nome di pragmatismo, sia quelle che fanno capo al gruppo dei nominalisti francesi ed in particolare al Le Roy, sia quelle che si riattaccano a William James, germogliano infatti sul terreno della critica positiva e paiono quasi prolungarne i risultati.

Si tratta qui di un punto delicato su cui mi consentirete, o signori, di soffermarmi un istante.

Il positivismo, soprattutto nell'atteggiamento critico ed empirico che procede dalla filosofia inglese, ha spogliato a poco a poco le teorie scientifiche di quel carattere assoluto e metafisico, ch'esse avevano ereditato dalle concezioni del Medioevo.

Posto che il criterio ultimo del conoscere risiede nella esperienza, risulta che tutte le conoscenze hanno un valore relativo ed approssimato.

La misura di una lunghezza non è un numero esattamente definito, ma un intervallo la cui ampiezza dipende dalla precisione degli istrumenti messi in opera per misurare.

Allo stesso modo la legge fisica che rappresenta un certo insieme di fenomeni, non è la formola rigorosa di un rapporto

esatto, che il pensiero coglie nella realtà e l'esperienza ha il torto di verificare imperfettamente. La legge è una pura espressione approssimata dei fatti, espressione che possiamo arbitrariamente semplificare nei limiti di approssimazione dei dati sperimentali, così come abbiamo l'abitudine di esprimere le misure nel modo piú economico, tralasciando le cifre decimali che restano al di sotto degli errori d'osservazione.

La conseguenza legittima di codeste vedute è che il sapere non ha mai un oggetto assoluto; che anzi l'assoluto è una espressione limite, vuota di senso, cui deve contrapporsi il progresso indefinito delle relazioni approssimate.

Ma i nominalisti francesi hanno capovolto la conclusione!

Per essi l'assoluto soltanto dovrebbe essere il fine della conoscenza, fine che la scienza sperimentale è radicalmente incapace a raggiungere.

Pertanto, che cosa fa lo scienziato quando intende a rappresentare la realtà con una legge semplificata?

Egli si dilunga dal vero costruendo delle convenzioni arbitrarie, non scopre il fatto nella natura ma lo crea!

Dunque il possesso della verità ricercato colla scienza diviene pura illusione; i risultati scientifici potranno tutt'al piú fornire una tecnica utilitaria, una regola d'azione alla vita, ma non rispondere in alcun modo al desiderio di sapere che sollecita lo spirito nostro. La scienza non ha valore conoscitivo!

Lasciamo che i nominalisti francesi appaghino come a loro si conviene la passione dell'assoluto che li tormenta. Che essi sentano piú vivo il contatto colla natura nel grido inarticolato dell'estasi, e si astengano da quell'istrumento pericoloso di deformazione che è l'umano discorso. "*Traduire c'est trahir*", il *vaut mieux de ne pas traduire!*

Ma la conclusione che fa della scienza una regola utilitaria, non muove soltanto dalla critica agnostica, spingente alle ultime esagerazioni le vedute kantiane. Nello stesso giudizio, e,

se pure meno palesemente, nel dispregio che vi è connesso, conviene una filosofia in apparenza opposta, la quale si presenta come un radicale empirismo, continuante le tradizioni della scuola positiva dell'Inghilterra.

Il pragmatismo di William James muove infatti da una formula che esprime puramente in termini logici la veduta fondamentale della filosofia positiva intorno al senso delle teorie scientifiche, cioè che il senso di una teoria risiede unicamente nelle conseguenze pratiche (ossia nei fatti) che ne risultano.

Ma questa formula (del Peirce) assume pel James un significato nuovo, cioè che il valore della verità consiste soltanto nel profitto che possiamo trarne; onde si riesce infine ad una singolare confusione del vero e dell'utile.

Lo psicologo americano metterà in luce con particolare amore il fatto che la volontà influisce sulla credenza e può talvolta determinarla; anzi il *will to believe* diventerà la bandiera della filosofia pragmatistica.

La quale c'insegnerà che la scienza è un puro mezzo d'azione, il cui valore deve essere commisurato allo scopo utilitario; e scoprirà che l'esercizio di pratiche religiose od occultistiche, e perfino i mezzi di cui disponiamo per ingannare gli altri o noi stessi, possono talvolta servire il nostro desiderio di potenza meglio che il possesso di verità inutili o dannose.

Così, sulle opposte rive dell'Atlantico, e dinnanzi al fervido tumulto della civiltà contemporanea, gravida di aspirazioni e di minacce, sorge incontro al cielo un medesimo grido, come una triste e paurosa preghiera:

O sole che hai fecondato i nostri campi e più alto splendi verso il meriggio, copri di un compiacente velo le brutture che è pudico nascondere. O verità che ci hai dischiuso le vie della ricchezza e della potenza, fatti serva al nostro volere. La scienza non è che un mezzo all'azione, un istrumento dell'utile.

Ora a siffatte vedute ripugna, prima ancora che il giudizio

maturato della critica, il sentimento di coloro che pongono ogni ideale della vita nella ricerca del sapere.

Così Henri Poincaré, ritorcendo la tesi utilitaria, afferma la contemplazione del vero mèta suprema all'esistenza dell'uomo, cui il lavoro ha sufficientemente provveduto i mezzi del vivere. E già un altro grande matematico, lo Iacobi, così parlava in una lettera al Legendre: « M. Fourier... nous a fait des reproches à Abel et à moi, de ne pas nous être occupés de préférence du mouvement de la chaleur. Il est vrai que M. Fourier avait l'opinion que le but principal des mathématiques était l'utilité publique et l'explication des phénomènes naturels; mais un philosophe comme lui aurait du savoir que le but unique de la science, c'est l'honneur de l'esprit humain, et que sous ce titre une question de nombres vaut autant qu'une question du système du monde »¹.

Ideale artistico della scienza, che agguagliando le supreme ragioni del vero alle cime del bello risolve l'anima del poeta innamorato del sapere!

Ora codesta veduta sembra particolarmente notevole in quanto mira a rivendicare la libertà piena della ricerca, avvalorando anche gl'indirizzi astratti per se stessi, indipendentemente dalle applicazioni concrete.

E l'interesse artistico, preso in tal guisa come misura della creazione scientifica, sembra rispondere ad un provvido sentimento della solidarietà della scienza.

Fu già osservato che Keplero non avrebbe potuto enunciare le sue leggi sul moto dei pianeti se, quasi duemila anni prima,

¹ Trad.: « Fourier... ha rimproverato Abel e me di non esserci di preferenza occupati del movimento del calore. È vero che Fourier era dell'opinione che lo scopo principale delle matematiche fosse l'utilità pubblica e la spiegazione dei fenomeni naturali; ma un filosofo come lui avrebbe dovuto sapere che l'unico scopo della scienza è l'onore dello spirito umano, e che sotto questo aspetto una questione di numeri vale tanto quanto una questione concernente il sistema del mondo ».

Apollonio non avesse proseguito lo studio delle coniche, spintovi da una curiosità d'ordine puramente speculativo.

Ma il secolo scorso ha veduto una questione anche piú astratta portare conseguenze profonde nell'orientamento delle nostre idee filosofiche.

La critica che muove dai tentativi di dimostrare il postulato di Euclide sulle parallele, risponde ad un interesse logico cosí lontano dalla vita, che nel rinnovamento simultaneo di quelli, da Saccheri a Lobačevskij, si è voluto vedere come un diversivo alle questioni scottanti, creato per opera dei gesuiti. Pure le conclusioni di codesta critica innocente, onde è uscita la geometria non euclidea, sono venute ad affermare il carattere empirico delle nostre cognizioni spaziali, recando cosí il colpo di grazia al razionalismo metafisico del secolo decimottavo.

Ma per quanto l'ideale artistico valga come norma direttiva della ricerca scientifica, esso rimane troppo esclusivamente nella sfera di pochi spiriti eletti perché possa venire assunto a misura di quella, rimpetto alla società umana.

Oltre alla soddisfazione estetica, uno scopo piú largo è segnato alla scienza; scopo che il filosofo intuisce e che non sfugge al sentimento del ricercatore.

Sia premio a questi lanciare incontro al sole lo strale dorato e vederlo in alto salire; ma giunto al termine della sua fatica, quando lo spirito si posa stanco dopo la lotta, e l'umanità avvenire passa dinnanzi al pensiero del morituro, erede di speranze e di lacrime, esulti di piú nobile orgoglio l'artiero che ha affermato la continuazione della sua vita caduca in un progresso immortale.

La scienza è anzitutto un fattore del progresso umano; e non pure coll'accrescere il dominio sulle cose trasmette nei secoli un'eredità di potenza, ma ponendo il sapere come fine, significa insieme un altissimo principio etico: la verità sopra alle sugge-

stioni del timore e del desiderio, educatrice del carattere, norma della giustizia.

Il valore di tale principio può apparire men chiaro all'epoca attuale, in cui il potere conquistato colla scienza sembra accecare gli occhi col suo fulgore, ma fu bene inteso da quegli spiriti magni che per le vie del vero dischiusero il nascimento della nostra civiltà.

Consentite dunque che a codesti spiriti si volga il nostro pensiero, ed ai momenti sacri che segnano gli albori della scienza moderna; spiegando il significato della creazione ci sarà dato formare un piú illuminato giudizio sul suo valore.

L'età nostra è così piena di applicazioni scientifiche, che difficilmente sappiamo raffigurarci il regime economico e la vita di relazione di una società a cui la scienza sia estranea. Tolti i mezzi di trasporto e di comunicazione che ci avvicinano alle genti lontane e ci fanno partecipi dei loro palpiti e dei loro interessi, spente le luci entro le case e per le vie delle città nella notte, arrestate le macchine degli opifici e abbandonate le materie prime delle manipolazioni chimiche, recise in tal modo tutte le fila della nostra vita industrie e civile, in qual nuovo quadro ricomporremo un'esistenza sociale cui vengono meno gl'istrumenti dell'opere quotidiane?

Pur codesta vita fu, non soltanto nello stato primitivo di barbarie, ma in tempi a noi vicini, e l'ingegnosità umana provvide in essa con piú acuto sforzo a tanti bisogni, che impariamo oggi a soddisfare sistematicamente mercé le regole della Scienza.

Non lo scoppio delle mine, ma la paziente opera di mille e mille operai, trasse dai monti i blocchi di marmo dove l'antichità ha scolpito il suo pensiero immortale.

E confidati al vento e alle stelle, non alla forza del vapore e alla guida dell'ago magnetico, i naviganti solcarono i mari, ieri come oggi in traccia di nuovi mondi e di agognate ricchezze.

Ovunque i costumi e le leggi della convivenza protessero il lavoro umano, fiorirono rigogliose le arti, assai prima che fossero disciplinate nell'odierno regime scientifico.

E non solo l'arte sorse avanti la scienza, ma questa procedette da quella. Nota lo Höffding che la creazione della meccanica, Leonardo da Vinci e Galileo Galilei, si comprendono soltanto riattaccandosi all'industria delle città italiane, gareggianti di splendore e di magnificenza sotto l'impulso delle Signorie. Così pure Galileo fa parlare Salviati nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*:

« Largo campo di filosofare agl'intelletti speculativi parmi che porga la frequente pratica del famoso arsenale di voi, signori Veneziani, ed in particolare in quella parte che meccanica si domanda; atteso che quivi ogni sorta di strumento e di machina vien continuamente posta in opera da numero grande d'artefici, tra i quali, e per l'osservazioni fatte da i loro antecessori, e per quelle che di propria avvertenza vanno continuamente per se stessi facendo, è forza che ve ne siano de i peritissimi e di finissimo discorso. »

E Sagredo risponde:

« V. S. non s'inganna punto: ed io, come per natura curioso, frequente per mio diporto la visita di questo luogo e la pratica di questi che noi, per certa preminenza che tengono sopra 'l resto della maestranza, domandiamo protti; la conferenza de i quali mi ha più volte aiutato nell'investigazione della ragione di effetti non solo maravigliosi, ma reconditi ancora e quasi inopinabili. »

Non dunque uno scopo pratico e tecnico moveva i primi indagatori allo studio delle leggi della natura; all'opposto un puro sentimento di curiosità li sollevava dalla tecnica alla contemplazione scientifica, forse inconsapevoli del dominio che questa darebbe loro più tardi sugli istrumenti osservati.

Ma la curiosità serviva allora direttamente un maggior fine, per

comprendere il quale giova rievocare lo stato d'animo di quell'epoca straordinaria.

Ripensate l'uomo del Medioevo, stretto nei confini di una tradizione che ha posto il suggello della fede sui dati di un grossolano empirismo: stretto il mondo nello schema di Aristotele e di Tolomeo, tutto chiudendo l'ultima volta cristallina, che porta nel suo giro incastonate le gemme del cielo; strette le menti nelle dottrine dell'antichità ellenica accomodate alle coscienze cristiane; e l'enorme mistero che ci avvolge sommerso negli abissi dell'infinito religioso, e sopra questo innalzata un'autorità paurosa ed immobile, dinnanzi a cui s'inclinano gli animi e restano muti i voleri.

Oh, come più pieno dovette fremere il palpito della vita in quel Cinquecento magnifico, quando nelle ceneri di una civiltà dissepolta l'uomo parve aver ritrovato se stesso!

Si mescevano fremiti pagani pur nelle figure sacre, splendenti di una più umana bellezza; rinasceva lo spirito giocondo dei padri latini dalle polveri dei vecchi codici, usciti dall'ombra dei monasteri alla luce.

E le note dottrine, irrigidite negli schemi dell'interpretazione scolastica, apparivano gravide di un senso nuovo, come se le pagine tormentate non fossero state lette mai.

Erano pur queste dottrine, più largamente fecondate di là del mar nostro, che gli Arabi riconducevano alla madre della civiltà antica: il commento d'Aristotele e la geometria d'Euclide, travestita nei segni dell'Algebra.

E prima d'ogni altra speculazione sulla natura, si apriva il pensiero ai problemi del numero; non più vilipese e perseguitate come turpe magia, rifiorivano le matematiche, e se ne celebravano i fasti nelle gare famose.

Così le ceneri coperte del mondo antico, covavano fiamme di desideri e d'idee, che dovevano levarsi al cielo rompendo i ceppi della tradizione millenaria.

Arsero infatti, dalle città fiorite di marmi, di pitture e di canti, negl'inni dei poeti e nella critica dei filosofi; e bruciarono insieme, sui roghi, il castello fantasioso che l'uomo aveva fabbricato a se stesso, e le carni dei titani che discopersero agli occhi meravigliati il cielo e la terra. Sperdeasi il putrido fumo in faccia al sole d'Italia, e spariva insieme l'abisso del mistero inaccessibile.

Non chiedete quali furono i principî.

Il Rinascimento fu l'espansione piena di germi lungamente coltivati; e l'assiduo conato della liberazione comincia dal giorno in cui il pensiero si sentì legato nei ceppi.

Singolare destino dell'anima umana, che vuole abbracciare in un quadro finito l'infinità delle cose, ed è pur sempre costretta dalla contraddizione ad uscirne! Se fosse possibile limitare un piccolo territorio di vita, dove le apparenze si conciliino in una perfetta armonia, è da credere che l'uomo vi s'adagerebbe contento. Ma ogni angolo della realtà confina col tutto, e se pure gli occhi si distraggano dalla visione del mondo e il pensiero si ripieghi sopra se stesso, battono al remoto asilo gli urti della ragione inappagata.

Non valse il *credo quia absurdum* di Tertulliano; la volontà di credere non poté instaurare sulla terra il regno dell'assoluto.

I semi dell'eresie sono nello sviluppo stesso del dogma che la Scolastica persegue: ovunque lo spirito atterrito si urta ai problemi del male e del libero arbitrio, inconciliabili colla predestinazione, l'onnipotenza e la benevolenza infinita d'Iddio.

Ed ecco il dissidio della ragione colla fede svolgersi tragico da Duns Scoto ad Occam in una schiera di anime travagliate; accanto al vero tradizionale che la volontà si sforza di mantenere, un nuovo vero si scopre al pensiero; la personalità umana sembra sdoppiarsi.

Ma questo atteggiamento, piú timido forse che ipocrita, prelude all'affermazione piena del pensiero libero.

Or da questa nostra Bologna parlava Pietro Pomponazzi, sulla

soglia del secolo decimosesto, e togliendo argomento dall'immortalità dell'anima, che il credente accetta ma il filosofo non può dimostrare, poneva in chiara luce i diritti della Scienza.

Pomponazzi distingue il punto di vista utilitaristico del legislatore da quello del filosofo che cerca la verità, senza lasciarsi imporre dal timore o dalla speranza. E pur nella sfera individuale ritrova il medesimo contrasto fra sapere e volere; la volontà base della fede non può fare di questa un oggetto di conoscenza razionale.

Ciò significa che niuna autorità, esterna od interna, può sovrapporsi allo spirito umano nella ricerca del vero!

La fondazione del nuovo sistema del mondo doveva tradurre in atto l'indipendenza del sapere, così teoricamente affermata.

Già Niccolò di Cusa (1401-64) aveva riconosciuto la relatività dello spazio sensibile e del movimento, scotendo la dottrina aristotelica che pone la terra assolutamente immobile al centro dell'universo.

La posizione degli oggetti osservati dipende dal luogo ove si trova l'osservatore, e l'aspetto del moto cambia pure ai nostri occhi secondo il movimento a cui noi medesimi partecipiamo.

Questa è l'osservazione, semplice quanto geniale, del Cusano, che costringe il pensiero a guardare di là delle apparenze sensibili.

Essa apre la strada a Copernico (1474-1543). Il quale, riflettendo intorno alle complicazioni del sistema tolemaico, vede essere motivi plausibili per rovesciare il concetto tradizionale: se, lasciando ferma la massa più grande del sole, gli si fa girare attorno la più piccola terra e i pianeti, tutti i fenomeni appariranno ai nostri occhi come ce li mostra la percezione ordinaria.

L'idea della semplicità della natura, che fu la fede scientifica del Rinascimento, si univa nella mente di Copernico al principio di relatività del Cusano, per fargli tenere il nuovo sistema del mondo immensamente più probabile dell'antico.

Tuttavia la rivoluzione copernicana non destò in sulle prime grande interesse.

Il predicatore Osiander di Norimberga, che fu incaricato di pubblicare l'opera di Copernico, vi mise innanzi una prefazione in cui raffigurava la nuova dottrina come una pura ipotesi matematica, e ciò contribuì indubbiamente a farla passare inosservata. Soltanto piú tardi Giordano Bruno dichiarò che codesta prefazione non poteva appartenere a Copernico, ma doveva essere di un asino ignorante e presuntuoso, che aveva voluto accomodare il libro ad uso degli altri asini, e Keplero poté provarla aprocrifa basandosi sulle lettere stesse di Osiander.

La nuova astronomia è dileggiata da Lutero, e Melantone dichiara non onesto provare la propria sottigliezza con ipotesi strane, invece di ammettere rispettosamente la verità rivelata da Dio; fin l'astronomo Tycho Brahe esita dinnanzi a ragioni religiose e scientifiche, osservando l'immensa estensione che l'universo stellare dovrebbe prendere nel sistema copernicano.

Soltanto Giordano Bruno e Keplero si schierano apertamente in favore della nuova teoria, durante il secolo decimosesto.

Bruno soprattutto se ne fa apostolo. E la conforta con la relatività del peso.

I corpi debbono cadere in un altro mondo come sulla terra; perciò non vi è d'uopo di volte nel cielo a sostenere i pianeti e le stelle!

Cadevano cosí gli ultimi puntelli dell'edificio tolemaico.

Nell'agosto 1597 Galileo scriveva a Keplero che da piú anni era pervenuto a riconoscere la giustezza dell'opinione di Copernico, ma non osava affermare pubblicamente le sue idee, essendo intimidito dalla sorte del Maestro, divenuto oggetto di scherno agli sciocchi. Soltanto nel 1610, dopo la scoperta dei satelliti di Giove, si pronunziò apertamente per la nuova astronomia. E di qui ebbe origine la persecuzione, che lo investí

con tanta maggiore violenza, mentre le macchie solari e le fasi di Venere venivano a convalidare le vedute copernicane.

La condanna di Galileo, che ne seguí, può sembrare a prima vista inesplicabile, e tale parve infatti agli spiriti liberi del tempo; Cartesio, che ne restò vivamente turbato, si meravigliava che un uomo potesse essere perseguitato per avere voluto precisare il movimento dei mondi.

Ma sopra alla pretesa contraddizione con un passo della Bibbia, convien ricordare l'immenso valore psicologico di una verità, che per la sola forza della ragione s'impondeva contro i dati del senso e le credenze comunemente ricevute, facendo crollare tutto un mondo d'idee.

Già l'antica Grecia, madre dei filosofi, aveva perseguitato Anassagora che, materializzando orribilmente il dio Apollo, osò scorgere nel sole una massa infuocata, piú grande del Peloponneso. E il Medioevo aveva condannato come eretica la credenza agli antipodi, prima che le grandi scoperte geografiche mettesero fuor di discussione la sfericità della terra.

La dottrina copernicana non doveva sfuggire alla sorte comune a tutte le grandi verità che portano un mutamento radicale nelle nostre idee.

La violenza fu reazione all'urto psicologico poderoso, come se le larghe conseguenze della scoperta si prospettassero in un punto solo dinnanzi agli spiriti atterriti: rovinava l'altare privilegiato che l'uomo aveva eretto a se stesso, in cospetto d'Iddio!

Lo spergiuo di Galileo non poteva arrestare il trionfo della verità. Quindi innanzi la scienza procede nella sua costruzione, e l'autorità, se ancora può suggerire reticenze prudenti o molestare qualche spirito ardito, non vale ad impedire il pensiero nel suo cammino. D'altronde l'emanciparsi dello Stato dalla Chiesa, e la libertà religiosa, conquistata colla guerra dei Trent'anni, fanno cadere gli ostacoli esterni frapposti allo spirito di ricerca.

E comincia allora, con nuovo ardore di speranza, il tentativo di una ricostruzione piena del sapere. È l'epoca dei grandi sistemi metafisici e delle conquiste scientifiche: Newton scopre nei cieli la legge che governa il movimento dei mondi; e la solidarietà dell'universo significata coll'attrazione dei corpi, eccita fin nel campo della psicologia una veduta unificatrice dei rapporti reali.

Il secolo che brillò sul tramonto nelle fiamme della rivoluzione francese, lascia espandere, in tutta la sua magnificenza, il fiore dell'idea scientifica.

La quale, pervadendo tutti i rami del pensiero e le forme spirituali dell'attività umana, si allarga dalla cerchia ristretta dei filosofi a quella degli uomini d'azione e penetra tutti gli strati della società, suscitando più vivo negli animi il desiderio del vero.

La rovina dell'antico regime apparve così, a quegli stessi che ne furono attori, come una conseguenza lungamente preparata del nuovo concepimento della vita, compagno al sorgere e al diffondersi del sapere.

Oggi, una scuola storica, che s'intitola dal materialismo, meglio discopre in codesta rivoluzione il fattore economico, e dalla cresciuta ricchezza della borghesia trae il movente esclusivo di quell'immenso rinnovamento sociale.

Né sembra dispregevole veduta codesta, che ricerca le cause del progresso umano in una solidarietà più intima delle ragioni del vivere.

Ma se la pressione degl'interessi palpita pure inconscia negli ideali dei pensatori e dei poeti, vano sarebbe negare che da codesti ideali prende forme e atteggiamento proprio il moto sociale. Onde fra gl'interessi e le idee, piuttosto che un legame diretto di causalità, è da porre una interdipendenza, cioè un rapporto complesso di reciproca azione.

Nella lotta incessante delle classi che s'agitano entro un gruppo

sociale, arride piú facile la vittoria a chi s'innalza interprete dei bisogni e delle aspirazioni sentimentali di tutti.

Né il vincente può mettere in atto un rinnovamento durevole, se un'alta visione della società e della vita non soccorra al suo spirito creatore; poichè quella soltanto può dargli nell'opera la consapevolezza del volere.

Cosí da un giudizio sintetico della rivoluzione francese non può scompagnarsi l'apprezzamento dell'ideale di verità, che trae le sue origini da un progresso scientifico anteriore.

Riempie ancora l'animo di meraviglia l'attività prodigiosa di quegli uomini che, in mezzo alla lotta tragica, vogliono fondare il sistema delle misure universali, prendendo ad unità la quarantamilionesima parte del meridiano terrestre.

Come la croce aveva condotto un giorno alla vittoria i soldati di Costantino, la fede nella verità guida i militi della rivoluzione nell'ascesa gloriosa del nuovo Stato.

E fuma l'incenso sugli altari della Dea Ragione.

Il regime che esce fuori da quel movimento, sancisce per la prima volta il grande principio della distinzione fra sapere e volere in una riforma di giustizia. La magistratura autonoma, giudicante sotto l'impero delle leggi, s'emancipa dal potere politico. Onde la verità appare ergersi nel cospetto di tutti gli uomini, sopra alle sollecitazioni del timore o del desiderio.

Riforma sopra tutte espressiva, che dà la misura dell'importanza sociale della scienza, e ne esplica l'idea come principio di giustizia, liberatore delle coscienze.

Nella vita intima dell'animo umano, e in quella della società, sempre ritroviamo che la volontà del vero significa ugualmente una liberazione.

Liberato dall'oppressione ineffabile del mistero che ne circonda, s'innalza l'uomo col sapere al dominio delle cose esteriori; ma la signoria di se stesso è piú nobile premio pel giusto che sa sottoporre al vero le proprie passioni.

Infatti nell'errore di conoscenza che accompagna l'azione togliendo la previsione lucida delle sue conseguenze, è bene spesso errore della volontà, offuscata da sentimento perturbatore.

Ora la medesima circostanza, avvertita nella sfera dell'individuo, si riscontra del pari progressivamente nello sviluppo sociale.

Anche qui la scienza è strumento di liberazione.

Non basta che la discriminazione del sapere e del volere si compia nello spirito delle personalità più evolute. Importa che essa penetri tutte le espressioni della vita collettiva e si rispecchi in nuove forme di governo.

La separazione del potere giudiziario dal potere legislativo ed esecutivo rappresenta appunto un principio di discriminazione; ma appare soltanto una norma particolare del nuovo diritto pubblico che si va svolgendo intorno a noi.

Per molti segni è visibile che le funzioni amministrative di carattere tecnico debbono differenziarsi sempre meglio da quelle propriamente politiche; che, facendosi l'accertamento dei mezzi indipendente dalla proposizione dei fini, si mira non solo a rendere più sicura la realizzazione di questi ma ancora più sinceri e largamente controllabili dai cittadini i motivi della legge.

Mentre per contro si accresce la vigilanza del pubblico sugli organi deputati alle funzioni tecniche, acciocché un interesse particolaristico di classe non li faccia deviare dallo scopo segnato.

Così una complessa e radicale trasformazione della vita politica si elabora sotto i nostri occhi, e tende a preparare l'avvento pieno della democrazia futura.

La quale in tanto potrà realizzarsi in una forma durevole, in quanto saprà compiere codesta discriminazione dei poteri che deve assicurare l'armonia di tutte le volontà nell'impero comune, sottraendo al giudizio tumultuario ed inconsapevole il riconoscimento del vero.

Soltanto la scienza, col rigore della sua critica e la imparzialità dei suoi mezzi di prova, potrà recare codesta consapevolezza,

che nell'attività sociale, piú ancora che nella sfera dell'individuo, diviene garanzia di giustizia e di ben ordinato progresso.

La menzogna che si nasconde accanto alla possibilità dell'errore non può essere fugata se non da un piú sicuro accertamento dei fatti, e da una piú intima e larga comparazione degli istrumenti di ricerca, che discoprono, nei varii domini dello scibile, i molteplici aspetti del vero.

Così la scienza, ricomposta nella sua unità sintetica di mezzo alle discipline diverse, s'innalza agli occhi nostri come condizione liberatrice di tutti i voleri umani, nel regime di una giusta democrazia. La quale per parte nostra auspichiamo, non livellatrice di esseri, che sortirono dalla natura disuguali attitudini, ma fecondatrice di tutte le energie, in uno sviluppo pieno della personalità di ciascuno.

O giovani dell'età nuova, che d'ogni parte siete qui convenuti, prima ancora che la dotta parola dei maestri, interrogate il cuor vostro.

Quella non dimostrerà il fine che dovrete proporre alla vita; il sapere non dà norma al volere. Ma se la verità non vi lascia indifferenti, la scienza stessa apparirà agli occhi vostri uno scopo supremo che la volontà umana insegue pei secoli, come principio liberatore dalle passioni.

Nell'ora che volge l'anime all'opere e alle speranze, e come i rami intrecciati della foresta, si mescono in un fremito nuovo gli amori e gli odi degli uomini, passa sui desiderii incomposti una triste paura. Tale una nube, dal cielo di primavera ridente, getta l'ombra grigia sui prati verdi e sui fiori.

Ma nell'azzurro immenso splende piú alto il sole, e negli spazi tranquilli brillano le stelle.

Le stelle, che lo spirito antico chiuse in una volta caduca, si perdono faci deserte per le vie dell'infinito.

Or colle volte del cielo cade l'assoluto umano, vuoto fantasma dinnanzi alla critica.

E sulle ruine del mistero inaccessibile, la scienza spiega l'ale ad un illimitato progresso.

Giovani che reggerete domani i destini della patria, innalzate gli animi sull'ora vile che passa. Il presente vano dilunga rapido nella storia; solo dinnanzi agli occhi si apre l'avvenire infinito.

L'avvenire che è sogno risplende piú bello al pensiero, ma la volontà forte realizza i sogni nell'opere.

Squarciate colla volontà del vero la caligine densa, e tornino i fantasmi della paura nel regno delle cose morte.

Cogliete i fiori che passano, per le vie della vita, adorate le stelle che non passano mai!

IL PRINCIPIO DI RAGION SUFFICIENTE NELLA COSTRUZIONE SCIENTIFICA

Introduzione storica

In piú scritti del Leibniz si ritrova, press'a poco colle stesse parole, l'enunciato del principio di ragion sufficiente; citiamo, per esempio, il passo seguente della *Monadologia* (§ 32): « *Aucun fait ne saurait se trouver vrai ou existant, aucune énonciation véritable, sans qu'il y ait une raison suffisante pourquoi il en est ainsi et non pas autrement, quoique ces raisons le plus souvent ne puissent point nous être connues* »¹.

Questo principio appariva al suo autore ad un tempo come logico e metafisico; infatti da una parte egli lo deduceva dal criterio fondamentale *praedicatum inest subiecto*², dall'altra lo riattaccava al concetto della saggezza divina i cui disegni, scrutati al lume della ragione, dovevano rivelarsi *a priori* a « celui qui connoîtroit assez les choses »³.

¹ LEIBNIZ, *Opera philosophica*, ed. Erdmann, p. 707. Trad.: « Non è possibile trovare che nessun fatto sia vero o esistente, nessun enunciato veritiero, senza che ci sia una ragion sufficiente perché sia così e non altrimenti, benché queste ragioni il piú delle volte non possano essere note ».

² Lettera a Arnaud (giugno 1686) in *Philosophische Schriften*, ed. Gerhardt, vol. 2, p. 56: « Il faut toujours qu'il y ait quelque fondement de la connexion des termes d'une proposition, qui se doit trouver dans leurs notions. » [« Bisogna sempre che la connessione dei termini di una proposizione abbia qualche fondamento che si deve trovare nelle loro nozioni. »]

³ LEIBNIZ, *Opera philosophica* cit., p. 716. Trad.: « colui che conoscesse abbastanza le cose ».

L'idea apertamente dichiarata dal Leibniz sembra dunque esser questa: Dio ha costruito il mondo secondo un concetto razionale, che è il migliore fra tutti i possibili, tale cioè da appagare meglio di qualunque altro immaginabile una mente simile alla mente umana capace di penetrare i particolari della costruzione; perciò a questa mente tutte le verità, anche le contingenti, debbono apparire necessarie come la verità della logica, dell'aritmetica e della geometria, che si basano sopra una evidente connessione d'idee.

Una fiducia piena nel ragionamento ispirava, come si vede, le convinzioni del filosofo; egli non dubitava di aver trovato il fondamento vero della metafisica che, grazie al principio di ragion sufficiente (e all'identità degli indiscernibili che se ne deduce¹) poteva ormai costituirsi come scienza reale e dimostrativa².

Per comprendere queste vedute, in ciò che ne costituisce il significato ed il valore proprio, occorre riferirsi all'elaborazione della meccanica che aveva luogo in quel momento storico, e che il Leibniz (come il Descartes) aveva in vista di costituire sopra il modello della geometria. A questo titolo si può addurre come citazione significativa il passo della seconda lettera a Clarke³ dove è detto che Archimede ebbe già ad impiegare il principio di ragion sufficiente in un caso particolare, postulando che una bilancia caricata con pesi uguali deve essere in equilibrio, perché non vi è ragione che scenda da una parte piuttosto che dall'altra. Alla qual citazione si può aggiungere il richiamo di altre leggi meccaniche che, in altri scritti, il Leibniz stesso giustifica *a priori* come conseguenze del principio di ragione: la conservazione della forza totale (forza viva), l'uguaglianza della reazione all'azione, eccetera.

¹ 5^a lettera a Clarke, *ibid.*, p. 765.

² 4^a lettera a Clarke, *ibid.*, p. 755.

³ 2^a lettera a Clarke, *ibid.*, p. 748.

Da tali considerazioni scaturisce, a nostro avviso, una comprensione piú chiara del principio leibniziano; si tratta di una veduta attinente all'edificio della meccanica, che nel concetto dell'autore assumeva un generale significato scientifico e filosofico.

Il Wolff, in due capitoli dell'*Ontologia*¹, tratta del principio di contraddizione e del principio di ragion sufficiente; egli enuncia che « nihil est sine ratione sufficiente cur potius sit, quam non sit, hoc est, si aliquid esse ponitur, ponendum etiam est aliquid, unde intelligitur, cur idem potius sit, quam non sit »², e pretende dedurre questo enunciato dal principio di contraddizione, in base a ciò che " il niente non contiene la ragione perché qualcosa sia ".

Fra le osservazioni aggiunte riferiamo la seguente³: Il *nihil* esse *sine causa* degli scolastici differisce dal principio di ragion sufficiente. Così per esempio l'attrazione introdotta come causa dell'avvicinarsi del ferro ad un magnete è una causa, ma occorre una ragione che renda intelligibile la stessa attrazione. Invece — secondo Wolff stesso — il principio di Descartes « nulla res existit de qua non possit quaeri quonam sit ratio cur existat »⁴ coincide col principio di ragion sufficiente, sebbene il critico ritenga che, nelle applicazioni, Descartes, a differenza di Leibniz, abbia confuso la ragione colla causa.

Per quanto precede crediamo interpretare il pensiero di Leibniz e di Wolff, dicendo che il principio di ragion sufficiente esprime un postulato di intelligibilità del reale, per cui l'univoca determinazione dei fenomeni per mezzo delle cause si traduce

¹ WOLFF, *Philosophia prima sive Ontologia* (Francoforte-Lipsia 1730).

² *Ibid.*, p. 970. Trad.: « niente è senza la ragion sufficiente perché sia piuttosto che non sia, cioè se si pone che qualcosa sia, bisogna anche porre qualcosa da cui si capisca perché esso sia piuttosto che non sia ».

³ *Ibid.*, p. 971.

⁴ Trad.: « non esiste cosa alcuna di cui non si possa chiedere quale sia la ragione perché esiste ».

in una determinazione per mezzo di rapporti concettuali evidenti.

Questa interpretazione appare anche conforme alla veduta di Christian August Crusius¹, il quale opina che il principio leibniziano consista nell'univoca determinazione dell'accadere per mezzo delle cause (ragion determinante)², dove le cause sono concepite — non nella loro essenza obiettiva — ma dai loro contrassegni nella mente umana, pei quali si rende comprensibile l'univocità degli effetti³.

Ora, esaminando piú da vicino l'uso che già dal Leibniz stesso si fece del principio di ragione nel campo scientifico, si è condotti a distinguere un senso piú generale e un senso piú speciale di quello:

- 1) nell'esempio della bilancia di Archimede, e in genere nei postulati di simmetria, è implicato il principio generale che la rappresentazione scientifica della realtà debba rispecchiare l'univocità del determinismo fenomenico;
- 2) nell'esempio relativo alla conservazione della forza viva si aggiunge l'idea piú speciale che il rapporto fra cause ed effetti possa venir rappresentato con un'uguaglianza; è il principio scolastico *causa aequat effectum*.

Questa veduta particolare, illustrata in modo suggestivo in un recente libro di grande importanza del Meyerson⁴, è in rapporto colla esigenza fondamentale per una rappresentazione logica della realtà, che si trovino nel variabile i dati costanti "gl'invarianti reali" suscettibili di esser presi come soggetto del ragionamento⁵.

¹ CRUSIUS, *Ausführliche Abhandlung von dem rechten Gebrauche und der Einschränkung des sogenannten Satzes vom Zurreichenden oder besser Determinirenden Grunde*, trad dal latino di C. F. Krausen (Langenheim, Lipsia 1766).

² *Ibid.*, p. 78.

³ *Ibid.*, pp. 140 sg.

⁴ MEYERSON, *Identité et réalité* (Alcan, Parigi 1908).

⁵ Cfr. ENRIQUES, *Problemi della scienza*, I tentativi di Leibniz e Wolff di giustifi-

La letteratura dell'argomento, nel campo della filosofia strettamente intesa, non si arresta agli scritti citati; ma ciò che segue ha, dal nostro punto di vista, scarso interesse, perché lo sviluppo delle idee prosegue in senso formalistico, fuori della costruzione scientifica.

Il Crusius, sottoponendo ad una analisi sottile i diversi significati della formula leibniziana e le differenze introdotte nella formula wolfiana, riesce infine ad una serie di distinzioni critiche (fra causa e ragione, causa dell'accadere e dell'essere, ecc.) che dovrebbero portar lume nell'uso del linguaggio, ma che furono interpretate piuttosto come una *classificazione delle relazioni determinanti*. E, partendo da questa, lo sviluppo ulteriore della questione nella filosofia romantica fa perdere di vista ognor più il significato proprio del principio di ragion sufficiente e i positivi interessi scientifici che vi si collegano.

In un solo punto appare serbato il contatto colla veduta originaria del Leibniz. Per tutti i filosofi posteriori della scuola classica, il principio di ragion sufficiente contiene la giustificazione *a priori* dei principi della meccanica.

È vero che la critica kantiana mutò il significato dei giudizi *a priori*, nei quali anziché scorgere la rivelazione innata di una necessità obiettiva, vide un'espressione della funzione psichica del soggetto (un dato della struttura del pensiero); ma non pertanto ritenne che essi attingano valore obiettivo dalla possibilità dell'esperienza, di cui rappresentano il presupposto necessario. (Kant conchiuse illegittimamente dal fatto di una scienza formata alla possibilità assoluta del razionalismo sperimentale.)

Così lo Schopenhauer, nel suo noto scritto *Sulla quadruplica*

care logicamente il principio di ragion sufficiente possono spiegarsi come tentativi di dedurre il principio generale 1) da un postulato più particolare corrispondente all'idea 2).

radice del principio di ragion sufficiente, riprendeva l'infelice tentativo di dimostrare il principio d'inerzia, presentandolo come l'espressione invertita del principio di causalità¹.

Invece tra i cultori della scienza si è fatta strada sempre più l'opinione che i principi evidenti della geometria e della meccanica esprimano il risultato di esperienze elementari, in parte inconse, sicché pare che il principio di ragion sufficiente perda ogni funzione ed ogni significato proprio in ordine all'acquisto delle conoscenze. Ma la critica colpisce soltanto i modi tradizionali d'interpretazione di quel principio, conservatici dalla filosofia romantica.

Ora, da queste premesse storiche assorgendo al punto di vista che interessa il filosofo, nasce il problema di sapere se qualche elemento fattivo contenuto nel principio leibniziano della ragion sufficiente possa ritrovarsi nello sviluppo della scienza, e quindi se il principio stesso abbia una funzione e un valore per cui risulti definito nel suo significato positivo.

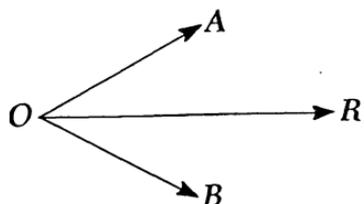
A questa ricerca appunto ci rivolgiamo coll'esame di una serie di esempi, incominciando da qualche caso attinente ai fondamenti della meccanica².

Composizione delle forze

Un primo caso istruttivo, pertinente alla composizione delle forze, ricorre negli sviluppi di d'Alembert e Poisson, tendenti ad una costruzione razionale della statica.

¹ SCHOPENHAUER, *Ueber die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde* (1813) cap. 4, § 20, v.

² Le conclusioni a cui giungiamo sono pienamente conformi allo spirito del positivismo critico che abbiamo spiegato nella nostra opera citata, e nella specie analoghe a quelle cui ci ha condotto l'analisi psicologica dei postulati della geometria (Riv. fil., 1901).



Abbiansi due forze uguali agenti sopra un punto materiale O , e sieno OA , OB i vettori che le rappresentano. Ammesso che le due forze si compongano in una risultante determinata OR , si è indotti ad affermare a priori che OR biseca l'angolo convesso AOB o il suo opposto al vertice, poiché

ad ogni altra posizione di OR corrisponderebbe una posizione simmetrica, ottenuta con una rotazione della figura attorno alla bisettrice suddetta, che scambi fra loro A e B ; il giudizio, che anticipa per tal modo il risultato dell'esperienza, si esprime dicendo non esservi ragione perché la risultante delle forze OA , OB debba essere rappresentata da un vettore OR piuttosto che dal suo simmetrico.

Indagando più da vicino questo argomento, si riconosce in esso l'ipotesi seguente:

La figura costituita dai due vettori OA , OB rappresenta a tutti gli effetti le due forze simultanee applicate in O , per modo che la risultante (unica) di queste è rappresentata da un vettore che viene determinato univocamente dalle sue relazioni geometriche con quella figura.

Come conseguenza di tale ipotesi: se si hanno due coppie di forze rappresentate rispettivamente dai vettori OA , OB e $O'A'$, $O'B'$, e se i triangoli AOB e $A'O'B'$ sono uguali, anche i vettori risultanti delle due coppie formano rispettivamente con AOB ed $A'O'B'$ figure uguali.

Abbiamo considerato l'affermazione precedente come una ipotesi, la quale, anziché essere confermata, potrebbe essere negata dall'esperienza. Si può facilmente persuadersi della giustezza di questo modo di vedere; si rifletta, per esempio, al caso in cui, essendo $OA = OB$, le due forze sieno determinate fisicamente da due poli magnetici di nome contrario agenti sopra una pic-

cola massa di ferro posta in O ; in tal caso mentre la figura geometrica AOB è simmetrica rispetto alla bisettrice dell'angolo in O , la figura fisica non gode della stessa simmetria, e perciò non è affatto chiaro a priori che sia lecito considerarla come simmetrica nei riguardi della determinazione statica che si ha in vista.

Riflessioni critiche

Nell'esempio precedente vediamo già disegnarsi, sia pure in un caso particolare, l'ufficio del principio di ragion sufficiente.

Non si tratta già di un'anticipazione a priori dell'esperienza; le previsioni ch'esso ci induce ad ammettere potrebbero nella realtà non risultare verificate; ma in tal caso noi dovremmo modificare la rappresentazione geometrica adottata. Questa si paleserebbe non adeguata ai fenomeni perché taluni elementi e rapporti fisici dati, che non sono sostituibili fra loro, verrebbero espressi mediante elementi e rapporti geometrici che concepiamo come eguali. Pertanto il principio di ragion sufficiente ci appare qui una regola della costruzione scientifica: i rapporti di eguaglianza inerenti ai concetti rappresentativi debbono corrispondere a rapporti fisici sostituibili per riguardo all'effetto previsto; in altri termini, il processo d'astrazione che ci conduce dalla realtà fenomenica ai concetti, non può trascurare le differenze modificanti la previsione richiesta.

Il principio di simmetria di Curie

È ben vero che il principio di simmetria, sopra espresso nella composizione delle forze, potrebbe enunciarsi in una forma più generale che, in apparenza almeno, non dipende dalla scelta di alcuna rappresentazione particolare.

Riscontriamo appunto una tal forma di enunciato negli studi di fisica dei cristalli di Pierre Curie ¹:

« Lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits.

« Lorsque certains effets révèlent une certaine dissymétrie, cette dissymétrie doit se retrouver dans les causes qui leur ont donné naissance.

« La réciproque de ces deux propositions n'est pas vraie, au moins pratiquement, c'est-à-dire que les effets peuvent être plus symétriques que les causes. »

Come si spiega un principio così concepito nell'opera di un fisico?

Curie, in seguito a lunghi studi sui cristalli, aveva rilevato l'insufficienza delle leggi di simmetria dove interviene soltanto la simmetria della materia; così egli era stato condotto a tener conto della simmetria degli agenti fisici e in specie a caratterizzare la simmetria che deve essere attribuita al sistema dei vettori rappresentante lo stato elettrico e lo stato magnetico di un mezzo cristallino.

Pertanto la legge di simmetria fu praticamente adoperata da Curie in due sensi diversi, che corrispondono alle interpretazioni seguenti:

1) Se si ritiene che le " cause " e gli " effetti " sieno sufficientemente rappresentati da certi vettori, l'espressione concettuale del determinismo fenomenico (cioè la possibilità di una *previsione teorica*) importa che le relazioni (spaziali e temporali) fra

¹ *Œuvres de Pierre Curie*, a cura della Società francese di Fisica (Gauthier-Villars, Parigi). Cfr. prefazione di Madame Curie, *Revue du Mois*, 10 aprile 1908. Trad.: « Quando certe cause producono certi effetti, gli elementi di simmetria delle cause devono ritrovarsi negli effetti prodotti. Quando certi effetti rivelano una certa dissimmetria, questa dissimmetria deve ritrovarsi nelle cause che hanno dato loro vita. La proposizione reciproca di queste due non è vera, almeno praticamente, cioè gli effetti possono essere più simmetrici delle cause ».

i vettori-cause e i vettori-effetti permettano di determinare univocamente questi in funzione di quelli. Ora se i vettori-cause possono essere scambiati fra loro mediante una simmetria, la medesima operazione deve ricondurre in sè stesso il sistema dei vettori-effetti, altrimenti questo sarebbe suscettibile di diverse determinazioni. Dunque la simmetria dei primi vettori deve portare di conseguenza la simmetria dei secondi, essendosi già supposto che la rappresentazione vettoriale sia adeguata al processo fenomenico.

2) Se invece si ritiene di non conoscere sufficientemente le cause di un certo stato fisico, il principio di Curie appare come una guida nella ricerca di quegli elementi *notevoli* che crediamo potere assumere come cause.

Si tratta a tal fine di scegliere fra i dati d'osservazione che precedono lo stato-effetto alcuni dati, per modo che dalla conoscenza di questi si desuma univocamente la previsione di quello. Ebbene, la previsione domandata sarebbe impossibile se ad una simmetria dei dati che intendiamo assumere come cause non corrispondesse la simmetria degli elementi che caratterizzano lo stato-effetto.

Pertanto il principio di Curie, che nel primo caso serviva a dedurre una conseguenza dall'ipotetica validità di una rappresentazione causale, ci porge qui un *criterio per la possibilità di una tale rappresentazione*.

Tuttavia se le anzidette interpretazioni (che ci riconducono al punto di vista del paragrafo precedente) rispecchiano l'uso pratico che Curie fece della sua legge di simmetria nello studio dei mezzi cristallini, il significato filosofico che l'autore attribuiva a codesta legge potrebbe presumersi diverso.

Soprattutto la terza parte dell'enunciato precedente lascia pensare che Curie non fosse giunto al concetto critico della causalità, che implica una scelta fra gli antecedenti *notevoli* del fenomeno-effetto.

Se si concepisce — in senso rigoroso — una corrispondenza ben determinata dalle cause agli affetti, la legge di simmetria di Curie può apparire come un principio sintetico *a priori*, cioè come un'anticipazione dell'esperienza.

Ma è facile convincersi che questo modo d'interpretazione è puramente illusorio; e basta a tale scopo riflettere che — secondo il concetto assoluto, metafisico, della causalità — ogni variazione di una qualsiasi parte dell'universo fenomenico ci appare legata con tutte le altre.

Per dare un senso *a priori* alla legge di simmetria di Curie, dovremmo dunque attribuirle il significato seguente:

3) Esistono processi fisici in cui *tutti gli elementi osservabili* in rapporto con un certo stato iniziale presentano una determinata simmetria; allora uno stato successivo presenterà ugualmente la medesima simmetria.

Ma l'ipotesi contenuta in questa proposizione è priva di senso, perché *a priori* si possono pensare, in rapporto ad uno stato fisico qualsiasi, dei dati di osservazione che non soddisfino a simmetria alcuna. In due modi si perviene a questa conclusione che può sembrare a prima vista paradossale: in primo luogo tutti i fenomeni osservati sopra la terra, e in un dato luogo di questa, presentano relazioni dissimmetriche col circostante pianeta, col sistema solare e coll'universo astronomico; in secondo luogo una qualsiasi sostanza che si presenti sensibilmente come dotata di omogeneità o di una certa simmetria, si palesa spesso eterogenea ed asimmetrica ad un esame microscopico piú minuto, e spesso ancora accade che, in un mezzo dove i nostri strumenti di osservazione non sono riesciti a scoprire una dissimmetria, questa s'imponga a noi come una ipotesi, proprio perché ad essa abbiamo bisogno di ricollegare uno stato successivo asimmetrico che ci appare determinato da quel mezzo.

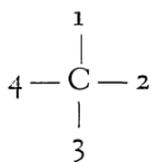
Dunque la legge di simmetria di Curie (espressione assai generale del principio di ragion sufficiente) non può significare nulla

di piú che una norma nella scelta dei dati assunti come cause, un criterio di controllo delle teorie fisiche subordinate ad una rappresentazione spaziale.

Stereochimica

Che il principio di ragion sufficiente funga piuttosto come criterio di controllo di una rappresentazione ipotetica che come un modo di svolgere le conseguenze contenute nell'ipotesi, appare soprattutto in quei casi dove una rappresentazione provvisoriamente adottata della realtà ha dovuto essere modificata in seguito a nuove resultanze di fatto. A questo proposito un esempio interessante ci è offerto dalla stereochimica di van't Hoff.

Consideriamo per semplicità un composto organico, come è, per esempio, l'acido lattico, dove un atomo di carbonio (tetravalente) sia saturato da quattro atomi o gruppi atomici monovalenti diversi, che designeremo con



1, 2, 3, 4.

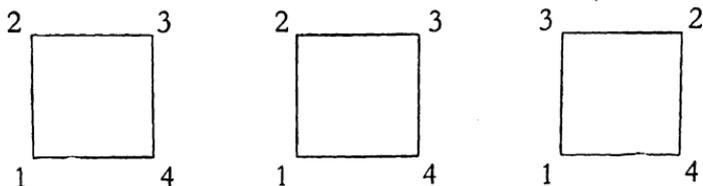
Per rappresentare un tale composto si è presentata anzitutto la formula di struttura che si ottiene nel piano, ponendo l'atomo di carbonio al centro di un quadrato di cui 1, 2, 3, 4 occupino i vertici.

Discutiamo questa rappresentazione confrontandola coi fatti che in essa vogliono figurare.

Si possono fare due ipotesi:

- 1) la natura del composto non dipende dalla distribuzione geometrica degli atomi o gruppi 1, 2, 3, 4 nella molecola; in tal caso le varie formule che si ottengono permutando 1, 2, 3, 4 corrispondono ad un *composto unico*;
- 2) la natura del composto dipende non soltanto dalla qualità dei componenti 1, 2, 3, 4, ma altresí dalla loro distribuzione nella molecola; allora si possono avere tanti composti diversi

quante sono le figure geometricamente disuguali che si ottengono dalle permutazioni di 1, 2, 3, 4. Queste figure sono tre, corrispondenti ai tre modi diversi di separare in coppie i quattro elementi 1, 2, 3, 4, e non vi è nessun carattere geometrico



che serva a distinguerne due dalla rimanente. Perciò, nell'ipotesi fatta, si debbono avere *tre composti diversi* corrispondenti alle tre figure suddette.

Ora i fatti non si conciliano con nessuna delle due ipotesi esaminate. Quando un atomo di carbonio è circondato da quattro gruppi atomici monovalenti, si presentano in generale due composti isomeri, aventi la proprietà di far ruotare il piano di polarizzazione della luce, uno *destrogiro*, l'altro *levogiro*.

Pertanto la rappresentazione fornita dalla formula piana non è adeguata alle differenze reali che pretende di rispecchiare, poiché ammettendo codesta formula non si vede la ragione per cui i composti effettivamente esistenti debbano esser due invece di tre.

Si potrebbe *a priori* supporre l'esistenza di un terzo composto otticamente inattivo; ma, oltre alla difficoltà di spiegarne la mancata produzione, resterebbe ancora inesplicabile l'ufficio asimmetrico di una coppia di formule rispetto alla terza formula.

Si è indotti quindi a cercare un altro modo di rappresentazione; e si presenta naturale l'idea di ricorrere ad una figura spaziale. Effettivamente se si colloca C al centro d'un tetraedro regolare di cui 1, 2, 3, 4 occupino i vertici, si possono formare *due e due*

soli tetraedri geometricamente distinti per il verso elicoidale secondo cui si succedono i quattro elementi 1, 2, 3, 4.

Perciò il modello stereochimico si mostra qui adeguato ai fatti che con esso si vogliono rappresentare.

E a conferma di ciò si possono aggiungere altri casi.

Se due degli elementi 1, 2, 3, 4 sono uguali ($1 \equiv 2$), nel piano non si avrebbero più tre quadrati geometricamente distinti (1 2 3 4, 1 3 2 4, 1 2 4 3) ma due soli (1 1 3 4, 1 3 1 4); invece i due tetraedri di verso opposto si riducono ad uno solo, di cui non si distingue più il verso. Ebbene, in questo caso, non si hanno più due composti ma uno solo, otticamente inattivo!

Se, passando a casi più complicati, si considerano composti, dove, come nell'acido tartarico, entrano due atomi di carbonio asimmetrici, la rappresentazione spaziale ci presenta due tetraedri 1 2 3 4, 1 2 3 4, e a seconda dei versi di questi si hanno tre casi (due tetraedri destrogiro o levogiro, uno di un verso e l'altro di verso opposto); ebbene vi sono qui in fatto tre specie di composti, uno destrogiro, uno levogiro ed uno otticamente inattivo (una quarta varietà, l'acido racemico, fu riconosciuta da Pasteur come una mescolanza di due isomeri otticamente attivi, separabili per esempio mediante una coltura appropriata di microrganismi).

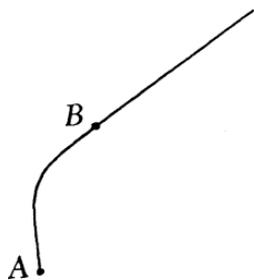
Non è il caso di proseguire qui nell'esame delle formule stereochimiche, e di chiedersi fino a che punto esse porgano una rappresentazione adeguata delle differenze fra i composti del carbonio. Basti avere riconosciuto l'uso che i chimici hanno fatto del principio di ragion sufficiente per giustificare la sostituzione del modello solido alla formula di struttura del piano. Essi hanno proceduto qui come i meccanici per riguardo alle questioni di statica sopra ricordate, ma con una differenza istruttiva: nel caso della statica la rappresentazione vettoriale delle forze si è dimostrata adeguata alla realtà e perciò è stato possibile di considerare l'applicazione del principio di ragion suffi-

ciente come una deduzione sintetica *a priori*; invece per le formule chimiche è avvenuto l'opposto e quindi il principio di ragion sufficiente è apparso, nella sua vera luce, come una *condizione per la costruzione dei modelli*. E si deve aggiungere che altri motivi spiegano pure il diverso orientamento psicologico dei chimici: l'evidente artificio che è nella costruzione dei modelli chimici, unitamente allo spirito filosofico dei tempi, doveva impedire a questi scienziati di dimenticare quanto vi è di arbitrario nelle nostre rappresentazioni, per scorgere in esse una necessità metafisica.

Principio d'inerzia

Ritorniamo ai principi della meccanica per esaminare dal punto di vista della ragion sufficiente il postulato d'inerzia.

Si abbia un punto materiale P il quale venga fatto muovere coll'impiego di una forza opportuna lungo un tratto di linea AB , e suppongasi che precisamente nell'estremo B cessi di agire la forza suddetta; il postulato d'inerzia afferma:



1) che il punto P si muoverà sulla retta tangente in B alla linea sopra considerata;

2) che il moto sarà uniforme cioè P conserverà in ogni istante la velocità che aveva acquisita in B .

Ora la prima affermazione si vuol giustificare aprioristicamente in base alla riflessione che la traiettoria del punto B non può cambiare quando si faccia rotare la curva AB attorno alla tangente in B , poiché la direzione del movimento nell'atto in cui la forza cessa di agire viene concepita come l'unica causa del moto successivo.

La seconda affermazione si giustifica dicendo che ogni variazione di velocità è effetto di una forza, e perciò, in mancanza di questa, manca la ragion sufficiente di un cambiamento.

Tali sono gli argomenti coi quali si pretende dimostrare il principio d'inerzia come un principio sintetico *a priori*, cioè come una anticipazione dell'esperienza, che avrebbe la sua radice nella ragion sufficiente. In realtà codesti argomenti non provano nulla. L'esperienza potrebbe in fatto contraddirli; se la traiettoria descritta dal punto P non fosse una linea retta, noi saremmo tratti semplicemente ad ammettere che il moto di P non dipende soltanto dalla direzione di esso nel punto iniziale B , ma anche dalla forma della curva anteriormente descritta; se il moto di P in un campo dove non agiscono forze non fosse uniforme, si dovrebbe modificare il concetto che il dato fisico definito staticamente come "forza" corrisponda ad una variazione di velocità, oppure ammettere anche qui una influenza del moto anteriore sopra la sua continuazione.

È noto, per l'esame storico della questione fatto dal Mach, che il principio d'inerzia fu ottenuto da Galileo come caso limite dallo studio della caduta dei gravi sul piano inclinato, sicché si presenta come risultato di una estrapolazione dell'esperienza. Ma non fa meraviglia che nella successiva costruzione razionale della meccanica, l'inerzia possa essere apparsa come una proprietà necessaria; bensì il sentimento di necessità che vi si collega significa soltanto che codesta proprietà è contenuta nella rappresentazione concettuale adottata, dove si assume la continuazione del moto determinata dal moto immediatamente precedente e dai dati di una possibile esperienza statica relativa allo stesso istante precedente. Negare l'inerzia o qualche altro principio fondamentale della meccanica (come si è indotti a farlo nella recente dinamica elettronica) importa il rifiuto di codesta rappresentazione concettuale e in ispecie della sopra enunciata ipotesi di non eredità che vi si connette. Infatti, l'impossibilità di mantenere la

rappresentazione suddetta risulta allora da ciò: casi fisicamente distinti, dove si hanno, per esempio, curve AB con diverse tangenti nell'estremo B , verrebbero concepiti come uguali, facendo astrazione da una differenza che — nell'ipotesi del nostro discorso — sarebbe invece essenziale per la previsione.

Conservazione dell'energia

Nell'esempio precedente si può mettere in vista il conservarsi della velocità e della direzione, e scorgere così un rapporto particolare di uguaglianza tra causa ed effetto (senso più speciale del principio di ragion sufficiente).

Analoghe circostanze si ravvisano nel principio di conservazione dell'energia. Anzi c'è qui di notevole il fatto che la scoperta proceda esplicitamente dall'idea aprioristica, sia perché essa estende il principio della forza viva di Leibniz (cui questi giunge — correggendo Descartes — mercé l'uso della ragion sufficiente), sia perché il Mayer stesso pose a base della sua ricerca il postulato *causa aequat effectum*.

Tentiamo di chiarire il significato e il valore di codesto postulato.

Abbiamo già rilevato che cosa importi in genere per la costruzione delle teorie scientifiche la conoscenza di invarianti reali. Da ciò lo stimolo a cercare nelle successioni fenomeniche qualche dato quantitativo che rimanga costante e che possa assumersi come "vera misura" della causa e dell'effetto. Una vaga intuizione ci avverte che tale ricerca riuscirà ad un risultato almeno quando si tratti di trasformazioni reversibili; ed è questo il caso in cui si scorge il tipo più perfetto della causalità: un effetto capace di rigenerare la causa.

Ma è perfettamente illusorio credere che codesta idea relativa all'esistenza di un invariante costituisca una conoscenza sin-

tetica *a priori*, finché non sia detto che cosa rimane costante nel fenomeno. Difatti la pura asserzione generica che l'invariante esiste si converte in un giudizio analitico, tosto che si espliciti con un'ipotesi il concetto più semplice che possiamo formarci della trasformazione reversibile. E l'argomento può svilupparsi in forma chiara come segue:

Si abbia una trasformazione reversibile in cui x e y misurino rispettivamente i dati quantitativi della causa e dell'effetto; si suppone dunque che ad ogni valore di x corrisponda, nella trasformazione, un valore determinato di y , e viceversa, cioè che si abbia fra x e y una corrispondenza biunivoca. Ammettiamo di più che, essendo la trasformazione reversibile, l'operazione per cui si passa da x a y sia uguale a quella che fa passare da y a x . In tale ipotesi si ha fra x e y una corrispondenza biunivoca simmetrica:

$$y = \varphi(x), \quad x = \varphi(y).$$

Orbene, ogni qualvolta è data fra due variabili x , y una corrispondenza biunivoca simmetrica, è sempre possibile costruire una funzione (invariante) $f(x)$ la quale non cambi per la sostituzione di y a x

$$f(x) = f(y).$$

Questo teorema, che non ci tratterremo qui a dimostrare, porge anzi la condizione necessaria e sufficiente perché una corrispondenza funzionale fra x , y sia simmetrica.

Secondo il punto di vista indicato, l'applicazione fatta del principio di ragion sufficiente alla conservazione dell'energia corrisponde a quello che abbiamo considerato come senso più speciale del principio leibniziano.

Il senso più generale, che comprende le leggi di simmetria precedenti, si ravvisa invece nella classe di esempi che segue.

Il principio di ragion sufficiente nella fisico-matematica

Ci proponiamo di riconoscere quale ufficio abbia il principio della ragion sufficiente per riguardo ai problemi generali della meccanica e della fisico-matematica.

Riferendoci per esempio alla propagazione del calore, vediamo qui espressa la legge generale di propagazione dalla nota equazione alle derivate parziali di Fourier; alla quale si aggiungono le equazioni ai limiti, corrispondenti alle circostanze che si concepiscono come determinanti il fenomeno. Il principio di ragion sufficiente esige che il sistema totale delle equazioni considerate, ove si diano le costanti iniziali, ammetta soluzioni univoche (la simmetria di un processo determinato da dati simmetrici rientra qui come corollario). Ma nessun fisico matematico considera la suddetta univocità come vera a priori; lo sviluppo della teoria comincia anzi col porgerne la dimostrazione matematica, la quale significa che la rappresentazione adottata soddisfa intanto ad una prima condizione perché possa fornire un sistema ben definito di previsioni sperimentali: *i dati concettuali che nella rappresentazione vengono assunti come cause, determinano gli elementi concepiti come effetti, in virtù delle relazioni poste.*

Se così non fosse saremmo avvertiti che la previsione domandata esige almeno di osservare altri dati, o di tener conto di altri rapporti fisici, da cui illegittimamente si sarebbe fatto astrazione, ritenendoli irrilevanti per la previsione stessa.

Il principio di ragion sufficiente negli sviluppi delle matematiche

In tutti gli esempi che precedono si trattava di rappresentazione concettuale d'una realtà, fisicamente data. Ma anche nello sviluppo logico del pensiero, e segnatamente in certe costru-

zioni matematiche, ci occorre d'invocare un principio che ci appare tosto connesso a quello analizzato innanzi, poiché si designa di solito col medesimo nome di ragion sufficiente.

Non dubito che qualsiasi matematico sia ricorso talvolta a considerazioni, piú o meno vagamente espresse sotto la forma seguente: "l'ipotesi è assurda perché non contiene la ragion sufficiente di una certa differenza". Intuizione vaga che precede una dimostrazione precisa d'indole particolare, dove non si conserva piú nulla della forma in cui l'argomento si è presentato la prima volta.

A questo proposito mi sia consentito un ricordo personale. Un giorno mi trovavo presente ad una seduta accademica; un collega venerando enunciava una proprietà interessante delle coniche che trovansi fra loro in una certa relazione, per cui diconsi *coniugate*. Ad un certo punto il collega affermò che, fra le coniche tangenti in due punti ad una data, ve ne sono in generale *due* coniugate a questa, ed invece ne esistono *quattro* se i due punti di contatto sono gli estremi di un diametro.

Udendo l'enunciato io pensai tosto che un qualche errore di calcolo doveva infirmarlo, giacché, trattandosi di una proprietà d'ordine proiettivo (rispetto a cui tutti i fasci di coniche bitangenti debbono ritenersi come *uguali*), non vi è ragion sufficiente per distinguere i due casi sopra nominati.

In quel momento mi si disegnava alla mente il significato generale del principio logico che invochiamo talvolta, come un'intuizione vaga, nella costruzione matematica.

Si tratta di un modo rapido di controllare la possibilità di un risultato che, fino a quando non sia sviluppata o verificata la catena delle deduzioni, si presenta a noi come una semplice ipotesi.

Questo criterio di controllo può essere espresso in generale come segue:

Si abbiano degli enti a' $a''...$, i quali, per riguardo ad un concetto astratto a , vengano ritenuti come uguali

$$(a = \varphi(a') = \varphi(a'')...).$$

Se in un qualsiasi modo si dimostri per a' una proprietà che debba dipendere univocamente da a , questa apparterrà ugualmente ad $a''...$; in simboli: se

$$f(a') = F(a), \quad f(a'') = f(a'')...$$

Enunciato sotto questa forma, il principio di ragion sufficiente esprime soltanto la proprietà fondamentale dell'astrazione logica o dell'uguaglianza, la sostituibilità dell'uguale all'uguale in rapporto al concetto astratto corrispondente. Ma, nella sua semplicità, il principio anzidetto reca grandi servigi al matematico, così nella sua forma diretta come nell'inversa; e basterà citare alcuni esempi in proposito:

1) Se una proprietà geometrica è invariante rispetto ad un gruppo di trasformazioni, le varie figure trasformate di una data debbono essere uguali rispetto ad essa; comunque nella dimostrazione della proprietà in discorso si sia fatto uso di altre proprietà (non invarianti) che appartengano in proprio ad una singola figura, il risultato non può dipendere da queste differenze. Qui rientra l'esempio sopra citato, dove si ha a fare con proprietà proiettive ottenute mediante ragionamenti d'indole metrica. In generale il criterio 1) serve a controllare efficacemente le deduzioni e le ipotesi nei vari rami della geometria relativa ad un gruppo fondamentale di trasformazioni (geometria proiettiva, geometria delle trasformazioni birazionali, *analysis situs*, ecc.). Esso vale anche come principio induttivo di generalizzazione e di scoperta (metodo delle proiezioni di Poncelet, ecc.). Sotto questo aspetto rientra nel principio metodologico seguente:

2) Se una proprietà di certi enti dipende soltanto da alcuni

loro caratteri, essa può venire determinata particolarizzando comunque gli altri elementi che caratterizzano gli enti in discorso.

Un bell'esempio è offerto dalla nota dimostrazione del teorema di Bézout, basata sul principio di continuità:

Il numero delle intersezioni di due curve algebriche piane, d'ordine m , n , dipende soltanto da questi ordini (continuità); perciò esso può determinarsi particolarizzando comunque le due curve, e per esempio facendole degenerare rispettivamente in un gruppo di m rette ed in un gruppo di n rette; non vi è ragione perché il numero in questione cambi. Si deduce che il detto numero è uguale al prodotto mn .

Nella sua forma inversa il principio di ragion sufficiente si può esprimere come segue:

Se una proprietà di a' , non è comune ad a'' ,..., è impossibile dimostrarla utilizzando soltanto delle relazioni a cui soddisfa il concetto astratto a (e quindi ugualmente a' , a'' ,...).

In altre parole più vicine all'espressione ordinaria: Se una proprietà di un ente (a') dipende essenzialmente da altre (distinguenti a' da a'' ,...), non è possibile dedurla senza tener conto di queste.

Così il matematico, che tenta la soluzione di un problema o la dimostrazione di un teorema, è spesso indotto a riflettere se la causa di un insuccesso non stia appunto nel non aver fatto intervenire qualche dato dell'ipotesi.

Confronti e conclusioni

Paragoniamo il significato e l'ufficio del principio di ragion sufficiente nella costruzione fisica e nella matematica.

In ambedue i casi abbiamo a fare con un'*astrazione*, ma questa parola viene presa secondo due significati diversi:

1) *astrazione* in senso psicologico da sensazioni effettive o pos-

sibili, che sostituisce ad una serie di dati reali un concetto ben definito;

2) astrazione in senso puramente logico, cioè operazione per cui diversi concetti vengono spogliati di certe note differenziali e subordinati ad un concetto superiore (termine generico di una classe di cui quelli sono gli elementi ritenuti come "uguali").

Si possono ravvicinare i due punti di vista osservando che il ragionamento logico, proiettato fuori di noi, costituisce un processo fenomenico (psicologico) che osserviamo svolgersi nella mente altrui. Allora, se vogliamo ricostruire o rappresentare codesto processo, ci troveremo di fronte ad un determinismo in cui le "premesse" del ragionamento appaiono come cause determinanti le "conseguenze". Sotto questo aspetto la legge suindicata dell'astrazione logica rientra nel principio di ragion sufficiente, riguardato come condizione per la nostra rappresentazione logica di un processo psicologico. Bisogna che "le conseguenze risultino univocamente dalle premesse mediante operazioni logiche (deduzioni), e ciò comunque si sostituisce un insieme di premesse con un altro ritenuto equivalente".

L'inversione inavvertita della considerazione precedente può spiegare ai nostri occhi che il principio di ragion sufficiente sia stato ritenuto come un *principio logico* dal Leibniz e dal Wolff.

Ma da quanto precede risulta che quel principio, inteso nel suo piú ampio significato per riguardo alla realtà esterna, ha il suo posto non nella logica (presa in senso formale) ma nella *teoria della conoscenza*, in quanto esprime le *condizioni di legittimità dell'astrazione costruttrice dei concetti* conducente a rappresentare il reale in quel modo che costituisce la *conoscenza teorica*.

Si spiega infine che lo stesso principio abbia potuto apparire sotto diversi punti di vista come un principio metafisico, o come un'anticipazione necessaria ed effettiva dell'esperienza,

quando la rappresentazione del reale veniva pensata come una intuizione immediata delle cose, o ad ogni modo come univocamente determinata dai fenomeni, in rapporto alle leggi strutturali della psiche.

A questo riguardo il successo troppo pieno della costruzione meccanica può avere impedito di guadagnare più presto la veduta del moderno positivismo critico, che ravvisa nelle costruzioni scientifiche un prodotto psicologico, in parte dovuto alla volontà costruttrice del soggetto.

RAZIONALISMO E STORICISMO

Se è lecito considerare la realtà storica astraendo dalle molteplici tendenze che vi si combattono con alterna vicenda, e cogliere in uno schema il carattere ed il pensiero generale di un'epoca, si può ben dire che il contrasto fra razionalismo e storicismo rispecchia le differenze piú profonde fra il secolo decimottavo e il decimonono.

Dopo le conquiste grandiose della scienza positiva che, con Copernico e Galileo, Keplero e Newton, aveva costituito un nuovo sistema del mondo, dopo i progressi della filosofia inglese da Locke a Hume, il sentimento della potenza della ragione si affermava e si diffondeva in un'aspirazione piena degli animi verso tutte le forme del sapere e tutti gl'ideali della vita sociale. Codesto razionalismo poteva tanto piú confidare nelle sue forze, perché il contrasto anteriore fra ragionamento ed esperienza appariva in esso, almeno virtualmente, composto e superato: non piú, come per Descartes e Leibniz, si trattava di ricostruire *a priori* la verità sulla base esclusiva delle intuizioni chiare e distinte, ma le idee chiare si saldavano ormai alle osservazioni e alle esperienze mercé uno sviluppo logico di rapporti; questo metodo, realizzato splendidamente nella costruzione newtoniana, porgeva invero il tipo piú alto di un razionalismo sperimentale, conciliante in sé l'empirismo e il razionalismo puro del secolo decimosettimo.

Ma, a seconda delle diverse condizioni sociali, religiose e politiche, diversamente si atteggiava il movimento di pensiero in Francia e in Germania, dominando in questa gl'interessi intellettuali ed artistici, in quella le aspirazioni pratiche verso un rinnovamento delle istituzioni. E lo spirito rivoluzionario riuscì infine alla Rivoluzione, che doveva atterrare tutti i legami artificiosamente posti al libero sviluppo della natura umana, a sancire le forme nuove di vita, i quadri chiaramente determinati di istituti giuridici e politici, rispondenti in modo immediato alle esigenze della ragione e del sentimento.

Il secolo dei lumi non dubitava di poter attuare d'un tratto i suoi ideali, liberandosi con uno sforzo possente dalla superstruttura d'istituzioni, concepite come inutile avanzo dell'arbitrio e dell'errore.

Soltanto la Rivoluzione compiuta doveva mettere in luce il valore delle forze storiche. E quando il tentativo radicale di rinnovamento sembrò per un momento far crollare la società stessa, il passato che si credeva morto riapparve, fra le balenanti ruine del presente, come una base di ricostruzione; contro la critica distruttiva s'invocò il dogmatismo organico, contro la ragione la storia.

Non è possibile comprendere lo storicismo, dominante il pensiero e la vita dell'Europa nel secolo decimonono, senza riat-taccarlo a quell'avvenimento politico che da una parte aveva suscitato troppe speranze, e dall'altra aveva urtato interessi, sentimenti, idee, e ferito profondamente l'anima nazionale dei popoli, sopraffatti nelle guerre napoleoniche. Così, la prudenza degl'innovatori meglio consapevoli delle condizioni del successo si unisce agli spiriti della reazione aristocratica, religiosa, nazionale; e, mentre le condizioni materiali della vita si trasformano per le diffuse applicazioni della tecnica, un grande sforzo si compie per adattare la società nuova alle forme tradizionali, ed infrenare dentro di queste le aspirazioni degli animi.

Fu pertanto il secolo che ci precede, un periodo organico di lenta elaborazione e trasformazione, che per molti riguardi segna quasi una sosta nel moto ideale del progresso. Soltanto nel '48 lo spirito rivoluzionario prese per un momento il disopra in tutta l'Europa. E tuttavia il Manifesto dei Comunisti di Londra, che, uscito pochi giorni prima delle giornate di febbraio a Parigi, parve quasi significare la formula dottrinale di quella rivoluzione, estendentesi a Vienna, a Berlino, a Praga, a Francoforte eccetera, porge un segno caratteristico delle idee filosofiche dominanti: non piú, come nella famosa Dichiarazione dei diritti dell'uomo, dagl'imperativi universali della ragione, ma dalla veduta di uno sviluppo storico, muove il pensiero di Marx e di Engels redattori del Manifesto; e da quella assorge ad una teoria economica della storia, che rappresenta il piú valido tentativo d'interpretazione razionale dello storicismo contemporaneo.

Ma, a prescindere dalle condizioni politiche, che per una parte spiegano il contrasto fra lo spirito generale di due secoli, ed astraendo pure dalle disposizioni sentimentali che vi si accompagnano, i due atteggiamenti, "razionalismo" e "storicismo", suppongono, in qualche modo, ciascuno una particolare teoria della conoscenza sociale e politica, e sotto questo aspetto danno luogo ad un'analisi critica che qui ci proponiamo di svolgere.

Le origini del razionalismo

Abbiamo già avvertito che il razionalismo filosofico si svolge nell'età moderna come una estensione della teoria della conoscenza elaboratasi nella fisica. Importa penetrare piú addentro la comprensione del procedimento che qui viene messo in opera, richiamando le origini della meccanica razionale, dove appare

anzitutto un'astrazione dalla realtà sperimentale, un superamento delle apparenze sensibili, che l'empirismo greco non era riuscito ad oltrepassare. Codesto superamento si scorge già nettamente nell'ipotesi di Copernico, che trasporta idealmente l'uomo fuori della terra per contemplare il sistema planetario da un punto di vista centrale. Galileo prosegue ancora l'astrazione dai dati sensibili e, nello schema del movimento di un punto materiale isolato, scopre il primo principio generale della dinamica: la legge d'inerzia. L'ufficio stesso dell'esperienza sembra essere concepito da Galileo secondo un punto di vista diverso da quello che doveva prevalere piú tardi: era, anziché un mezzo di prova, un "cimento" invocato a confermare la dimostrazione razionale, almeno nei casi in cui una dimostrazione poteva essere sviluppata coll'istrumento matematico, da princípi assunti come evidenti. Si ha un esempio di ciò nella deduzione che i gravi cadono al suolo colla stessa velocità, anticipante il risultato delle esperienze verificatrici.

Ora, mentre da una parte il valore dell'esperimento si veniva affermando come un mezzo proprio di conoscenza, il razionalismo matematico assorgeva ad un concetto piú astratto nella mente di Descartes e di Leibniz. L'autore del *Discorso sul metodo* formulava con nettezza la veduta di una scienza teorica, costruita sul modello della geometria, che svolge deduttivamente le conseguenze di un sapere immediatamente intuito dal pensiero, per mezzo delle idee chiare e distinte. E Leibniz scopriva già in alcuni princípi posti da Archimede a fondamento della statica, un caso particolare di quel principio di ragion sufficiente che doveva porgere il fondamento di una metafisica reale e dimostrativa.

Le applicazioni concrete di tali idee tendevano a formare l'edificio della dinamica; ma ottennero in questo campo solo risultati parziali. La formulazione definitiva dei princípi dinamici, fatta da Newton, dovette accogliere — almeno come ipotesi

provvisoria — un dato sperimentale non altrimenti spiegato, l'“ attrazione ”, che perciò appunto i cartesiani ed il Leibniz tentarono di oppugnare. Per la prima volta l'ufficio dell'osservazione e dell'esperienza veniva così determinato nell'organismo scientifico, in rapporto al ragionamento; Newton domandava che gli si concedesse l'ipotesi non perché chiara *a priori*, ma come punto di partenza di uno sviluppo teorico che doveva provarsi vero nella verità delle conseguenze, sperimentalmente verificate.

Intanto la filosofia inglese dell'esperienza gettava le basi di un'analisi psicologica tendente a ricondurre il ragionamento ad un processo associativo di dati sperimentali, e derivante dalla combinazione di questi anche le intuizioni chiare su cui riposano i princípi.

Cosí appariva formata — almeno virtualmente — una teoria della conoscenza, che può in breve caratterizzarsi come segue: *esiste una verità obiettiva, indipendente dall'uomo, che ogni individuo può raggiungere mercé la coordinazione razionale, logicamente chiara, dei dati sperimentali.*

Il razionalismo del secolo decimottavo vuole affermare questa verità e assumerla come misura delle istituzioni sociali, in rapporto agl'ideali della vita che le condizioni dell'ambiente storico hanno preparato, ma che esso concepisce come assoluti. Codesto movimento filosofico esprime dunque la proiezione sociale della teoria della conoscenza sopra definita.

Il passaggio allo storicismo

Ora in due modi la teoria della conoscenza contenuta nel razionalismo, tende ad evolversi e a convertirsi nella veduta fondamentale dello storicismo:

- 1) Lo sviluppo della critica psicologica dimostra le piú pro-

fonde esperienze inconscie che sottostanno alle nostre intuizioni, e la parte che spetta al sentimento nel processo d'associazione delle idee e soprattutto nella rappresentazione dei fini.

2) Il concetto dell'esperienza si allarga dall'individuo alla società, e si estende dal presente al dominio infinito del passato.

Di qui si passa naturalmente al concetto che le credenze del passato e le forme storiche da esse ispirate, rappresentino il prodotto di esperienze inconscie, e come tali abbiano sempre un valore provvisorio, se pure non spiegate razionalmente. Ciò che è oscuro reclama i suoi diritti di fronte a ciò che è chiaro, in nome di tradizioni cui si legano interessi ed affetti; e come sviluppo ulteriore di quest'idea, dinanzi alle contraddizioni delle credenze storicamente accettate, lo stesso concetto della verità diventa relativo; il *relativismo storico* esprime appunto la *concezione subiettiva della verità*, che si trova al termine di questo movimento filosofico. E si ha qui la proiezione nella teoria della conoscenza di una veduta sociale che, per la sua parte piú giusta, riconosce la correlazione degli ideali allo sviluppo progressivo delle forme storiche. Cosí lo storicismo ammette una spiegazione in certo modo inversa a quella del razionalismo.

CRITICA Illustreremo fra poco le vedute sopra definite, riferendoci ad oggetti di discussione concreti. Ma intanto vogliamo svolgere in generale alcune riflessioni critiche.

Abbiamo osservato che il passaggio dal razionalismo sperimentale allo storicismo, ha origine in una concezione allargata dell'esperienza; sotto questo aspetto lo storicismo non si distinguerebbe in teoria dal razionalismo, se i limiti pratici non vietassero una coordinazione razionale di tutte le esperienze possibili.

Ora il quadro abbracciato dalla storia, e sia pure dalla storia praticamente limitata che possiamo conoscere, è certo piú largo di quello che contiene soltanto le esperienze individuali volon-

tariamente proseguite; ma in compenso il passato è piú difficile a comprendersi come un ordine razionale di esperienze. In primo luogo la storia che ci viene trasmessa è sempre, piú o meno, la storia delle forze vincitrici; le forme storiche che vediamo attestare certi bisogni sociali escludono altre forme possibili che meglio avrebbero risposto a interessi, sentimenti ed idee diverse, il cui significato e valore non poté essere ugualmente provato. Soltanto in alcuni casi ci è dato ricostruire in parte una rappresentazione delle forze vinte, come quando si cerca di compiere il quadro della storia del cattolicesimo, proseguendo lo studio dell'eresia accanto a quello delle dottrine ortodosse. Ma anche qui riesce impossibile una valutazione sperimentale di ciò che le idee condannate avrebbero significato, ove per le condizioni dell'ambiente fossero in qualche modo prevalse.

Se ammettiamo che i termini dell'esperienza storica siano, da un lato le condizioni obiettive della società (struttura economica, ambiente geografico, ecc.), dall'altro l'apprezzamento subiettivo di codeste condizioni alla stregua di sentimenti ed idee, ne consegue l'esigenza che i due fattori (reale ed ideale) dell'evoluzione sociale vengano compresi, e secondo lo sviluppo proprio di ciascuno, e secondo i rapporti di correlazione reciproca che fra di essi intercedono. Ma generalmente le suddette condizioni obiettive non ci sono conosciute che attraverso una rappresentazione dominante; sicché l'accertamento rigoroso dei piú semplici dati reali costituisce un problema difficile, intorno a cui il recente sviluppo del positivismo nella critica storica ha avuto il merito di richiamare l'attenzione degli studiosi.

D'altra parte, se si considera invece come preminente il fattore ideale, si deve pur ammettere un progresso per cui le idee oscure divengono piú chiare e i sentimenti vaghi si affermano in aspirazioni nettamente avvertite. Ma da questo punto di vista (che non è lontano dal motivo centrale del razionalismo storico hegeliano) non si sfugge alla conseguenza che le esigenze ra-

zionali del presente esprimano nel miglior modo l'insieme delle esperienze storiche, in quanto la mentalità dell'oggi risulta essa stessa come una formazione del passato e insieme alle correnti visibili del pensiero ce ne tramanda le correnti sotterranee.

Uno storicismo così inteso può ugualmente rispondere alle più opposte esigenze: al conservatorismo dogmatico di Hegel che vede nello Stato l'opera millenaria della ragione, e all'aspirazione rinnovatrice delle masse di cui si rendono interpreti i continuatori della sinistra hegeliana; al rispetto dell'esperienza storica, e alla pretesa ricostruzione *a priori* del progresso sociale, secondo disegni arbitrari e fantastici. Valgano ad esempio le applicazioni concrete della dialettica, fatte dallo stesso Hegel.

Ma forse appunto l'indeterminatezza del contenuto che trova riscontro nell'oscurità dell'espressione simbolica, conferisce alla filosofia hegeliana il suo carattere proprio, e spiega ad un tempo i motivi del suo successo. Questo pseudorazionalismo sembra quasi riportarci, di là dall'affermazione sperimentale, alla veduta metafisica di un Descartes e di un Leibniz; ma l'intuizione più circoscritta dei pensatori del secolo diciassettesimo si volgeva alle idee chiare e distinte, lo hegelianismo lascia all'intuizione più largo campo di esercitarsi nel regno delle ombre.

Ora, a prescindere da codesto tentativo d'interpretazione razionale, che si cela sotto simboli oscuri e indeterminati, lo storicismo si afferma, nella dottrina prevalente, come storicismo empirico, e sotto tale aspetto sembra chiaramente rispondere ai motivi sentimentali che lo determinano. Appunto lo storicismo empirico contiene una concezione subiettiva della verità, in contrapposto al postulato fondamentale della scienza.

Alcuni esempi ci permetteranno di giudicare in modo più preciso intorno al significato e al valore di tale opposizione, e al modo più conveniente di risolverla mediante un equo apprezzamento delle esigenze rappresentate dai due indirizzi di pensiero.

Religione

La filosofia della religione offre uno dei campi piú interessanti in cui si possano contrapporre le due tendenze fondamentali dello storicismo e del razionalismo.

ARGOMENTI DEI RAZIONALISTI Il punto di vista razionalistico fu enunciato con grande nettezza fino da David Hume nei suoi *Dialoghi sulla religione naturale*. Assistiamo qui ad una contrapposizione di vedute: l'ortodossia mistica è rappresentata da Demea, il teismo che si appoggia alle finalit  della natura viene sostenuto da Cleanto, e ad ambedue si oppone la veduta scettica e naturalistica di Filone.

Filone critica il concetto di un Dio personale ed estraneo al mondo (concetto gi  combattuto da Spinoza), cercando di spiegare l'ordine e la finalit  relative alle attuali condizioni d'esistenza come un'evoluzione progressiva; ma soprattutto egli confuta la posizione stessa del problema metafisico che si riferisce al mondo come *tutto*; riconosce una serie di problemi volti alla spiegazione delle varie parti dell'universo, ma non un problema speciale avente per oggetto la formazione di queste parti come totalit . (Traducendo, liberamente, nel nostro linguaggio: l'idea del "tutto" come di un dato attuale "assoluto",   priva di significato perch  riposa sopra un passaggio trascendente; la realt  che possiamo pensare come oggetto di un problema   suscettibile di gradi d'estensione crescenti senza fine, ai quali corrisponde una serie parimente indefinita di problemi, ma questa non si chiude in un *ultimo problema dell'universo*.)

Inoltre Filone contesta pi  direttamente l'idea di una Provvidenza divina perfettamente giusta, rilevando che essa   inconciliabile coll'ingiustizia del mondo; egli formula cos  in una conclusione negativa i dubbi sollevati dall'esistenza del male, che la teologia del Medioevo aveva tentato invano di sciogliere.

Con tutto ciò Filone non pretende negare Dio, ma chiarisce piuttosto che il teismo e l'ateismo non differiscono tanto come si ritiene d'ordinario; che insomma Dio non è un concetto ben definito, sicché la sua affermazione e negazione sono ugualmente prive di un significato preciso.

La filosofia francese di Diderot e d'Holbach non ha superato queste critiche se non per il sentimento che moveva gli attacchi contro le istituzioni religiose. E neppure la critica della teologia speculativa fatta da Kant raggiunge la lucidezza ammirabile del filosofo inglese. Kant si liberò a fatica dell'argomento ontologico di Sant'Anselmo d'Aosta, e non si avvide che lo stesso concetto dell'assoluto, implicato nel pensiero di un Essere perfetto, è privo di senso. Tuttavia Kant ha demolito la prova cosmologica che risale a Dio come Causa prima dell'universo, osservando che in base al postulato di causalità, quale si presuppone nel mondo dell'esperienza, la serie delle cause deve pensarsi infinita.

ARGOMENTI DEGLI STORICISTI Non basta distruggere la base razionale della fede. Questa ha un ufficio per riguardo alla vita pratica, è il presupposto di azioni e di sentimenti, di cui la storia ci attesta l'universalità.

E prima di tutto l'analisi storica, rintracciando l'origine mitologica delle credenze religiose, viene a infirmare il famoso dilemma di Voltaire, *folie ou friponnerie*. Un velo di poesia copre gli albori della fede, che si perdono nell'infanzia del genere umano, come i ricordi lontani della nostra propria infanzia si confondono talora coi sogni. Nulla di più commovente che questa rievocazione di uno stato d'animo ingenuo, per cui l'aspirazione all'ideale si colorì nelle forme fantastiche di una credenza; e quando poi questa si sviluppa attraverso i secoli, e diventa il centro della nostra vita morale ed affettiva, una forte riverenza della tradizione si aggiunge ad inibire il dubbio molesto della ragione.

Soprattutto Schleiermacher tentò di restaurare la fede storicamente, scorgendo nel cristianesimo il termine piú alto di un'evoluzione religiosa, suscettibile di ulteriore progresso. Una lucida veduta psicologica dell'importanza del fattore sentimentale gli mostrò nei dommi cristiani delle esperienze del sentimento umano; e cosí dal punto di vista della vita interiore, che noi conosciamo e viviamo, nessuno dei princípi di fede perde valore ai suoi occhi, quand'anche la personalità non si continui dopo la morte.

Queste vedute sono state riprese e sviluppate ai nostri giorni da Harald Höffding e William James. Nel recente pragmatismo di questi riconosciamo l'ultima formula della giustificazione storica delle credenze religiose.

Una nuova misura della verità serba intatto alla fede tutto il suo valore per riguardo alla vita vissuta; anzi, capovolgendo i criteri del razionalismo, questa misura diventa il significato proprio della verità. Dio e l'immortalità dell'anima, i postulati della religione, si affermano veri nella *bontà* delle conseguenze che ne derivano; e questo è *tutto* il significato dell'ammissione di codesti postulati.

CRITICA Ora la soluzione storico-pragmatistica del problema religioso urta contro difficoltà che ne invalidano la tesi fondamentale.

In primo luogo codesta tesi riposa sopra l'apprezzamento che gli effetti morali e sociali della fede sieno incondizionatamente benefici; ma fra questo giudizio ed il giudizio opposto degli eredi di Voltaire, che vedono nelle istituzioni religiose la sorgente di tutti i mali della società, vi è luogo per il filosofo ad una piú serena valutazione discriminatrice del bene e del male.

Se, adottando il punto di vista del pragmatismo, si confonde l'affermazione religiosa col riconoscimento degli interessi pratici che vi si riattaccano, bisogna pure ammettere che anche la cri-

tica negativa, tendente ad invalidare la credenza in nome delle esigenze razionali, rappresenti in ultima analisi altri interessi opposti a quelli che qui vengono messi in luce. Ed allora la religione, sbattuta fra due ordini d'interessi, perde quell'autorità decisiva nei conflitti del volere e del sentimento, che costituisce la sua ragion d'essere, sotto l'aspetto sociale.

D'altra parte il fenomeno religioso non si riduce a puro sentimento; una piú profonda analisi psicologica scopre accanto a questo un altro fattore, cioè una forma particolare di conoscenza che implica delle aspettative. Il carattere proprio di tali aspettative religiose trovasi espresso da Feuerbach, il piú lucido pensatore della scuola hegeliana: gli Dei fanno ciò che gli uomini desiderano, adempiono le leggi del cuore umano. La credenza nell'immortalità dell'anima, egli aggiunge, ha il suo fondamento nell'istinto di conservazione, poiché (secondo l'osservazione di Fichte) noi non possiamo amare alcuna cosa senza attaccarvi l'idea della durata.

La fede religiosa risponde dunque al bisogno dell'animo che i valori umani siano conservati, che quanto ci rappresentiamo come Bene trionfi sul male¹.

Ora il sentimento può generare la disposizione a credere o fortificare la credenza, può inibire fino ad un certo punto il controllo della ragione sull'oggetto delle aspettative accettate, ma in ultima analisi non può arrestare definitivamente il cammino della critica. Siccome il verificarsi o meno delle previsioni supposte non dipende dalla nostra volontà, così infine il giudizio risolutivo intorno alla loro attendibilità spetta all'insieme dei criteri che il razionalismo sperimentale pone a base di una definizione indiretta della realtà, nei casi in cui siamo tratti ad oltrepassare la sfera immediata dei nostri sensi.

¹ La formula che "la fede esprime il postulato fondamentale della conservazione dei valori" si trova a base dello studio recente di HÖFFDING, *La Filosofia della religione*. Cfr. anche VALLI, *Il fondamento psicologico della religione* (Loescher, Roma 1904).

Se è vero che la storia dimostra il valore morale e sociale della religione, è pure incontestabile che codesto valore presuppone quell'adesione incondizionata degli animi, per cui l'appagamento della speranza si concilia in qualche modo colle esigenze razionali. Il « neque enim quaero intelligere ut credam sed credo ut intelligam » di Anselmo d'Aosta, ci sembra caratteristico di questa condizione psicologica. Dove invece l'interpretazione del domma religioso restringe a priori il significato della verità concepita, tagliandone fuori una serie di rapporti, il concetto stesso di quella verità si trasforma nell'idea del " simbolo ", di cui già la dottrina cattolica ortodossa ha avvertito il pericolo.

Ora non solo l'interpretazione simbolica deve necessariamente indebolire negli animi il valore dei princípi di fede, ma anche questo valore deve apparire trasformato agli occhi del filosofo. Così per esempio l'immortalità dell'anima, per cui il credente partecipa al sommo Bene garantito dalla giustizia d'Iddio, simboleggia soltanto in una misura imperfetta la continuità della persona nelle conseguenze umane dell'opere; e sotto questo riguardo la rinunzia, per quanto nobile, di chi sacrifica gl'interessi e i piaceri mondani alla speranza di una vita futura, non può surrogare a tutti gli effetti il sentimento sublime di chi sa ritrovare se stesso in un concetto allargato della personalità, partecipando in ispirito al progresso verso forme piú alte di vita.

Da tali riflessioni scaturisce che la storia, indicando da un lato i motivi sentimentali e sociali per cui si origina il bisogno di una religione, prova altresí che questa deve soddisfare le esigenze razionali dell'ambiente in cui ha da esplicarsi come forza animatrice. E in un'epoca come la nostra, occorre che la fede, ricollegando in una comune aspirazione i sentimenti degli uomini e, riattaccando il presente al passato e all'avvenire, possa nel medesimo tempo essere accolta da tutti, sia pure con diversa larghezza d'interpretazioni, ma con adesione piena e sincera degli animi. Le esigenze razionali del pensiero piú illumi-

nato pesano infatti anche sulla coscienza degli umili, dove sia possibile supporre uno sfruttamento qualsiasi della fede ingenua, a servizio d'interessi individuali o di classe.

Sarebbe temerario precedere qui col pensiero l'avvento della nuova idea religiosa, che dovrà sciogliere la crisi attuale delle coscienze; né è possibile prevedere se quello si compirà per interna evoluzione del cristianesimo, o per contrapposizione di altri ideali, o per un fecondo contatto dell'Europa coi miti dell'Asia orientale.

Oggi due tendenze fondamentali appaiono convergere verso una soluzione razionale del problema religioso. L'una è la tendenza naturalistica che, mediante ipotesi plausibili, mira a scoprire in qualche modo la conservazione del mondo e della vita; il sistema cosmologico recentemente costruito da Arrhenius costituisce in questo senso il tentativo piú alto e magnifico: una forma di panteismo evoluzionistico, immune dalle conseguenze distruttrici del secondo principio della termo-dinamica, innanzi a cui si arrestava già impaurito lo spirito di Lord Kelvin. L'altra è la tendenza umanistica, lo sviluppo del sentimento che ricongiunge fede, speranza e carità ad una grande aspirazione umana. Così dalle ruine dei sogni, dinanzi all'idea piú reale della morte — fine inesorabile della persona —, la volontà di vivere risorge affermandosi in un sublime superamento di se stessa; pel quale l'anima nostra si fa davvero immortale, e s'india nell'ascensione gloriosa delle genti future.

Scienza

Lo spirito storico influisce in diverso modo sul concetto della scienza, nei rami diversi che si riferiscono alla natura fisica e biologica o alle questioni sociali.

Sulla scienza fisica, che ha come metodo proprio il razionali-

simo sperimentale, la storia può esercitare solo un'influenza indiretta e senz'altro benefica. A questa si deve che la concezione sistematica delle teorie, come organismi in sé chiusi e perfetti, abbia ceduto ad una veduta genetica del processo scientifico: processo induttivo e deduttivo, che dalle osservazioni particolari sale ai concetti generali ed astratti per ridiscendere all'esperienze di fatto, processo di sviluppo continuo, che pone fra le teorie un rapporto generativo e scorge nel loro succedersi un'approssimazione alla verità.

Qui è da notare che il concetto dell'evoluzione biologica (Lamarck, Darwin e Spencer) ha esercitato un'azione parallela allo storicismo; ma la stessa dottrina biologica è strettamente connessa colla intuizione storica, riattaccandosi alle correnti romantiche della filosofia del secolo scorso, attraverso le concezioni economiche di Malthus, la lotta sociale e la divisione del lavoro.

Ora, per quanto si riferisce alla scienze della società, la veduta storica ha prodotto in esse una rivoluzione analoga a quella che la tecnica sperimentale ha portato nelle scienze della natura. Estensione immensa del materiale da osservare, rettificazione d'idee anguste ed erronee, posizione di problemi nuovi, sono i primi risultati dell'intuizione storica aggiunta alla considerazione razionale dei rapporti sociali. Ma il successo troppo grande del metodo e lo sviluppo esagerato dello spirito positivo che vi si connette, tende a produrre un orientamento analitico ed empirico del pensiero in cui l'istrumento fa perdere di vista lo scopo, mentre la vastità del materiale da osservare in rapporto all'economia della ricerca, genera talvolta un'interpretazione superficiale e subiettiva della realtà osservata.

Per riferire le nostre considerazioni a qualcosa di concreto, sceglieremo qui due campi di studio in cui l'influenza storica si è esercitata molto diversamente: l'economia e il diritto.

L'economia, costituita come scienza razionale dalla scuola

classica inglese, ha modificato i suoi concetti piuttosto in relazione collo spirito storico (allo stesso modo della fisica) che coi risultati positivi della storia. Infatti la crisi che ebbe a traversare la dottrina classica sembra dovuta, per una parte ad una diversa valutazione (politico-filosofica) dei princípi assunti sulla base di alcune semplici intuizioni ed osservazioni, per l'altra ad un allargamento di codeste osservazioni nella stessa società contemporanea. Così appunto — nota Achille Loria — il fondatore del sistema storico, Marx, non ha seguito in pratica il canone metodologico già affermato dal Roescher; lo spirito storico della concezione marxista appare piuttosto nell'idea di uno sviluppo delle forme economiche, contrapposta al sistema statico-deduttivo della scuola inglese.

Ora la scuola storica posteriore ha proceduto piú avanti su questa via, facendo applicazioni proprie del metodo; ma, di fronte a questo indirizzo, la scuola psicologica austriaca, e quella matematica che nei tempi piú recenti si è concentrata e fiorisce ancora a Losanna, hanno rinnovato il concetto di una scienza economica razionale, sul tipo della fisica; e dal contrasto delle tendenze, sembra uscir fuori la considerazione di una serie di teorie economiche logicamente costruite, di cui resterebbe alla storia investigare la successione reale.

La rivoluzione operata dalla veduta storica nello studio del diritto appare altrimenti profonda. Dove lo spirito antico aveva scorto i decreti di una Provvidenza divina, e la filosofia dei lumi un prodotto arbitrario di volontà umane, la scuola fondata dal Savigny (che si riattacca alle felici intuizioni del Vico) riconobbe una formazione storica naturale. Ed invero « dappertutto ove l'esistenza di un diritto si rivela all'umana intelligenza, appare subito come sommerso ad una regola preesistente, l'invenzione di cui è d'altronde inutile ed anche impossibile »¹; la sua base è

¹ SAVIGNY, *Il diritto romano*, trad. ital. (Napoli 1847), p. 16.

nei rapporti di fatto pertinenti a quelle naturali comunioni di uomini che costituiscono i popoli, e che — del pari naturalmente — danno origine agli Stati; la sua realtà è anteriore al riconoscimento esplicito della legge, e allo sviluppo riflesso della dottrina.

Il Savigny spinge piú innanzi queste idee: « Il dritto, che da principio vivea nella coscienza del popolo, in seguito di novelli rapporti creati dalla vita reale, prende tale uno svolgimento, che la sua conoscenza cessa di essere accessibile a tutti i membri della nazione. Allora formasi un ordine singolare, quello dei giureconsulti, i quali ne' confini del dritto, rappresentano il popolo di cui fan parte. Esso è una nuova forma sotto cui il dritto popolare prosegue il suo sviluppo... »¹. E piú innanzi: « Il dritto popolare primitivo sparisce, per dir cosí, imperciocché le sue parti piú importanti, essendo passate nella legislazione e nella scienza, non sono piú visibili che sotto tali forme »².

Dai passi citati appare già, a nostro avviso, il difetto a cui doveva andare incontro lo sviluppo degli studi giuridici, nell'interpretazione del metodo storico dominante; sia pure che il mirabile equilibrio intellettuale e il senso profondo della realtà, lascino meno vederne le conseguenze dannose nelle applicazioni fattene dal Maestro.

Lo studio storico si volge piuttosto alle rappresentazioni del diritto nel pensiero dei giuristi, che alla critica immediata degli istituti includenti i rapporti giuridici; il punto di vista logico e psicologico, (che l'Ihering formulerà specialmente nel concetto hegeliano di un'evoluzione dei "corpi giuridici") prevale sulla veduta della realtà sottostante; del che si vedono ancora le conseguenze nell'indirizzo della scienza, nonostante il tentativo del materialismo storico di subordinare la formazione delle idee alla struttura economica, e la concezione piú realistica che si svi-

¹ *Ibid.*, p. 23. ² *Ibid.*, p. 25.

luppa oggigiorno al contatto delle mobili forme del diritto commerciale.

Tocchiamo qui un punto fondamentale per la critica dello storicismo rimpetto alla produzione scientifica in generale: qual è l'importanza che il ricercatore deve accordare alla letteratura dell'argomento? ed in qual modo la conoscenza di questa deve essere intesa?

Nelle scienze fisiche e naturali le esigenze che si accampano a questo proposito sono ragionevolmente limitate: che, in qualunque modo, il ricercatore pervenga a conoscere i problemi fondamentali, i principali risultati acquisiti, i metodi di cui occorre l'uso. Il pensiero degli altri ricercatori, se in ogni caso può valere come fattore suggestivo, passa in seconda linea di fronte al prodotto di esso, che è la realtà conosciuta.

Ma nelle scienze sociali la cosa viene considerata di solito sotto un aspetto diverso. Vi è infatti una differenza che subito apparisce: siccome non si può assistere alla riproduzione dei fatti storici, come delle esperienze fisiche, la rappresentazione che di quelli ci porge la letteratura diventa qui un oggetto immediato di studio.

Questa osservazione è in parte vera, ma deve essere debitamente interpretata. In primo luogo alla ricostruzione storica dei fatti ci aiutano fonti di diverso genere: lavori, atti, monumenti, il cui campo è piú largo della cosiddetta letteratura dell'argomento. In secondo luogo non bisogna perdere di vista che le fonti sono sempre un mezzo di studio, testimonianza piú o meno diretta di una realtà (fisica, psicologica, sociale), che sola costituisce lo scopo della ricerca. Così Gabriel Monod: « Sans doute les événements de l'histoire sont beaucoup plus difficiles à saisir dans leur réalité objective que les phénomènes naturels; mais nous avons vu qu'on peut cependant par la critique arriver à en fixer un grand nombre, et que d'ailleurs un certain nombre de documents, les lois par exemple, ou les statistiques économi-

ques, sont eux-mêmes des faits historiques, et de ceux qu'il importe le plus de connaître pour comprendre l'évolution humaine »¹. Dunque chi vuole comprendere un fatto storico non ha da spiegare in qual modo altri ce lo rappresenti, ma piuttosto — valendosi di tutti i mezzi a sua disposizione — deve cercare di formarsene una rappresentazione propria col confronto dei fatti sociali che cadono nel dominio d'osservazione del presente.

Se ciò è vero per la ricerca che ha come scopo proprio la storia, tanto più importa per riguardo alle scienze sociali, rispetto a cui la storia compie soltanto un ufficio ausiliario. Così dunque in ispecie per lo studioso dei fatti economici e giuridici, la letteratura non è che una fonte particolare, a cui deve accompagnarsi l'osservazione propria, l'esame delle statistiche, degli istituti e delle loro funzioni, delle leggi eccetera. Ma soprattutto l'insieme di queste fonti deve essere valutato colla riflessione critica. Onde una ragionevole economia di lavoro esige che l'informazione letteraria si riduca anche qui entro i limiti del necessario, e venga esperita con adatti criteri.

Accade talvolta che qualche forte pensatore, preparatosi all'infuori di ogni studio metodico, riesca ad aprire alla scienza nuove vie, che uomini eruditi non avrebbero mai sospettate. È ben vero che l'opera di quei pensatori presenta generalmente difetti corrispondenti alla mancata cultura letteraria; ma anziché insistere su questi, sembra opportuno meditare gl'insegnamenti che scaturiscono dagli accennati successi:

1) che l'erudizione non è atta di per sé ad orientare colui che ha un problema scientifico da risolvere, poiché essa suppone già

¹ Monod, *De la méthode dans la science* (Alcan, Parigi 1900), pp. 341 sg. Trad.: « Senza dubbio gli avvenimenti storici sono molto più difficili da afferrare, nella loro realtà obiettiva, dei fenomeni naturali; ma abbiamo visto che è tuttavia possibile arrivare per mezzo della critica a fissarne un grosso numero, e che d'altra parte un certo numero di documenti, le leggi per esempio, o le statistiche economiche, sono essi stessi fatti storici, di quelli che più importa conoscere per comprendere l'evoluzione umana. »

criteri razionali di scelta in base a cui ordinare e valutare le opinioni;

2) che, in mancanza di tali criteri, il ricercatore si trova ad accettare una norma esterna impostagli dalla tradizione, e così spesso è condotto a restringere *a priori* il materiale di studio, secondo un punto di vista limitato che è prevalso nella rappresentazione altrui;

3) che lo studio della letteratura, proseguito coll'ideale della compiutezza, porge una falsa prospettiva della scienza, mettendo ad un livello le idee alte e le verità luminose col gran numero d'idee di poco valore, oscure ed errate;

4) che infine l'utilizzazione degli errori altrui e il riconoscimento della parte di vero che essi possono contenere, esige già il possesso della verità nelle sue grandi linee, e perciò la cultura letteraria deve essere acquisita per gradi ad allargare successivamente la veduta che il ricercatore abbia guadagnata colla riflessione propria sull'oggetto di studio; altrimenti si corre il rischio di essere ingannati o di smarrire il concetto stesso della verità in un subiettivismo scettico.

Filosofia

Tutte le tendenze generali che sollecitano il pensiero esercitano naturalmente la massima influenza su quella che vuole essere appunto rappresentazione del pensiero e dei suoi diversi atteggiamenti: la filosofia. E perciò qui appaiono spesso esagerati, e talvolta prolungati in una veduta paradossale, i difetti inerenti ai metodi e ai concetti della scienza o dell'arte.

Lo storicismo, com'è inteso oggi generalmente dalle scuole filosofiche, presenta ai nostri occhi questo fenomeno d'esagerazione, e nella sua pratica — se non forse nella teoria — sintesi e rispecchia tutte le angustie, le debolezze, gli errori che già abbiamo avuto luogo di rilevare.

Per comprendere il posto assegnato alla storia della filosofia, nel concetto dominante dei filosofi, bisogna ricostruire anzitutto il concetto della filosofia stessa. Il che ci proponiamo di fare, non nel senso di definire una veduta particolare o un problema che — in conformità ad un atteggiamento nostro — sia da ritenere come oggetto della filosofia (per esempio, problema della conoscenza o del valore), ma in guisa da porgere — per quanto sia possibile — la rappresentazione piú comprensiva di una *filosofia integrale*.

Se prendiamo come elementi di costruzione le *immagini* che popolano la mente umana, vediamo lo sviluppo psicologico tendere a due diverse coordinazioni di esse, che si differenziano progressivamente come *subiettivo* ed *obiettivo*. In rapporto a questo sviluppo abbiamo la differenziazione della scienza e dell'arte:

scienza = rappresentazione dell'obiettivo,

arte = espressione del subiettivo.

Ora i rapporti fra subiettivo ed obiettivo dànno origine a vari problemi: i problemi gnoseologici che concernono la rappresentazione scientifica, considerata come prodotto del soggetto; i problemi della metafisica e della religione, che implicano una valutazione del mondo obiettivo dal punto di vista del soggetto; e, quasi in senso opposto: la ricostruzione mediante criteri eiettivi del soggetto attraverso le sue manifestazioni esterne (psicologia), oppure la critica dell'opera artistica dal punto di vista dell'espressione del subiettivo che essa deve porgere (estetica); la valutazione del soggetto, delle sue azioni e della sua volontà da un punto di vista obiettivo (etica).

Qualunque valore si accordi allo schema di classificazione, affatto provvisorio, qui accennato, sono questi problemi, concernenti i rapporti fra subiettivo ed obiettivo, che nella veduta comune si assumono come oggetto della filosofia. Su questa base possiamo comprendere gli

ARGOMENTI DEGLI STORICISTI I problemi concernenti i rapporti fra subiettivo e obiettivo dipendono essenzialmente dall'atteggiamento proprio dello speculatore, cioè dalla sua posizione intellettuale, che può essere per esempio contemplativa o valutativa, e in relazione a diverse scale di valori, che può orientarsi in vario modo per la scelta di dati primitivi diversi: io, non-io, sensazioni, immagini, volontà eccetera. Tale atteggiamento riflette i caratteri piú intimi della personalità del filosofo. La risposta ai problemi che questi si propone non può paragonarsi ad un risultato scientifico, ma si avvicina piuttosto ad una veduta artistica. Pertanto ad educare lo spirito filosofico è via maestra lo studio sui possibili atteggiamenti che hanno generato il succedersi delle filosofie. [Per coloro che vedono invece nella filosofia una serie di risultati, la storia ne è ugualmente domandata come l'unica rappresentazione completa di questi.]

A ciò si aggiunge una veduta speciale che concerne in genere il posto occupato nel pensiero dalla storia.

Questa partecipa della scienza e dell'arte, secondoché si pensi come rappresentazione di una realtà obiettiva e primo grado di una scienza sociale, oppure come rappresentazione del passato da un punto di vista contemplativo ed affettivo, evocazione di uno stato d'animo. Sotto questo riguardo la storia è ancora la continuazione dell'epopea (cui si riattaccano le sue origini), oppure può mettersi a lato della religione e della metafisica, in conformità con un altro legame genetico per cui essa si riattacca pure alla religione e alla mitologia.

Per tali motivi l'educazione filosofica viene concepita come avente il suo fondamento proprio nello studio della storia della filosofia, nel quale si assomma tutto il lavoro prodotto dallo spirito filosofico delle generazioni passate, e tutto il materiale da elaborare; mentre la scienza e l'arte procedono ormai differenziate per una propria via.

CRITICA Per apprezzare gli argomenti che precedono dobbiamo anzitutto discutere intorno all'interpretazione delle distinzioni premesse e correggere quindi il concetto della filosofia posto a base dello storicismo.

La prima riflessione critica concerne la distinzione fra subiettivo ed obiettivo. È un errore della filosofia classica di prendere codesta distinzione in un senso assoluto; abbiamo già mostrato altrove ¹ che subiettivo ed obiettivo sono separabili soltanto per via di astrazioni successive, senza che possa darsi un termine alla serie infinita di queste (cioè, un soggetto o un oggetto puro trascendentemente presi = nomi vuoti di senso). Conseguenza da ciò che anche nella scienza vi è posto per rappresentazioni d'ordine subiettivo (teorie metafisiche), e parimente nell'arte vi è da considerare in genere un oggetto (per esempio una tela dipinta eccetera) espressione dello stato d'animo dell'artista.

Questo legame di elementi inscindibili nell'opera scientifica o artistica dà origine ad un rapporto filosofico che si trova perciò implicito in essa. Ogni scienza come ogni arte suppone dunque una filosofia; ogni scienziato (intendo ognuno che prosegua esperienze ragionate o ragioni sui dati di osservazioni ed esperienze altrui) è in qualche modo filosofo, o, se non possiede un atteggiamento proprio per riguardo ai problemi investigati, può considerarsi seguace della veduta filosofica che sottostà all'indirizzo della sua scuola. E analogamente si dica dell'artista. Pertanto, la filosofia esplicitamente professata come tale è soltanto una parte di tutta la filosofia che manifesta i vari atteggiamenti del pensiero; nella quale anche la scienza e l'arte debbono figurare ad ugual titolo. E a queste si deve aggiungere l'azione, che sempre ed in modo diretto esprime un pensiero e un atteggiamento della volontà.

Con ciò quale risposta si porgerà alla domanda "che cos'è la filosofia?"

¹ ENRIQUES, *Problemi della scienza*.

Diremo in generale che ogni filosofia esprime un atteggiamento rispetto al mondo del pensiero e dell'azione.

Sotto questo riguardo rientrano nel concetto di essa le costruzioni scientifiche ed artistiche, non meno che le opere legislative o gl'istituti sociali eccetera, ove si scorgono appunto varie espressioni dello spirito filosofico.

Tuttavia se ci si limita a considerare le manifestazioni teoriche dello spirito filosofico (ed anche la cosiddetta filosofia pratica rientra qui come *teoria dell'azione*), si può distinguere ancora la filosofia implicita nelle opere di scienza e d'arte, e la filosofia che è esplicita riflessione sull'atteggiamento implicato nel pensiero e nell'azione. E di queste si hanno poi due forme:

- 1) una forma artistica o rappresentativa, che è soprattutto strumento di elaborazione e trasmissione dei valori, per esempio la filosofia dei drammi di Shakespeare, o delle liriche di Leopardi;
- 2) una forma scientifica o razionale, cioè la discussione logica a cui in senso stretto potrebbe riservarsi il nome di filosofia.

Qui è da avvertire che le due forme si sovrappongono e confondono spesso nell'espressione ibrida d'un pensiero ricco di elementi emotivi, ma privo del freno inibitorio onde risulta una lucida ed ordinata coerenza; alludiamo ai sistemi filosofici pseudorazionali dove gli schemi verbali soddisfano formalmente il bisogno del rigore logico, mentre il senso indeterminato dei termini lascia il posto ad una larghezza d'interpretazioni confacente ad una sentimentalità indefinita.

Dato il concetto sopra esposto della filosofia, si è condotti naturalmente ad oppugnare lo storicismo anche in nome della storia. Il vero atteggiamento nuovo dello spirito filosofico si manifesta dapprima inconsciamente nell'opera scientifica, artistica, morale o politica, come reazione alle difficoltà del produrre; lo sviluppo della riflessione filosofica non può che svolgere gli elementi già presentatisi in codeste opere, e diventa presto formale proseguendosi fuori del processo in cui ha avuto

origine. Perciò la scienza, l'arte e l'azione sono soprattutto le fonti dirette del pensiero filosofico; assorbe alle cime della filosofia l'uomo che ha vissuto con spirito speculativo la creazione scientifica, artistica, morale o politica.

La storia della filosofia è un sussidio efficace solo per chi è capace di comprenderne gli aspetti profondi rivivendola nella sua genesi. Ma per la filosofia, nel significato razionale della parola, ciò significa soprattutto penetrare il processo costruttivo della scienza, il prodotto più meraviglioso che lo spirito filosofico abbia generato nei tempi moderni, superando le più eccelse tradizioni del passato. Diciamo penetrare il processo scientifico, non studiare i risultati a cui esso ha condotto in uno o nell'altro campo dello scibile; l'interesse di questi è da considerare qui in rapporto all'atteggiamento scientifico dello studioso.

Così infatti ha proceduto lo sviluppo della grande filosofia fino alla soglia del secolo decimonono; la sua storia è connessa alla formazione della scienza ed inintelligibile all'infuori di questa. Ma da quel punto diramano due correnti di pensiero nelle quali appare la continuità dello sviluppo filosofico: da un lato la corrente romantica, che si suol considerare come filosofia classica, dall'altro la scienza, sul cui terreno germoglia più tardi la speculazione positiva e quindi la critica dei principi.

Ora il romanticismo ha apparentemente mantenuto il contatto colla tradizione storica; nel fatto si tratta di una continuità piuttosto formale, imperocché tramandando le formule antiche ha smarrito spesso la coscienza del loro significato originario, rispetto alla costruzione scientifica. Che valore rimanga a questa filosofia è, per verità, un problema complesso e difficile, imperocché occorrerebbe distinguere anzitutto gli elementi vari ond'essa risultò: la prevalenza del sentimento e dell'immaginativa sull'osservazione e sul ragionamento, carattere comune alle opere letterarie dell'epoca romantica; la reazione nazionalistica della mentalità germanica contro l'espandersi del pensiero latino

portato sulle ali della Rivoluzione francese; gl'interessi inerenti allo studio dei problemi sociali, cui si riattacca la veduta storica e specialmente quella di un progresso, che esprime insieme una dottrina morale d'elevamento e una dottrina scientifica anticipante sotto aspetto idealistico la piú moderna teoria biologica dell'evoluzione. Questi ed altri elementi si combinarono nella costruzione di schemi verbali, magnifica fioritura di una speculazione poetica pseudorazionale; pure la stessa incertezza dei simboli oscuri valse forse a soddisfare il sentimento d'indipendenza individuale, che il Fichte confessava essere motivo ispiratore del subiettivismo trascendentale. Considerata per questo aspetto la filosofia romantica andò acquistando a poco a poco i caratteri propri di una religione; pose come possibili e vere nel divenire della società le aspirazioni ideali dell'uomo, e ne affermò la realizzazione indipendente dagli ostacoli esterni; partecipando in tal guisa alla luce e alle tenebre, agli slanci impetuosi e alle debolezze incoercibili della coscienza religiosa.

Ma che cosa significhi ed importi quell'atteggiamento filosofico, nella vita sociale, risulta forse praticamente dimostrato dalla psicologia del '48, che nel modo piú vivo ne ritrae insieme l'infantile e l'eroico. Imperocché a torto si ripete che la veduta obiettiva della realtà e lo spirito positivo producono, necessario effetto, la diminuzione delle energie volitive e la depressione degli ideali; all'opposto invece ne traggono piú virile insegnamento gli animi forti che dalla conoscenza degli ostacoli apprendono soltanto il mezzo di superarli.

Il positivismo che verso la metà del secolo passato sorge sul terreno della scienza, rompe in apparenza ogni tradizione storica al grido di "abbasso la metafisica!" Nel fatto però esso si riattacca alla corrente sotterranea di pensiero che dalla grande filosofia dei secoli precedenti passò nella costruzione scientifica. Così Auguste Comte, rivendicando ed estendendo il razionalismo sperimentale elaboratosi nella fisica, si appoggia ad un'in-

tuizione storica: è un prodotto storico che si dimostra valido ai suoi occhi per l'accordo sociale, progressivamente raggiunto nei metodi e nei risultati!

È vero che la filosofia positiva, riguardando alla scienza formata, perse il contatto col processo formativo, al quale doveva ricondurre più tardi la critica dei principi scientifici. Ma per lo sviluppo di questa, ed in parte anche sotto l'influenza recente del neokantismo, la tradizione della grande filosofia promette di riannodarsi alla speculazione positiva in un fecondo movimento di pensiero. Alla cui base sta ancora un più largo razionalismo sperimentale che coordina e interpreta l'esperienza storica al lume della logica scientifica!

Conclusion

Nell'esame che precede, sforzandoci di raggiungere l'imparzialità di un punto di vista superiore, abbiamo riconosciuto i motivi dello storicismo nel bisogno d'integrare l'esperienza individuale, e di allargare così la concezione scientifica elaboratasi nella fisica con quella che proviene da uno sviluppo positivo delle scienze sociali.

Ma contro le esagerazioni e degenerazioni del metodo storico, contro il subiettivismo che vi si riattacca, abbiamo opposto le ragioni stesse della storia, intesa nel senso più comprensivo e razionalmente interpretata.

Infatti se la misura storica viene assunta come criterio di giudizio tra le varie dottrine della conoscenza, si è naturalmente condotti ad accordare la preminenza a quella dottrina che nella formazione della scienza si è mostrata capace di produrre l'accordo più esteso e durevole, a quel metodo che nella lotta delle opinioni ha ricevuto già in parte la sanzione del successo.

Nei vari esempi sottoposti alla nostra critica si palesa in defi-

nitiva che il razionalismo del secolo decimottavo e lo storicismo del secolo decimonono sono ugualmente due vedute unilaterali che debbono convergere in una veduta superiore, sia che questa venga concepita come uno storicismo razionale ed integro, o (secondo il punto di vista che preferiamo) come un razionalismo sperimentale allargato mercé la coordinazione dell'esperienza storica a quella del presente. Ma nell'apprezzare in ultima analisi il peso reciproco degli elementi che determinano la scelta fra le due tendenze convergenti, rimane ancora un posto per le disposizioni sentimentali; da questo punto di vista, che ci riporta al principio del nostro articolo, razionalismo e storicismo rappresentano due atteggiamenti dell'animo verso il progresso sociale, e si esplicano come una forza attiva e come una resistenza conservativa, dal cui contrasto risulta il piú sicuro cammino dell'umanità nelle vie dell'avvenire.

IL PRAGMATISMO

Introduzione

Lo sviluppo della scienza è senza contrasto uno dei fatti piú salienti della civiltà moderna. Si resta ammirati e sbigottiti ad un tempo ove si consideri la somma degli sforzi che si sono dovuti accumulare per giungere al punto attuale, e l'estensione delle conseguenze pratiche che ne sono risultate per la vita degl'individui e della società.

Ma quando si pensa agli sforzi domandati dalla costruzione scientifica, si ha in vista di solito il puro lavoro dello studioso e del ricercatore; lo sviluppo del sapere sembra essere prodotto esclusivo dei pochi uomini che coltivano l'amore disinteressato per la verità e volgono a questa meta l'opera assidua del loro spirito; il gran pubblico che non studia e si limita a godere i benefici delle scoperte scientifiche, non vien preso in considerazione, o tutt'al piú entra in conto esclusivamente da un punto di vista economico: la ricerca del sapere costa, ond'è troppo naturale che la società su cui ricade l'utile, ne faccia le spese.

Questa veduta del progresso scientifico non corrisponde alla complessità del fatto sociale. Il sapere non è opera esclusiva di chi lo ricerca; non è possibile scindere la società umana in una classe di produttori di scienza e in una classe di consumatori,

nettamente distinte. Infatti l'applicazione tecnica, la messa in opera delle regole scientifiche nelle varie contingenze della vita, è pur sempre in qualche modo una collaborazione al prodotto: in quanto almeno esige lo sviluppo di una particolare mentalità che reagisce da uomo a uomo nel vasto intreccio dei rapporti intellettuali e affettivi, tecnici ed economici, che costituiscono la convivenza sociale.

In questo senso la scienza deve ritenersi come un prodotto della mentalità collettiva, ed attesta, col suo progresso, non soltanto certe condizioni di struttura economica soggiacenti (come vuole il materialismo storico), ma anche un adattamento spirituale della società intiera.

Ora — per tutto ciò che vive — adattamento significa sforzo e reazione; perciò, al pari di ogni altro moto sociale, anche la scienza genera sul suo cammino resistenze ed avversioni. Non vi è progresso scientifico che non sia accompagnato da reazione antiscientifica: il razionalismo del secolo decimottavo genera l'avverso movimento romantico, che empie del suo fervore la prima parte del secolo decimonono, e al rinnovamento del pensiero scientifico succede verso la fine di questo secolo una nuova reazione, che — atteggiandosi in varie forme — tinge di bigio la speculazione contemporanea.

Il filosofo che indaga lo spirito umano non può disinteressarsi di tale fenomeno, che per più lati interessa la scienza stessa, di cui promuove — colla critica — un più fecondo sviluppo. Vi è qui un vasto campo di studio; l'analisi del movimento antiscientifico dovrebbe infatti ricercare attraverso la storia le diverse condizioni d'ambiente e di cultura in cui l'intuizione artistica o religiosa o i bisogni dell'attività pratica si sono trovati a volta a volta di fronte allo spirito scientifico, ad una diversa intuizione del mondo ch'esso promuove, ad una particolare disciplina cui subordina gl'intelletti; e d'altra parte rilevare gli sviluppi della scienza per quanto la scienza stessa è responsabile dell'opposi-

zione fattale in nome di esigenze ch'essa non ha debitamente soddisfatto, perché il suo sviluppo limitato lascia ad ogni momento male illuminati alcuni rapporti ed aspetti delle cose, che hanno un piú diretto interesse per l'uomo, o perché l'analisi sembra talora prendere il sopravvento esclusivo sulla sintesi, e ne suscita piú acuto il bisogno.

Tra le forme contemporanee della reazione antiscientifica, alcune hanno soltanto un contenuto poetico e sentimentale, come la predicazione di Tolstoj; altre, come la celebre campagna di Brunetière, rivelano immediatamente, accanto alla preoccupazione etico-religiosa, gl'interessi politici che l'ispirano; altre ancora, ritornando a vecchie formule isterilite, si mostrano troppo ignoranti dello sviluppo dei concetti scientifici; sopra tutte ci sembra pieno d'interesse il movimento di pensiero che sorge sul terreno stesso della scienza e della filosofia positiva, per opera di pensatori geniali e di sottili ragionatori; diciamo la filosofia che da qualche anno è comparsa e si è rapidamente diffusa nel mondo sotto il nome di pragmatismo.

Di questa appunto e della critica del sapere ch'essa contiene vogliamo qui fare lo studio.

Empirismo radicale

Brunetière contestava il *valore sociale* della scienza affermando che il volere non dipende dal sapere; il pragmatismo procede piú oltre negando anche il *valore teorico della conoscenza scientifica*, e scorgendo in questa un prodotto arbitrario della ragion pratica.

Per comprendere tale veduta giova confrontare due tesi ugualmente contenute nella filosofia positiva:

- 1) la realtà è il *dato* dell'esperienza;
- 2) la scienza che coordina razionalmente i dati sperimentali è legittima espressione della realtà.

La nuova critica si propone di trarre qualcosa di contraddittorio dallo sviluppo di queste due tesi apparentemente identiche. E a ciò riesce col sottomettere ad analisi approfondita l'elemento razionale della costruzione scientifica: analisi piú propriamente *psicologica* e analisi *gnoseologica* o *epistemologica*.

Il riattacco di quest'analisi alla filosofia positiva si scorge immediatamente nella figliazione storica dei pensatori che piú efficacemente la promuovono: Henri Bergson e William James.

Bergson si riattacca a Comte attraverso la sottile elaborazione del positivismo che, accentuando il carattere empirico della conoscenza, riesce alla metafisica della contingenza di Émile Boutroux. E James si afferma e pone come continuatore di Stuart Mill, che, riattaccando lo spirito comtiano alle tradizioni del vecchio empirismo inglese, è il piú genuino rappresentante della filosofia positiva dell'Inghilterra.

Ora Bergson e James sembrano incontrarsi nell'ammettere come *primum* psicologico una realtà empirica immediata che si deformerebbe pel giuoco delle associazioni nel processo del ragionamento e nell'espressione attraverso il linguaggio.

Cosí, per esempio, una foresta veduta di lontano dà l'impressione di un violetto che il giudizio dell'osservatore prevenuto scambia col verde; ed occorre una riflessione critica quale vien porta dalla scuola dei pittori impressionisti, per ristabilire il colore genuino che risponde alla realtà immediatamente percepita.

A quel modo che Rousseau andava ricercando uno stato di natura originariamente semplice della società, che sarebbe stato alterato per l'opera artificiosa dell'arbitrio legislativo, si tratta qui di una rievocazione analoga nel mondo dello spirito umano: l'empirismo radicale, che sviluppa fino all'ultime deduzioni la filosofia dell'esperienza, tende appunto a ritrovare il concetto primo della realtà, deformato per effetto dei motivi pratici che eccitano e determinano la volontà dell'uomo. I prodotti razio-

nali si allontanano ognor piú dalla visione genuina del reale per servire ad utilità individuali e sociali; in questo senso la scienza perde il suo preteso valore di conoscenza teorica e si converte in istrumento d'azione, condizionato agli scopi che ne promuovono lo sviluppo.

La critica della scienza

Qui soccorrono i risultati della gnoseologia scientifica: le critiche di Mach e di Poincaré interpretate da Le Roy, le formule logiche di Peirce volte ad una conclusione analoga da James e da Schiller.

Che cosa si trova nella scienza quando il criterio ultimo del conoscere venga riposto nell'esperimento?

È chiaro che da questo punto di vista, conforme allo spirito della filosofia positiva, tutte le conoscenze assumono un significato approssimato e relativo. La misura di una lunghezza non è un numero esattamente definito, ma un intervallo la cui ampiezza dipende dalla precisione degli istrumenti messi in opera per misurare. Allo stesso modo la legge fisica che rappresenta un certo insieme di fenomeni non è la formula rigorosa di un rapporto esatto, che il pensiero coglie nella realtà e l'esperienza ha il torto di verificare imperfettamente. La legge è una pura espressione approssimata dei fatti, la quale possiamo arbitrariamente semplificare nei limiti di approssimazione dei dati sperimentali, così come abbiamo l'abitudine di esprimere le misure nel modo piú economico, tralasciando le cifre decimali che restano al di sotto degli errori d'osservazione.

Pertanto la costruzione dei concetti nella scienza non appare piú determinata dai dati empirici che questa vuole rappresentare; interviene una libera scelta fra concetti che — nei limiti di approssimazione dei dati — appariscono equivalenti; e tale

scelta dà luogo ad una lotta fra le teorie scientifiche, dominata da un principio biologico di selezione: ciò che dà vita in ultima analisi ai concetti e alle teorie è il loro valore in ordine all'*economia del pensiero*.

L'interpretazione nominalistica o pragmatistica di queste vedute eleverà quindi a principio generale di valutazione delle teorie il principio che serve a discriminare le teorie equivalenti; una volta riconosciuta la parziale arbitrarietà della costruzione scientifica e il giuoco di motivi economico-pratici, non si tarderà a proclamare che tutta la scienza si riduce ad un sistema di *convenzioni arbitrarie*.

Il nominalismo francese perviene a tale conclusione aggiungendo all'analisi di Mach quella di Poincaré che concerne i *principi*. Non basta avere riconosciuto l'arbitrarietà nascente dal carattere approssimato dei dati empirici che vogliono rappresentare mediante concetti rigorosi. Bisogna anche riconoscere l'arbitrarietà che proviene dal carattere relativo della scienza: ogni fatto scientifico esprime un rapporto fra elementi che non sono immediatamente dati dall'esperienza, ma concetti astratti, costruiti a rappresentare la realtà sperimentale; ora un rapporto siffatto non ha senso positivo isolatamente preso di per sé, ma lo acquista subordinatamente alla conoscenza di altri fatti e condizioni. Si dà origine per tal modo ad una gerarchia di rapporti, che fa capo ai principi scientifici più generali della geometria, della meccanica eccetera. Ed i principi stessi appaiono al Poincaré non più come espressione di fatti, ma come pure convenzioni: rapporti formalmente posti fra i concetti fondamentali della scienza che servono a porgere o a completare implicitamente la definizione di questi.

Il Le Roy non tarderà ad estendere tale veduta. Ogni conoscenza scientifica essendo vera soltanto per riguardo ad altre conoscenze, diventa possibile di considerarla in se stessa come priva di significato positivo, riducendola ad una definizione ar-

bitraria dei concetti tra cui essa pone un rapporto: così per esempio quando si enuncia la temperatura di fusione del fosforo, si esprime non un fatto concreto, ma piuttosto una condizione definitrice di quel corpo.

Queste conclusioni nominalistiche, che confuteremo più innanzi, suppongono in qualche modo come oggetto della scienza un assoluto, che rimane poi irraggiungibile dalla conoscenza scientifica. Alla legge semplificata che rappresenta in un certo ordine d'approssimazione una serie di dati empirici, si contrappone idealmente la Verità, rigorosa, rimpetto a cui la legge stessa viene dichiarata una convenzione od una creazione arbitraria. Al fatto scientifico la cui validità è subordinata ad un insieme complesso ed impreciso di condizioni, si vuol dare il significato rigorosamente definito di una verità isolatamente presa, che includa in sé la serie infinita dei rapporti condizionanti; nella ricerca d'una esattezza infinita svanisce il significato stesso della conoscenza, e quindi il suo valore teorico.

Così il possesso della verità ricercato colla scienza diviene pura illusione: i risultati scientifici potranno tutt'al più fornire una tecnica utilitaria, una regola d'azione alla vita, ma non rispondere in alcun modo al desiderio di sapere che sollecita lo spirito nostro!

La formula di Peirce

Ma la conclusione che fa della scienza una regola utilitaria, non muove soltanto dalla critica che — in un certo senso — spinge alle ultime esagerazioni l'agnosticismo kantiano.

Nello stesso giudizio conviene una filosofia che si presenta a tutta prima come opposta, in quanto mira a combattere l'assoluto e l'inconoscibile con una critica approfondita del significato delle teorie scientifiche e filosofiche.

È noto che il termine "pragmatismo", reso celebre pel nuovo

contenuto conferitogli da William James, si riattacca ad una formula dichiarativa del Peirce: « il senso di una teoria risiede nelle conseguenze pratiche che ne risultano ». Ora l'autore di questa formula, che è un logico matematico, si proponeva appunto con essa di fissare il metodo, posto in opera dagli scienziati e dai filosofi critici della scuola di Berkeley, per chiarire le nostre idee definendo il significato delle questioni; metodo da cui si ricava in ispecie la confutazione dei problemi irrisolubili, accolti come tali dal positivismo agnostico. Del resto il principio del Peirce, in tutto conforme allo spirito della filosofia positiva, non fa che tradurlo in forma logica il criterio fondamentale: il senso delle teorie risiede nei fatti che esse contengono.

Per la storia di questo canone si può (con Vailati) risalire a Cartesio, da cui esso è passato nella scienza moderna. Ecco infatti come il filosofo francese illustra l'impiego delle ipotesi nella costruzione scientifica: « *Que si quelques-unes de celles dont j'ai parlé au commencement de la Dioptrique et des Météores choquent d'abord, à cause que je les nomme des suppositions et que je ne semble pas avoir l'envie de les prouver, qu'on ait la patience de lire le tout avec attention, et j'espère qu'on s'en trouvera satisfait: car il me semble que les raisons s'y entresuivent en telle sorte que, comme les dernières sont démontrées par les premières qui sont leurs causes, ces premières le sont réciproquement par les dernières, qui sont leurs effets. Et on ne doit pas imaginer que je commette en ceci la faute que les logiciens nomment un cercle: car, l'expérience rendant la plupart de ces effets très certains, les causes dont je les déduis ne servent pas tant à les prouver qu'à les expliquer; mais tous au contraire ce sont elles qui sont prouvées par eux* »¹.

¹ DESCARTES, *Discours de la méthode* (Flammarion, Parigi) p. 48. Trad.: « Se qualche di quelle di cui ho parlato all'inizio della *Diottrica* e delle *Meteore*, di primo acchito vi colpiscono, poiché le chiamo supposizioni e non sembra aver voglia di provarle, abbiate la pazienza di leggere tutto il testo con attenzione, e spero che vi troverete soddisfatti: infatti mi sembra che le ragioni si seguano le une alle altre in modo

Ma per tutta la scienza cartesiana — nel senso piú largo della parola — le ipotesi che fanno capo ad etere, fluidi, atomi eccetera soggiacenti ai fenomeni, non cessano dall'avere una realtà metafisica, al di là dei fenomeni stessi che sono chiamate a spiegare. Soltanto dopo l'energica condanna di Comte, che rifiutava il soccorso di tali ipotesi anche soltanto come rappresentazioni, si è fatto strada fra gli scienziati un apprezzamento critico di esse. Mentre, nel concetto di Cartesio, le conseguenze di fatto danno valore alle ipotesi, le quali conservano un proprio significato trascendente, si viene ora a rigettare questo inutile supposto metafisico e a riporre nelle conseguenze sperimentabili non soltanto il valore, ma anche tutto il significato delle ipotesi stesse. È ciò che appare, ad esempio, nella meccanica del Kirchhoff e nella elettrodinamica dell'Hertz.

Al prevalere di siffatte vedute nella fisica si accompagna una concezione piú libera dell'ordinamento delle teorie deduttive nella matematica, alla quale la formula del Peirce deve essere piú direttamente riattaccata. Secondo tale concezione logico-matematica, i princípi d'una teoria non sono verità elementari, necessariamente date come prime dall'esperienza o dall'intuizione (assiomi), ma proposizioni arbitrariamente assunte come postulati in una serie che vuolsi ridurre nel modo piú economico a sistema logico. Il significato del principio sta dunque non tanto nel contenuto proprio quanto nell'ordine delle conseguenze che ne dipendono.

Ora, quando il Peirce estende la sua formula al giudizio delle teorie filosofiche, eliminando le questioni illusorie, egli non fa che tradurre nella sua espressione logica il criterio fonda-

che, come le ultime sono dimostrate dalle prime, che sono le loro cause, le prime lo sono reciprocamente dalle ultime, che sono i loro effetti. E non dovete immaginare che in questo io commetta quell'errore che i logici chiamano circolo: perché, essendo la maggior parte di quegli effetti resi certissimi dall'esperienza, le cause da cui io li deduco non servono a provarli e nemmeno a spiegarli; ma tutt'al contrario sono esse che sono provate da quegli effetti ».

tale della filosofia positiva, che — pure in altri suoi sviluppi e per una intima necessità di coerenza — riesce similmente a negare l'inconoscibile.

Fin qui il pragmatismo rimane, come dice il James, un nome nuovo per vecchie maniere di pensare; ma una appropriata interpretazione della formula di Peirce permette, al James stesso, di versarvi dissimulatamente un contenuto originale, che dà poi la fisionomia caratteristica di tutto il movimento di pensiero oggi designato come "filosofia pragmatistica".

Basta, per intendere il trapasso, uscire dal razionalismo logico-matematico e porsi sul terreno storico, psicologico e sociale, interpretando lo sviluppo delle conseguenze non piú astrattamente ma in concreto, per riguardo alla personalità di colui che cerca il senso della verità, da lui stesso affermata come tale.

Il pragmatismo vuol porgere risposta all'obiezione assai naturale che si affaccia tosto ché siasi riconosciuta l'esistenza di questioni prive di senso: come mai domande oziose di tal genere possono porsi e suscitare nella società umana i piú larghi dibattiti e le piú forti passioni? In particolare vuol giustificare praticamente la fede religiosa, contro la veduta scientifica e positiva del mondo, ed in nome degl'interessi vitali che ne dipendono.

Che cosa significa il dogma cattolico della transustanziazione nel sacramento dell'eucaristia?

Applicando il criterio di Peirce, si è tratti ad una serie di esperienze possibili che sono da ritenere conseguenze logiche dell'ipotesi: anzitutto esperienze chimico-fisiologiche che potrebbero rivelare la modificazione della particola consacrata¹.

Ma, accanto o invece di tali conseguenze, si possono consi-

¹ I canoni 2 e 4, sez. 13, del concilio di Trento portano che si fa una conversione di tutta la sostanza nel corpo di Gesù Cristo, restando soltanto l'apparenza sensibile (*species*) del pane. Che cosa si deve intendere con ciò? Si compie veramente un miracolo in contraddizione colle leggi fisiche o la credenza in esso ha puramente valore di simbolo e di suggestione? Tali sono le controversie fra teologi che sembrano riaperte ai di nostri dallo spirito pragmatistico della critica modernista.

derare conseguenze psicologico-morali che discendono dalla credenza nel miracolo; e finalmente — dopoché la questione serví di base alla riforma luterana — si può ravvisare nel dogma anzidetto anche un contenuto sociale: infatti dall'ammetterlo o dal negarlo può derivare la conseguenza sociale di trovarsi accompagnati ai cattolici o ai protestanti.

Nell'esempio che precede si vede illustrato lo sviluppo dell'idea che costituisce il motivo fondamentale del pragmatismo anglo-americano: un semplice sviluppo del criterio positivo, in base a cui si giudicano le teorie scientifiche, conduce a negare che la verità di un'affermazione qualsiasi abbia un senso di per se stessa, e a ridurne il valore al profitto ch'essa ci reca.

Secondo il pragmatismo del James si deve prendere in considerazione non il fatto che una data credenza risponda a qualcosa di vero, ma la credenza stessa che — indipendentemente dal controllo scientifico — può essere determinata dalla volontà di credere (*will to believe*), e servire al nostro desiderio di potenza, meglio che il possesso di verità inutili o dannose. Di fronte allo scopo umano — di cui solo si tratta per l'uomo — la scienza non vale piú di un mezzo d'azione, che deve essere commisurato all'utile che possiamo trarne; e non è detto che da questo punto di vista la sua verità non si palesi inferiore a quella che appartiene alle pratiche religiose od occultistiche e perfino all'esercizio di quei mezzi di cui disponiamo per ingannare gli altri o noi stessi.

L'ala sinistra del pragmatismo non si arresterà di fronte alle conseguenze piú paradossali cui conduce l'affermata identità del vero e dell'utile!

Biologismo

Chi, fermandosi sull'aspetto logico della questione, credesse di assolvere mercé un siffatto esame la critica del pragmatismo,

mostrerebbe veramente di non avere inteso il significato piú profondo di tale filosofia.

Al pari di ogni movimento di pensiero che assume importanza sociale, anche questo deve essere spiegato non solo formalmente, ma anche realmente come espressione della societ  che gli ha dato origine, della sua cultura e dei suoi bisogni. A tale scopo occorre oltrepassare le correnti superficiali che si agitano nel cos  detto ambiente filosofico, alle quali — per un pregiudizio di classe — i filosofi sono tratti ad attribuire assai piú importanza che non ne abbiano di fatto, e considerare le correnti scientifiche profonde che riescono a portare nuove idee ad una massa piú diffusa e a penetrare del loro spirito filosofico le rappresentazioni e le azioni intrecciantisi nella realt  della vita sociale.

Ora due vedute fondamentali hanno agito in modo preminente sulla cultura, nell'ultima parte del secolo decimono: la veduta biologica e quella economica.

La dottrina dell'evoluzione, che fu grandemente estesa e popolarizzata dalla filosofia di Spencer, deve soprattutto la sua efficacia impressionante alla teoria darwiniana dell'origine dell'uomo. Il riconoscimento di una comune discendenza dell'uomo e della scimmia produsse una rivoluzione d'idee analoga a quella recata dal sistema astronomico copernicano: fu un passo ulteriore nella costruzione di un'immagine del mondo che non fa piú l'uomo centro dell'universo, ma lo rimette al suo posto come parte della natura. A chi consideri l'effetto suggestivo di questa immagine sulle menti filosofiche, non pu  apparire accidentale che nello sviluppo della dottrina evoluzionistica e nella sua riduzione a sistema metafisico, le idee neolamarckiane (l'adattamento della vita all'ambiente) siano prevalse su quelle proprie di Darwin, che riconosceva come fattore di variazione le forze interne degli organismi viventi. E, come prolungamento di codesta veduta epigenetica della vita, si spiega quindi la concezione spenceriana riducente lo sviluppo dello spirito al prodotto di esperienze accumu-

late dalla specie: una forma di empirismo allargata che viene ad integrare quello elaboratosi nel positivismo inglese contemporaneo.

Ma le idee darwiniane pure non hanno mancato di accendere una reazione: la filosofia di Nietzsche, a cui René Berthelot riattacca giustamente le origini del pragmatismo, sorge in nome di quelle a proclamare la morale del più forte e l'avvento del superuomo; quindi, riattaccando i motivi utilitari ai motivi romantici, sorge la "gaia scienza", che crede se stessa un dato della realtà obiettiva e non è invero che un prodotto della personalità umana, somma di errori fissatisi nella nostra specie in ragione della loro utilità biologica.

Ora mentre la veduta dell'uomo animale reagisce in tal modo sulla fantasia di un filosofo-poeta, la concezione biologica del sapere si prepara ad essere accolta dalla mentalità scientifica, attraverso il metodo che si afferma come proprio allo studio del nostro stesso pensiero: la psicologia fisiologica, cui viene largo credito da quella veduta, sebbene non rechi risultati che stiano in rapporto colle speranze suscitate.

Appunto su questo terreno della psicologia fisiologica fiorisce, con Bergson e con James, il movimento pragmatistico. Non a caso certo dei pensatori imbevuti di educazione biologica sono condotti a vedere nella scienza stessa un processo della vita organica, e nella verità un prodotto di un puro interesse biologico. Per uguagliare la verità all'errore non manca che un passo, e di fatto ogni distinzione scompare da questo punto di vista, come pel chimico i processi patologici della morte vengono assimilati a quelli fisiologici della vita.

Materialismo storico

Parallela all'influenza spiegata sulla cultura contemporanea delle scienze biologiche è quella dovuta all'economia. E già nella teo-

ria della conoscenza di Mach il punto di vista economico è esplicitamente invocato, accanto a quello biologico¹. Ma nel pensiero di questo filosofo si tratta soltanto di considerare l'attività scientifica come una forma di attività economica, subordinata alla legge del minimo sforzo. Mach non sopprime il fine, cioè la ricerca della verità, che resta per lui (come per i positivisti) la rappresentazione dei dati sperimentali.

Frattanto però lo sviluppo dell'economia non si è limitato a fornire un certo numero di vedute generali che uscendo dal campo stretto di quella scienza dominano ormai diversi ordini di considerazioni, ma è riuscito anche a promuovere un fecondo movimento di pensiero, direttamente legato ai problemi sociali e politici della vita contemporanea. Cotesto movimento, che si riattacca a Marx e prende il nome di "materialismo storico", viene considerato soprattutto come una teoria della storia, contrapposta alla teoria idealistica hegeliana. Ma esso contiene anche una vera filosofia implicita, spiegante in modo proprio la formazione delle idee direttive della civiltà, come prodotto di una soggiacente struttura economica.

Io non so se questa riflessione sia stata fatta in modo esplicito: la tesi del materialismo storico, che fa derivare le ideologie, le vedute e i concetti morali, giuridici e scientifici dalle condizioni materiali del lavoro e dagli interessi che vi si riattaccano, è, come la dottrina biologica dell'evoluzione, ma in altro senso, un'estensione della filosofia empirica; per essa la coscienza dell'uomo viene ridotta non tanto all'esperienza individuale, o al suo accumularsi nella discendenza genetica, quanto all'esperienza sociale, conformemente alla veduta sintetica della società umana che si trova come base comune al romanticismo e al positivismo comtiano.

D'altra parte il materialismo storico è — prima ancora che

¹ MACH, *Scientia* 7, N. 14, 2 (1910):

una dottrina — il programma del movimento proletario contemporaneo in lotta colla borghesia, e per questo riguardo viene a ferire direttamente gl'interessi, i sentimenti e le idee della classe dominante.

Quindi la critica dei filosofi socialisti mira soprattutto ad infirmare i criteri di valutazione della "scienza borghese", le idealità morali e politiche ch'essa assume come princípi d'azione. Si volge insomma non alle conoscenze di fatto, ma al coordinamento razionale di esse; preconizzando una intuizione scientifica piú profondamente sperimentale, che deve distruggere quanto permane nelle coscienze dell'intuizione religiosa posta a base dell'autoritarismo sociale, e accreditare una filosofia dominata dalle nuove idee direttive che si affermeranno come il prodotto della trasformazione economica della società.

Il germe del pragmatismo si trova già contenuto in queste vedute; ma esso cresce sopra un diverso terreno di cultura, trapiantato nell'ambito della borghesia minacciata. E il movimento di pensiero riesce cosí al suo contrario, secondo la legge della dialettica hegeliana che il Royce ha ben definito "logica della passione".

La veduta che le idee vengono generate dalla struttura economica si converte in quella che esse sono forze conservatrici o modificatrici della struttura medesima e del relativo ordine sociale, che esprimono e fanno valere degl'interessi pratici. Diventa quindi possibile di togliere valore alla scienza, in quanto si trovi in essa qualcosa che infirmi l'intuizione tradizionale dei rapporti umani a cui giova ricondurre le masse proletarie, e di salvare insieme le applicazioni tecniche del sapere, fonte della ricchezza.

Il pragmatismo volge per tal modo la tesi filosofica dei socialisti a difesa delle idealità stesse che quella si proponeva di abbattere; e come le altre correnti dell'idealismo contemporaneo tende a restaurarne la base storica e religiosa. Ma con maggiore originalità e ricchezza di contenuto lascia da parte le vecchie

formule isterilite, per riattaccarsi agli sviluppi della filosofia positiva, come logico prodotto delle grandi correnti spirituali che hanno dominato fino a ieri la nostra cultura.

Critica della realtà: confutazione del pragmatismo

Prescindiamo dagli'interessi religiosi, sociali e politici per esaminare la questione nel suo aspetto teorico. Il concetto della realtà nella storia del pensiero si svolge sotto l'impulso di due tendenze opposte verso due interpretazioni estreme:

la realtà è un dato,

la realtà è un prodotto dello spirito.

Sono rispettivamente le due tesi del realismo e dell'idealismo.

Lo sviluppo della filosofia positiva aveva condotto ad esagerare l'importanza del dato sperimentale, di fronte al quale faceva quasi figurare lo spirito come passivo; ora dalla stessa veduta empirica ridotta alla sua interpretazione estrema, il pragmatismo trae nuovamente una veduta idealistica; la sua originalità consiste appunto nel ravvicinare e legare insieme queste due tesi opposte:

la realtà genuina è dato puro della sensazione,

la realtà scientifica è costruzione arbitraria dello spirito.

La confutazione del pragmatismo risulterà dal restaurare il concetto pieno del reale, come sintesi dei due elementi (passivo ed attivo) che l'analisi ha separato.

Anzitutto il dato puro e immediato, il *primum* psicologico che si pretende di rintracciare nel flusso della realtà sensibile, non ha maggiore consistenza dello stato di natura inseguito dalla filosofia sociale di Rousseau. Ad una dottrina che vuol ristabilire il senso della vita, si può ben rimproverare come incoerenza il fatto d'isolare per tal modo un frammento della vita stessa e dissociarne gli elementi costitutivi.

Non c'è sensazione che non sia in pari tempo una reazione attiva del senziente allo stimolo e non involga quindi in qualche modo la sua attenzione e la sua volontà. L'intuizione artistica della realtà sensibile è pur sempre contemplazione per rapporto a uno stato d'animo del soggetto, e si lega quindi ad un passato psicologico in cui entrano del pari elementi volontari: ma in quanto è contemplazione consapevole, implica di più uno sforzo attivo d'isolamento da altri stimoli presenti. Così ad esempio il pittore impressionista che ristabilisce il color turchino della foresta, e si libera dall'associazione del verde, vi riesce non già ritagliando il momento attuale dal suo passato, bensì al contrario allargando e approfondendo deliberatamente i confronti.

Ma questa interpretazione artistica del sensibile non risponde poi a ciò che si designa nella vita comune come reale. Il criterio della realtà non può essere così definito arbitrariamente, poiché esso vien posto naturalmente dalla vita stessa, come distinzione fra realtà ed apparenza. Se si approfondisce questa distinzione, mercé una critica dell'errore, del sogno, dell'illusione dei sensi e dell'allucinazione, si trova infine che la realtà significa sempre un *rapporto invariante* di successione o di concomitanza fra certe sensazioni e certe condizioni volontariamente disposte, in breve rapporto fra volontà e sensazione. Di guisa che la conoscenza di un reale implica sempre il *coordinamento di dati* convenientemente associati. In altre parole la *realtà* non è un dato puro, ma *qualcosa di costruito mercé l'attività razionale coordinatrice*¹.

Se tale è il significato comune della realtà bruta, dovremo forse mutare questa veduta per riguardo alla realtà scientifica?

La critica della scienza porge qui la risposta: al pari della realtà che appartiene alla vita comune, anche la realtà scientifica è una costruzione razionale che coordina i dati sensibili. Il concetto costruito dalla scienza rappresenta i fatti in modo approssimato;

¹ Per uno sviluppo più largo di quest'analisi e di quella che segue, cfr. i miei *Problemi della scienza*, capp. 2, 3, 4.

perciò nella sua determinazione entra — è vero — un elemento arbitrario ed una scelta economica; ma l'arbitrio è contenuto nei limiti dell'approssimazione segnata dalle esperienze, e per riguardo al progresso della costruzione scientifica deve esser ritenuto non già *convenzione* ma *ipotesi*, cioè disposizione preordinata di esperienze future. Così nel rapporto scientifico fra ipotesi ed esperienza si ritrova in forma più alta il rapporto invariante fra atto volontario e sensazione, che costituisce il significato comune della realtà.

La scienza oltreché approssimata è anche relativa. Ciò implica che il significato di un fatto scientifico deve subordinarsi in ogni istante all'insieme di tutte le conoscenze acquisite. Appunto perché tutto è relativo non è lecito prendere alcun fatto o principio come isolato, né stabilire una gerarchia assoluta delle conoscenze che ponga un sapere primitivo ed indipendente dallo sviluppo del sapere considerato nel suo complesso.

Qui sta l'errore di Le Roy, che cerca il significato della legge fisica prescindendo da tutti i gradi anteriori della conoscenza, e perfino dal senso abituale delle parole usate nel discorso; è ovvio che facendosi arbitro di tutto ciò che è già determinato, più o meno approssimativamente, da un insieme di nozioni presupposte, ei venga infine al risultato che la legge anzidetta esprime soltanto una convenzione o definizione nominale dei termini a cui si riferisce. Qui sta ancora il punto debole della dottrina di Poincaré, che postula un ordine naturale assoluto della scienza e però giunge ad un risultato analogo per quanto riguarda i principi scientifici: nei quali ei non vede più il contenuto ipotetico ch'essi esprimono in ordine all'insieme di tutte le leggi subordinate, ma pure convenzioni di comodo.

Il sapere è relativo! Ecco una formula che si ripete più spesso che non s'intenda nel suo vero significato o si accetti nelle sue conseguenze.

Significa che il valore di un sapere qualsiasi è sempre posto in

funzione di tutto il sapere; e perciò lo sviluppo della scienza appare come un *circolo vizioso*, dove non è principio né fine. Diciamo circolo vizioso, usando a bella posta un'espressione paradossale, che rende bene il pensiero di fronte alle pretese degli assolutisti e dei sistematici; e vogliam dire che la scienza è un processo di approssimazioni successive, che prolunga indefinitamente le sue radici nelle induzioni inconscie della vita comune, e spinge sempre più in alto i suoi rami, toccando ad un sapere ognora più vasto, più certo e più preciso.

Le conclusioni scettiche a cui ha potuto condurre oggi come nel passato la critica della scienza hanno sempre per base il disconoscimento di questo carattere del sapere scientifico, e la vana pretesa di conferirgli un valore assoluto, nettamente distinto dalla conoscenza volgare.

Teoria e pratica

Passiamo ora alla formula di Peirce, che ripone " il senso di ogni teoria nelle conseguenze pratiche che ne derivano ". Per confutare l'interpretazione sofistica, che conferisce a questa formula il valore di un movimento filosofico originale, dobbiamo approfondire l'esame dei rapporti intercedenti in genere fra pratica e teoria.

La tesi pragmatistica nega una distinzione netta fra teorico e pratico, e si contrappone in tal modo al concetto di una verità assoluta fuori della vita. Guardata da diversi punti di vista, logico, morale eccetera, codesta tesi significa:

- 1) un criterio per chiarire il significato delle questioni astratte, mettendo da parte le questioni illusorie che non contengono alcunché di concreto;
- 2) una tendenza ad interpretare le idealità morali e religiose in un senso realistico, cioè a portare l'ideale nella vita.

Per questi aspetti che le guadagnano ogni simpatia, la tesi

pragmatistica si muove nel senso generale del pensiero moderno, e in particolare secondo lo spirito della filosofia positiva.

La teoria in tanto è fattiva in quanto è parte della pratica. La teoria che non è suscettibile di essere tradotta in pratica non è più neppure teoria, bensì formula verbale, priva di senso. Noi non vorremo certo confutare queste verità inoppugnabili, ma solo fissarne la retta interpretazione.

La formula che pone il senso delle teorie nelle loro conseguenze pratiche, presenta un lato oscuro: nello sviluppo del pragmatismo essa viene a giustificare che s'identifichi l'enunciato della verità teorica con un gruppo di conseguenze pratiche arbitrariamente scelte. Ora ciò significa evidentemente dimezzare la verità, e vale quanto falsificarla; peggio ancora, significa distruggere il senso proprio del "teorico" per riguardo al "pratico".

Se la teoria fa parte della pratica, qual è praticamente il significato generale del teorizzare, come funzione che ha il suo posto nella vita?

Qui interviene la risposta che restaura, contro il pragmatismo, il valore della ragione: il significato della teoria sta nel *nesso logico* che essa pone fra le conseguenze pratiche che ne derivano; tutte le conseguenze si trovano ugualmente legate nel concetto teorico, per modo che non è lecito ad un uomo ragionevole di separarle e di scegliere, alla stregua dell'utile personale, ciò che più gli conviene.

Si tratti, per esempio, della credenza al miracolo. Ciò importa, non soltanto uno stimolo all'azione o uno stato d'animo sentimentale, ma anche il verificarsi di fatti all'infuori di ogni legge fisica conosciuta, fatti insignificanti di per sé riguardo al valor morale della credenza, ma che assumono importanza come giustificazione di quello stato d'animo e delle aspettative che vi si connettono. Ond'è che tutte le religioni ortodosse hanno ragionevolmente respinto come dissolutrice l'interpretazione simbolica della fede.

Da questo punto di vista l'analisi della stessa formula pragmatica ci conduce a restaurare il razionalismo, non piú inteso come riconoscimento di una verità astratta fuori della vita, d'un assoluto che trascenda il relativo e l'empirico, ma per cosí dire come *pragmatismo infinito*, che pone nella verità teorica un *legame necessario fra tutte le conseguenze pratiche che ne risultano*; s'intende con ciò che la teoria non si esaurisce mai in un gruppo di conseguenze sperimentate; ma involge di piú un'ipotesi rispetto alle possibili conseguenze, comunque sperimentabili.

E non basta ancora. Il pragmatismo di James e di Schiller fissa il significato della verità teorica scegliendo le conseguenze pratiche in ordine al soggetto, onde la verità si riduce appunto ad una misura personale come *funzione del soggetto*. Lo sviluppo critico di quest'idea porta ad una misura allargata per cui la verità appare *funzione di tutti i soggetti possibili*, e ritrova cosí il suo valore razionale umano, che è la sua *obiettività*.

C'è una fondamentale contraddizione tra il fatto che i pragmatisti propongano una dottrina della verità, che vuole farsi accetta ad altri mediante analisi ragionate, ed il contenuto di questa dottrina sofistica: se le conseguenze di una teoria hanno valore soltanto per chi la propone, ogni discussione in proposito ed ogni propaganda diventa inutile.

Cosí la sottile speculazione critica che dopo duemila anni rinnova la filosofia di Protagora, è tratta dalla sua intima contraddizione ad un risultato affatto contrario alle vedute dei suoi componenti: come nella Grecia di Socrate, anche oggi ne esce fuori restaurata, piú viva e piena, l'affermazione della scienza.

Il pragmatismo è una filosofia di passaggio, un ponte sul quale la mente umana non può fermarsi; al di là di questo s'apre la strada che sale il "diletto monte" della ragione, diciamo di quella a cui soltanto conviene il nome, la ragion critica e positiva che costruisce sui dati dell'esperienza l'umano progresso.

LA FILOSOFIA POSITIVA E LA CLASSIFICAZIONE DELLE SCIENZE

Introduzione

Ci è occorso piú volte di denunziare il particolarismo scientifico che ispira soprattutto gli istituti d'insegnamento e di contrapporre alla prevalente veduta analitica una veduta sintetica del sapere. Ma questa tesi, cui non sono mancate buone accoglienze, ha avuto la sventura di non trovare contraddittori; un consenso troppo apparente e troppo generale rischia di rendere vani i piú seri conati che da piú parti mirano a riformare le odierne condizioni della società scientifica, accreditando l'idea che non si tratti punto di cosa in contestazione, ma della necessità, chiaramente avvertita da tutti, di temperare gli effetti della divisione del lavoro promovendo la cultura generale degli studiosi.

Questo genere di opposizione è un effetto consueto del tradizionalismo in ogni classe o società ordinata in rapporto a certi interessi, che in un dato momento vengano turbati da un nuovo movimento di idee; il primo aspetto della difesa che i conservatori oppongono ai novatori, consiste infatti nel negare ciò che è posto in discussione: l'esistenza di quegli'interessi o scopi comunemente accettati e posti a base dell'ordine sociale, ai quali appunto si contrappone una volontà diversamente orientata.

Occorre pertanto proseguire la battaglia contro il particolari-

simo scientifico, cercando di chiarire la posizione del pensiero critico di fronte agli ordinamenti tradizionali, e di sviluppare le conseguenze che ne derivano. Importa soprattutto mostrare come la veduta sintetica del sapere non disconosca il *fatto* della divisione del lavoro e le esigenze positive che vi si collegano, e non pretenda in alcun modo contrapporre alla varietà delle ricerche speciali e concrete una nebulosa filosofia dell'astratto; giacché all'opposto la nuova critica denuncia ad un tempo questa forma di vacua generalità — il concetto di un campo proprio della filosofia distinto dalle scienze — come un particolarismo filosofico, svoltosi parallelamente e correlativamente al particolarismo scientifico, durante il secolo scorso.

La tesi che ci proponiamo di chiarire in questo scritto può in breve riassumersi come segue: il progresso delle conoscenze e dei metodi di ricerca importa bensì una differenziazione e coordinazione del lavoro scientifico, per la quale ogni studioso è costretto a segnare scopi particolari alla propria indagine; ma i problemi che la realtà pone al nostro spirito non sono in alcun modo ordinati secondo ragioni obiettive di affinità entro schemi prefissati. Non vi sono scienze separate e distinte che si lascino disporre in una gerarchia naturale, ma una scienza sola, entro la quale, soltanto per ragioni storiche ed economiche, si sono venuti formando alcuni gruppi di conoscenze più strettamente legate. Lo sviluppo di questa tesi ci conduce a criticare le vedute relative alla classificazione delle scienze, che si sono affermate esplicitamente nella filosofia positiva e che, in un certo senso, possono ritenersi come la formula teorica del vigente particolarismo scientifico.

Classificazioni di Comte e di Cournot •

Da Bacone fino all'Enciclopedia non si era sentito il bisogno di elaborare la classificazione delle scienze. Invece questo problema

riappare all'ordine del giorno nel secolo decimonono, nel quale — per citare soltanto i tentativi piú celebri — vediamo succedersi le classificazioni di Ampère, Comte, Cournot, Spencer.

Ma fra queste si distingue la classificazione elaborata dalla filosofia positiva, quale si trova esposta da Comte, e ritrovata con poche modificazioni, a quanto pare indipendentemente, da Cournot. L'interesse prevalente che vi si connette sta nel criterio fondamentale di partire dalle distinzioni empiricamente date, cioè dalla divisione del lavoro scientifico come si è prodotta nella storia, e di indicarne la spiegazione razionale, riconoscendo l'affinità obiettiva dei fenomeni studiati entro i quadri delle singole scienze, ed investigando poi i rapporti di similarità e di dipendenza fra i gruppi diversi di fenomeni.

Il disegno di Auguste Comte risponde appunto a questi criteri. Si tratta di convertire l'ordine d'esposizione storico della scienza in un ordine d'esposizione dommatico, che rispecchi la gerarchia naturale delle conoscenze; ponendo a base l'affinità obiettiva dei fenomeni, si deve determinare un ordine lineare rispondente alla complicazione crescente e alla generalità decrescente delle cognizioni scientifiche; e il valore della classificazione così ottenuta si dimostrerà quindi da quattro punti di vista:

- 1) conformità colla coordinazione spontanea del lavoro scientifico;
- 2) conformità coll'ordine effettivo di sviluppo della filosofia naturale, tenuto conto del momento in cui le varie scienze raggiungono la fase positiva;
- 3) la classificazione segna la perfezione relativa, il grado di precisione raggiunto dalle diverse scienze;
- 4) essa corrisponde ad un piano pedagogico razionale degli studii, perché lo studio di ogni singolo ramo presuppone quello dei rami che lo precedono nella serie.

La classificazione comtiana che vuol rispondere a queste esi-

genze conduce — com'è noto — all'ordine: Matematiche, Astronomia, Fisica, Chimica, Fisiologia, Sociologia, che esaurisce la serie delle scienze *teoriche* o *astratte*; alla quale si contrappone la serie delle scienze *concrete*.

Come già abbiamo accennato, una classificazione analoga venne ricostruita da Cournot. Questi contrappone del pari due serie di scienze: scienze *teoriche* e scienze *storiche*, meglio definendo il carattere della seconda serie. Le scienze teoriche sono poi distinte in: matematiche, fisiche, biologiche, noologiche e politiche.

La classificazione di Cournot risponde in sostanza alle medesime esigenze che danno origine a quella di Comte, ma appare sotto alcuni riguardi più perfetta: in primo luogo perché essa riunisce in un sol gruppo tutte le conoscenze fisiche e non dà un posto speciale all'astronomia che — come descrizione di eventi concreti — deve rientrare piuttosto nella serie storica; in secondo luogo perché dà risalto al gruppo delle scienze noologiche o psicologiche permettendo così di colmare una vera lacuna della classificazione comtiana, e ciò quantunque Cournot condividesse in parte le vedute di Comte contro il concetto di una psicologia propriamente detta. Ma riguardo al valore della classificazione, le idee di Cournot sembrano meno nette e significative di quelle del suo predecessore: lo spirito più critico di Cournot pone in luce alcune obiezioni alla gerarchia delle scienze, che in sostanza vengono a confutare il principio di un ordine lineare dei rami del sapere; le particolari tendenze scientifiche di Cournot — volte all'applicazione delle matematiche, all'economia e alla statistica — coloriscono nella sua mente taluni rapporti di similarità fra le scienze che occupano i gradi estremi della serie, così da dare origine ad una *legge di simmetria*.

Queste particolari vedute hanno per noi un interesse, in quanto ci mostrano che il concetto fondamentale ispiratore della classificazione comtiana, riproducendosi in Cournot, dava già origine

a talune difficoltà che — approfondite — tendono ad invalidarne il principio. Ma a prescindere da ciò, riteniamo il fatto che la filosofia positiva — attraverso due menti diverse — ha disegnato uno schema di classificazione delle scienze, che vuol rispecchiare in una gerarchia nettamente caratterizzata i vari rami del sapere teorico, attribuendo un valore razionale alle distinzioni empiriche elaboratesi nello sviluppo storico; che questo schema (specialmente nella forma di Cournot) risponde alla divisione, anche oggi comunemente accettata nelle sue grandi linee, fra scienze: matematiche, fisiche, biologiche, psicologiche e sociali; che il principio di tale classificazione è esposto nel modo piú puro e genuino da Comte, di cui sopra abbiamo richiamato le vedute fondamentali.

Il criterio positivistico dell'affinità obiettiva tra i fenomeni

Ora si tratta di giudicare il valore del criterio che sta a base della classificazione positivistica: che cosa significa ordinare le conoscenze secondo l'affinità obiettiva dei fenomeni? è proprio vero che questa affinità presiede agli aggruppamenti delle varie scienze, quali si sono venute distinguendo nello sviluppo storico?

Affinità obiettiva vorrebbe dire rapporto dei fenomeni *in re*, cioè inerenza ad un medesimo oggetto o classe di oggetti. Ma a questo titolo i confini comunemente segnati delle nostre scienze si perdono; invero le relazioni geometriche, fisiche, chimiche ineriscono inseparabilmente agli stessi oggetti e possono essere distinte soltanto per astrazione. Un oggetto qualsiasi, per esempio un corpo come l'oro, non appartiene piuttosto ad una scienza che ad un'altra: in quanto si tratta delle sue possibili combinazioni e reazioni, per esempio coll'acqua regia eccetera, il suo studio rientra nella chimica; ma per ciò che concerne

i rapporti commerciali di scambio è di pertinenza dell'economia; eppure a nessuno viene in mente di ravvicinare questi due ordini di rapporti attinenti all'oro e di formarne una scienza dell'oro contrapposta ad una scienza del rame o dell'argento.

Ora non soltanto gli oggetti d'esperienza, ma anche le stesse esperienze fondamentali, appartengono non di rado, contemporaneamente, a diversi rami della scienza. Così ad esempio la spettroscopia, che ha anzitutto il suo posto nell'ottica, serve — come mezzo — ai progressi dell'astronomia e della chimica, le quali si danno qui un reciproco aiuto: il confronto cogli elementi separati nei laboratori permette l'analisi dei corpi celesti, e viceversa dall'analisi spettroscopica di questi scaturisce talvolta la scoperta di elementi non ancora riconosciuti, come è avvenuto per l'elio.

Una differenza piú obiettiva si trova veramente nel confronto fra le scienze fisiche e le biologiche: si può sostenere che gli esseri viventi formano una classe a sé, realmente distinta da quella dei corpi non viventi. Ma quando si esamina piú da vicino il contenuto delle ricerche concernenti la vita, si deve riconoscere anche qui che la divisione del lavoro scientifico non si stabilisce in base a criteri obiettivi: imperocché un gran numero di fenomeni che si osservano nei viventi restano nondimeno al di fuori della fisiologia propriamente detta, nel campo di studio del fisico o del chimico. E reciprocamente lo studio di certi processi chimici — specialmente la sintesi dei composti del carbonio — si appoggia spesso a quello dei processi organici, nei quali, per esempio, si svela l'importanza delle azioni catalitiche dei fermenti e l'ufficio della luce.

Spingendosi avanti nel campo delle scienze della vita, la classificazione dei viventi appare certo, non interamente, artificiale, e così — per fermarsi alla prima divisione — la distinzione fra animali e vegetali dà luogo ad una naturale distinzione fra zoologia e botanica. Ma coloro che perseguono la soluzione di

certi problemi generali sono tratti spesso a ravvicinare dal loro punto di vista esseri assai lontani sotto l'aspetto anatomico: appunto la biologia o fisiologia generale forma un campo di studio che, in un certo senso, si separa dalla morfologia, dando origine ad una distinzione sovrapposta a quella tradizionale fra zoologia e botanica.

Pertanto l'idea comtiana, che vi sia un'affinità obiettiva tra i fenomeni di cui si occupano le singole scienze, si rivela ad un esame critico radicalmente falsa. Il criterio che presiede agli aggruppamenti e alle distinzioni scientifiche empiricamente date, non è un criterio obiettivo ma subiettivo: così per esempio, le relazioni spaziali o geometriche vengono separate idealmente dalla realtà fisica di cui fan parte, per opera di un processo d'astrazione; ed un processo simile dà origine alla distinzione fra proprietà meccaniche ed elettriche, o fra proprietà fisiche e chimiche, eccetera.

Ciò non vuol dire che queste astrazioni sieno prive di significato per riguardo alla realtà: quando i fenomeni vengono concepiti secondo un certo ordine o aggruppati in certe classi, le relazioni geometriche, meccaniche, fisiche eccetera si distinguono rispettivamente come comuni a codeste classi; ma il criterio d'ordinamento è relativo, e relativa quindi la generalità maggiore o minore di quei rapporti astratti. Sono più generali i fenomeni meccanici o gli elettrici? Rispetto alla considerazione comune, macroscopica, ogni fenomeno elettrico è di solito accompagnato da fenomeni meccanici ma non viceversa, quindi i rapporti meccanici sono più generali; invece la rappresentazione microscopica — secondo le recenti teorie — porrebbe il fenomeno elettrico alla base della struttura della materia e del moto, conferendogli quindi una maggiore generalità.

Comunque si tolga alla gerarchia comtiana il suo fondamento obiettivo, resta ad ogni modo la domanda se le successive astrazioni onde hanno origine i concetti scientifici appariscano ne-

cessariamente determinate come gradi di un processo psicologico, saliente dalla realtà concreta della vita sociale ai rapporti generali ed astratti delle matematiche.

Per rispondere occorre approfondire il valore della classificazione positivistica in rapporto alla storia.

La classificazione comtiana in rapporto alla metafisica del meccanicismo

Quando Comte enuncia la celebre legge dei tre stati, il passaggio delle conoscenze dalla fase teologica alla fase metafisica e quindi alla positiva, egli intende di formulare al tempo stesso una legge di sviluppo del pensiero ed una teoria idealistica del progresso umano. Ora — per quanto si possa discutere il valore della legge nell'uno e nell'altro suo aspetto — si deve almeno riconoscere che la legge stessa esprime qualcosa di vero per riguardo allo sviluppo delle idee che ha dato origine alla costruzione comtiana. È certo che questo sistema positivistico implica una metafisica preesistente, alla quale per una parte si contrappone, e di cui d'altra parte può ritenersi come continuazione. Su questo punto lo storico della filosofia non deve lasciarsi trarre in inganno dall'apparenza che Comte rompa la tradizione filosofica: ciò che egli rompe in realtà è soltanto la corrente più visibile del pensiero rappresentata dal romanticismo; ma perciò appunto riprende la tradizione antecedente della filosofia connessa alla scienza, che giunge a lui nella forma viva degli sviluppi scientifici.

Come matematico Comte era direttamente a contatto colla fisica matematica francese, la quale gli appariva appunto tutta piena delle grandi idee metafisiche che si riattaccano a Cartesio. Nell'ambiente scientifico familiare il filosofo aveva vissuto per così dire l'intuizione meccanica del mondo, che è alla base di

quegli sviluppi; e a chi riguardi con attenzione il *Cours de philosophie positive* la cosa si rende facilmente palese: ad ogni passo s'incontrano osservazioni ed obiezioni rivolte ad un avversario innominato, che è poi il concetto cartesiano della scienza quale si è svolto, fuori della tradizione filosofica idealistica, nella metafisica materialistica e nel meccanicismo dei fisici matematici.

Quel concetto muove da alcuni dati primitivi: la materia, priva di qualità, nello spazio, a cui si aggiungono — secondo i casi — taluni semplici rapporti, per esempio le forze; e su questi dati edifica una rappresentazione matematica dei fenomeni: un determinismo meccanico universale che si traduce nelle equazioni dell'universo, le quali ad un lettore istruito rivelerebbero successivamente tutti i fenomeni, disposti in una serie graduata.

La classificazione positivista delle scienze corrisponde all'ordine di esse per riguardo all'anzidetta rappresentazione meccanica del mondo; e perfino alcune imperfezioni della classificazione comtiana sono a questo proposito rivelatrici. Il posto attribuito da Comte all'astronomia, come prima fra le scienze naturali, sta in rapporto col fatto che l'astronomia appunto offre la prima e più diretta applicazione della meccanica. La fisica colle sue teorie (fra cui in primo luogo l'ottica di Fresnel ecc.) dà luogo alla seconda applicazione, subordinata a ipotesi, come l'etere o l'atomo, che appaiono meno giustificate da un punto di vista positivo; e Comte rifiuterà queste ipotesi e si attingerà ad avversario della fisica matematica tradizionale, ma darà alla fisica il posto successivo all'astronomia, e vagheggerà per essa una diversa trattazione matematica sul modello della teoria del calore di Fourier. Ne distaccherà invece, e porrà al terzo posto (o quarto cominciando dalle matematiche) la chimica, che pure sotto l'aspetto della rappresentazione meccanica sembra dar origine ad un problema più elevato, e fa pensare a fenomeni più

intimi della materia, dove entrino in giuoco elementi infinitesimi d'ordine superiore per riguardo ai dati della fisica.

E così via andando innanzi: la serie comtiana è la serie delle scienze considerate nell'ordine della trattazione matematica per riguardo alla metafisica e al meccanicismo; e ciò sebbene l'autore rifiuti questa rappresentazione per attenersi al puro dato obiettivo. La serie comtiana diventa quindi la serie degli *hiatus* che s'incontrano nella trattazione meccanica delle scienze; sicché il contingentismo francese, che s'impersona nel nome di Émile Boutroux, potrà elevare sulla base del positivismo una nuova metafisica, che ci rappresenta la realtà come una serie discontinua di dati.

Altre classificazioni subordinate a diverse rappresentazioni metafisiche

Il carattere arbitrario e convenzionale della classificazione positivistica si può mettere meglio in luce se, al posto della metafisica meccanica soggiacente ad essa, si pone un'altra rappresentazione rispetto a cui le scienze vengano ordinate.

Qui ha luogo l'osservazione che ognuna delle grandi scienze fondamentali, distinte nella gerarchia positivistica, può essere presa come principio di coordinamento dello scibile.

Anzitutto — come già abbiamo accennato — la subordinazione della fisica alla meccanica è stata invertita ai nostri giorni colla teoria elettromagnetica dell'universo, che assume come dato primitivo il fenomeno elettrico e vuol dedurre tra l'altre anche le proprietà del movimento dei corpi, in ispecie l'inerzia.

In modo affatto simile si può pensare che un giorno sorga una metafisica chimica, che prenda come fatti primitivi le azioni e reazioni, o certe azioni o reazioni fra i corpi, e tenti di dedurre la costruzione del mondo.

Ma siffatte rappresentazioni non perturbano ancora gravemente il concetto positivistico dell'ordine delle scienze, ed invero esse sono semplici varianti della metafisica materialistica.

Ben diverso è il caso per riguardo ad una metafisica, opposta al materialismo, come è l'idealismo assoluto. Se si pone come dato primitivo il pensiero, e con questo si tenta di ricostruire la realtà, tutte le connessioni fra i rami del sapere appaiono radicalmente mutate.

Per ben comprendere il valore di questa veduta, relativamente alla classificazione delle scienze, giova prescindere dalle esigenze etico-religiose dei sistemi idealistici, e considerare in essi soltanto la tendenza a contemplare il sapere, nella sua genesi, come prodotto del pensiero. Resta allora semplicemente il criterio che la classificazione delle scienze risponda alla distinzione delle facoltà dello spirito umano, come si vede nel quadro enciclopedico di Diderot, oppure ai diversi aspetti secondo cui il pensiero può considerare gli oggetti del sapere, come nella classificazione di Ampère eccetera. Resta insomma, non un ordine determinato delle scienze, ma un principio di ordinamento sulla base della psicologia.

Ed interessa soprattutto rilevare che alcuni rami del sapere, affatto lontani per riguardo alla veduta meccanica, appaiono qui ravvicinati e strettamente congiunti; così dicasi ad esempio della matematica, della logica e della grammatica, pertinenti ai prodotti e alle forme del pensiero esatto.

Ma la veduta psicologica, che contempla la scienza come prodotto del pensiero, è suscettibile di ricevere diversi sviluppi secondo il concetto che ci si formi della psicologia; il quale importa diversi modi di ordinare le operazioni e i dati del pensiero. In particolare, se si considera la psiche stessa come un prodotto della vita organica, o come un prodotto della società, si dà origine a due diverse modificazioni della classificazione psicologica: ad una classificazione biologica e ad una classificazione

sociale. La prima non è stata mai nettamente formulata, sebbene alcuni criteri biologici si siano insinuati nel modo comune di riguardare i rapporti delle scienze. La seconda appartiene in sostanza a quei pensatori che pongono a base di ogni sapere la storia, e si trova in qualche modo potenzialmente disegnata, sotto un particolare aspetto, nei filosofi del materialismo storico; i quali — facendo sorgere le scienze dai bisogni della tecnica e dell'economia — pongono in tal modo i princípi fondamentali di una classificazione che subordina il teorico al pratico.

La divisione del lavoro scientifico in rapporto all'economia

Ciò che si deve ritenere delle osservazioni precedenti è che ogni classificazione delle scienze, in tanto assume un valore razionale, in quanto si leghi ad una rappresentazione della realtà, cioè ad una costruzione che — presa in senso universale — può costituire una vera metafisica.

Questa metafisica soggiacente dà origine ad un ordine naturale delle conoscenze che ad essa vengono subordinate, ed al tempo stesso (soprattutto se si tratta d'un sistema monistico) mette in luce, secondo il suo punto di vista proprio, i rapporti di solidarietà fra le varie parti dello scibile.

Quando poi un atteggiamento positivo del pensiero rifiuti la rappresentazione metafisica come tale, negandone l'universalità, l'ordine delle scienze rimane ancora come un dato residuo, quasi solidificandosi in una classificazione che pone in luce degli hiatus, corrispondenti alle lacune della teoria parziale arbitrariamente assunta come metafisica.

Questa è soprattutto la storia della piú celebre classificazione delle scienze, costruita dalla filosofia positiva; la cui importanza si riconosce segnatamente in rapporto con due motivi:

1) il valore prevalente della metafisica meccanica sopra ogni al-

tra rappresentazione, per riguardo allo sviluppo della scienza moderna; valore che le deriva dal fatto di aver promosso la piú larga applicazione delle matematiche ai varii rami del sapere; 2) il significato conservatore che la suddetta classificazione assume nel sistema positivistico, poich  viene a consolidare nelle sue grandi linee la divisione del lavoro come si   effettuata o almeno come   pensata dalle menti matematiche piú illuminate eccetera, e al tempo stesso sancisce come irriducibili le differenze che gli sforzi del passato non sono riusciti a superare; tende insomma a fissare in un momento del loro sviluppo le distinzioni fra i campi di studio occupati da lavoratori diversi, e a consacrare in tal guisa il particolarismo scientifico del secolo decimonono.

Tuttavia la classificazione comtiana non risponde effettivamente alla divisione del lavoro, come si   storicamente disegnata nell'ambiente che la vide sorgere, e — per cos  dire — soddisfa soltanto alla conservazione di certi interessi prevalenti.

Comte stesso ha osservato che le distinzioni empiricamente date si discostano dal suo ordinamento; cos  accade ad esempio per riguardo alle scienze naturali, ancor dominate dal concetto arcaico dei tre regni della natura, in virt  del quale la mineralogia si trova artificialmente congiunta colla botanica e la zoologia piuttosto che colla chimica. E, se dai tempi di Comte si viene ai nostri, altre differenze appaiono in luce ogni giorno: valgano come esempio i recenti studi sul radio, che pongono in nuova luce i rapporti fra la fisica e la chimica.

In modo generale si pu  dire che le divergenze fra l'effettiva divisione del lavoro nella societ  scientifica e il concetto della classificazione positivistica, si rivelano tanto piú quando questo concetto si voglia svolgere nei particolari.

La parziale concordanza e la discordanza si spiegano al tempo stesso merc  un esame veramente positivo delle ragioni che governano quella divisione di lavoro, dando origine agli aggrup-

pamenti di scienze che si osservano negli istituti scientifici e didattici (accademie, università, laboratori, biblioteche ecc.).

Fino da quando la società ha riconosciuto un valore alla scienza, la produzione scientifica ha cominciato ad essere sottomessa alle generali leggi economiche che governano tutte le forme di produzione; non nel senso esclusivo che lo sviluppo del sapere teorico venga condizionato alle applicazioni pratiche (poiché molti istituti hanno appunto come scopo di dar valore alla conoscenza teorica per se stessa), ma nel senso di rendere al massimo l'effetto utile degli sforzi individuali mercé una conveniente collaborazione. E per quanto la coordinazione del lavoro incontra ancora ostacoli speciali ignoti all'industria, certi aggruppamenti, ravvicinamenti e distinzioni, rispondono infatti, entro una certa misura, all'anzidetto scopo economico.

Per indagare piú da vicino le condizioni che presiedono di fatto alla divisione del lavoro scientifico, giova dunque tener presente l'analogia col fenomeno che ci presentano le industrie e i commerci.

Se si chiede precisamente in qual forma tenda a realizzarsi l'economia della produzione colla divisione del lavoro industriale o commerciale, si è tratti ad esaminare due ordini di motivi:

1) Lo scopo economico si raggiunge razionalmente col riunire le mansioni che esigono attitudini simili, commettendole agli stessi uomini o gruppi di uomini, col concentrare in dati luoghi le industrie o i commerci che richiedono opportune condizioni locali — come per esempio l'impiego di certe energie naturali —, o col ravvicinare la produzione di oggetti che si costruiscono colle stesse macchine eccetera.

Il significato sociale, l'uso a cui sono destinati gli oggetti prodotti, non entra di regola a determinare la divisione del lavoro, così ad esempio i pezzi di una bicicletta vengono forniti da industrie ben distinte: le ruote da fabbriche che forniscono insieme il materiale delle macchine da cucire, le gomme da altre

fabbriche che provvedono pure ai cavi telegrafici sottomarini eccetera.

2) Lo scopo economico si raggiunge in virtù delle condizioni storiche preesistenti ogni qualvolta c'è adattamento di certi impianti o locali a nuovi fini industriali, utilizzazione di macchine o di operai già impegnati per un lavoro che cessa di essere remunerativo eccetera.

La divisione effettiva del lavoro nell'industria e nel commercio risulta ad ogni momento dal sovrapporsi di questi due fattori, parzialmente contrastanti fra loro. In modo analogo la divisione del lavoro scientifico appare determinata da un doppio ordine di ragioni:

- 1) affinità delle condizioni di produzione;
- 2) rapporti inerenti alla tradizione storica.

Il primo ordine di ragioni dà luogo ad una distinzione piú analitica. Ciò che crea l'affinità produttiva è anzitutto:

a) La somiglianza delle attitudini di ricerca e quindi dei metodi considerati per riguardo alla mente, alla capacità logica, o intuitiva o sperimentale dei ricercatori. A questo titolo intervengono massimamente le rappresentazioni della realtà, soggiacenti al lavoro scientifico; le quali appaiono suscettibili di una varietà quasi infinita secondo le menti. Così ad esempio il mio amico Vacca, che si rappresenta la scienza come espressione attraverso il simbolismo, ha trovato da questo punto di vista un legame fra lo studio della matematica e della lingua cinese, servendogli come ponte la logica matematica.

b) Ma in secondo luogo interviene l'affinità dei mezzi d'indagine, per riguardo alla tecnica dei laboratori o alla distribuzione dei libri nelle biblioteche: considerazioni di tal genere hanno un significato economico, non solo in ordine al sacrificio materiale per provvedere codesti mezzi, ma anche per riguardo al tempo e allo sforzo che viene richiesto dalla preparazione tecnica o filologica degli studiosi.

Infine la tradizione storica opera nel senso di mantenere certi rapporti o certe distinzioni fra le scienze e i loro cultori: in primo luogo per mezzo dell'insegnamento a cui si legano insieme ragioni affettive e abitudini che tendono a rendere più facili o difficili certe associazioni; in secondo luogo perché ogni coordinazione di lavoratori del pensiero entro gl'istituti scientifici e didattici crea degl'interessi di classe, talora veri interessi economici in senso stretto, ma più spesso interessi morali non meno potenti, che vertono infine su tutte le forme di compenso che la società moderna corrisponde al lavoro scientifico.

Condizioni del progresso scientifico

Se ora cerchiamo di spingere più innanzi il confronto fra la produzione scientifica e la produzione industriale, siamo condotti a rilevare alcune differenze notevoli.

Il regime dell'industria — nel sistema liberistico — lascia sussistere una infinita varietà di associazioni, che secondo le circostanze possono dar luogo ad un risultato economico; lo sviluppo libero riesce a ridurre continuamente il peso delle ragioni storiche e a promuovere il progresso; l'economia che si riferisce all'avvenire tende a prevalere in ogni momento sopra l'economia che consiste nella migliore utilizzazione del passato.

Invece il sistema della produzione scientifica, nella maggior parte dei paesi che hanno una tradizione di cultura, è subordinato ad organizzazioni statali o quasi statali, che tendono a favorire una distribuzione più conforme del lavoro e ad accrescere il peso dei legami tradizionali.

Eppure le condizioni del mercato industriale — che si vanno generalmente livellando da luogo a luogo e diventano ognor più governate da esigenze tecniche uniformi — consentirebbero quasi una assai maggiore uniformità di criteri nella divisione del

lavoro, in confronto alle condizioni dell'ambiente scientifico.

Il progresso della scienza esige infatti la piú grande libert  d'iniziativa e variet  di coordinazioni; non soltanto la libert  negativa che lascia teoricamente a ciascun ricercatore di percorrere una propria via, ma la libert  positiva che gli assicura i mezzi della ricerca e non ricambia l'atteggiamento originale colla prospettiva di un danno qualsiasi.

Ora questa libert  positiva viene a mancare quando il giovane che si affaccia agli studi trova dinnanzi a s  segnate alcune strade dalle quali non pu  allontanarsi sotto pena di vedersi precluso l'adito alle professioni, o perfino ad una laurea; e similmente questa libert  diventa illusoria quando colui che vuol profittare dei mezzi di studio provvisti dalla societ  nei laboratori scientifici o vuole aspirare ad un qualsiasi compenso delle sue fatiche, viene legato ad una rigida classificazione del sapere, che si traduce in certi aggruppamenti di prove innanzi a giudici distinti. Perfino colui che ha superato tutte le prove e guadagnato alfine l'agognata libert  di pensare all'infuori di limiti prefissati, vede ferita la sua indipendenza dal peso dell'opinione intollerante che gli rimprovera di sprecare tempo e fatica in lavori non produttivi!

Eppure se vi   lavoro massimamente produttivo alla scienza   quello appunto che mira a colmare le lacune della classificazione comune, quello che cerca rapporti nuovi fra rami del sapere generalmente divisi, e promuove l'associazione di certe attitudini per aprire vie originali alla ricerca del vero. Il progresso scientifico richiede infatti due condizioni correlative in rapporto ai metodi e ai risultati: questi debbono svestirsi quanto   possibile di ogni carattere individuale per diventare al massimo grado comunicabili; quelli debbono atteggiarsi nel modo pi  vario, conformemente alla diversit  degli spiriti umani. La collaborazione nel prodotto esige l'individualit  della ricerca, la quale in ultima analisi inerisce alla costruzione libera delle im-

magini, che ciascun ricercatore coordina attorno alla propria rappresentazione metafisica del mondo. La libertà del pensiero — così intesa — è la fiamma interiore che innalza il valore della persona e vivifica l'albero della scienza.

L'unità della scienza e l'intuizione filosofica

Dalle considerazioni che precedono la classificazione delle scienze viene illuminata nel suo aspetto pratico, secondo una veduta sociale. La pretesa giustificazione razionale della gerarchia positivista appare così, non soltanto errata come concetto, ma anche dannosa alla produzione scientifica, in quanto tende a rafforzare i legami storici che inceppano il libero associarsi delle attitudini mentali nella libera ricerca. Ma sopra a questi motivi d'economia, deve essere rilevato infine tutto il valore ideale dell'unità, che implica il rifiuto di ogni distinzione del sapere entro quadri prefissati.

La scienza non mira soltanto agli acquisti positivi che si traducono in immediate utilità sociali; essa, secondo l'ideale della filosofia positiva, vuole anche porgere una intuizione che tutti gli uomini possano assorbire nella propria individuale visione della vita e del mondo, e che fra tutti crei come legame di solidarietà lo stesso criterio del vero. Ebbene questa intuizione filosofica, che deve costituire la base della società a venire, non può formarsi fino a che il sapere venga spezzato entro categorie irriducibili che allontanano i cultori di scienze diverse. Giacché un uomo solo non può cogliere ormai la totalità degli acquisti fatti, occorre almeno che i campi d'azione dei lavoratori del pensiero si sovrappongano e s'intreccino in tutte le guise; che ciascuno proseguendo un particolare oggetto di ricerca sia indotto ad esaminarlo nella maggior varietà dei suoi rapporti, e senza subire legami necessari con altri possibili oggetti; che in-

somma la divisione del lavoro — in forza del suo stesso sviluppo — distrugga il concetto della classificazione delle scienze che è l'attuale espressione del particolarismo; e così la società scientifica ritrovi — in una forma superiore — quella unità che fu la condizione primitiva dell'umano pensiero.

Qui vi è luogo ad osservare che il recente movimento antiscientifico di certe filosofie è generato in parte come reazione al sistema particolaristico. Le rigide distinzioni a cui corrispondono ricerche analitiche entro campi troppo chiusi, provocano il sentimento ostile di menti ribelli, che si allontanano da ogni ricerca positiva, inseguendo il sogno liberatore di una speculazione contrapposta alla scienza. Ma la lotta così ingaggiata tra filosofi e scienziati è lotta sterile che rafforza insieme il particolarismo scientifico e il vacuo particolarismo filosofico: bisogna superarla con una nuova posizione del pensiero che contempi la realtà in tutta la sua pienezza.

L'eterno e necessario contrasto fra lo spirito sintetico e lo spirito analitico deve riportarsi nel seno della scienza stessa, attraendo i giovani con una visione piú libera della ricerca del vero; deve essere la lotta nella scienza e per la scienza, dalla quale sorga progressivamente una intuizione filosofica che possa stare a base della solidarietà sociale.

SCIENZA E DETERMINISMO

Il determinismo come presupposto della scienza

Se il principio di causalità non importa la conoscenza di alcun fatto o legge della natura, effettivamente controllabile dall'esperienza, resta tuttavia da esaminare se possa dirsi che sia, anziché un risultato, un presupposto della scienza.

Questa tesi, che si ricollega alla critica di Kant, è tuttavia suscettibile di ricevere più sensi che occorre delucidare. Il dilemma, che si ponga fra la possibilità di una scienza fondata sul concetto di causa e la sua impossibilità (l'impossibilità di comprendere scientificamente il fortuito), non può essere deciso dall'esistenza di una scienza fatta (come pur credeva Kant), se questa non sia, come chiaramente non può essere, una scienza ideale assolutamente perfetta.

L'approssimazione delle leggi naturali nella scienza fatta, di cui si ritenga soltanto il contenuto positivo, proviene, non solo dall'errore che necessariamente si connette ad ogni misura o valutazione sperimentale, sí anche dalla necessità di astrarre da infinite cause perturbatrici che esercitano una piccola influenza sul corso degli eventi. Perciò non si può dire che il determinismo, rigorosamente inteso, sia un presupposto di quella scienza che, in qualunque momento, abbiamo effettivamente acquisito.

Ma con questo giudizio si resta ancora al punto di vista positivista. E si giustifica così l'affermazione di Louis de Broglie¹: « Un certain nombre de physiciens manifestent encore la plus grande repugnance à considerer comme définitive le renoncement au déterminisme rigoureux, auquel la physique quantique actuelle est contrainte. On a été jusqu'à dire qu'une science non déterministe est inconcevable. Cette opinion nous paraît exagérée, puisqu'en somme la physique quantique existe et qu'elle est indéterministe. »

Evidentemente la tesi che "il determinismo è presupposto della scienza" ha un senso diverso per de Broglie e per i fisici da lui criticati. Per questi vuol dire che il determinismo è presupposto della scienza *nel suo divenire*, cioè della ricerca scientifica cui vogliasi segnare un fine, almeno astrattamente, appagante per il pensiero umano. E, come abbiamo già accennato e torneremo a spiegare nel seguito, un siffatto punto di vista conduce al di là dei limiti del positivismo. D'altronde è ovvio che una teoria scientifica può render conto di alcuni aspetti dei fenomeni, segnando leggi ordinatrici che pur lascino ignoto o indeterminato il corso degli eventi. Così le formule che traducono la rappresentazione atomica della materia nella chimica, segnano un limite alle combinazioni possibili, ma non determinano univocamente quelle che si avverano in fatto. Per esempio, la combinazione dello zinco coll'acido solforico avviene secondo la formula



mentre quella del rame collo stesso acido viene rappresentata da



¹ DE BROGLIE, *La physique nouvelle et les quanta* (Flammarion, Parigi 1937), p. 240. Trad.: « Un certo numero di fisici manifesta ancora la più grande ripugnanza a considerare definitiva la rinuncia al determinismo rigoroso, alla quale è costretta l'attuale fisica dei quanti. Si è giunti a dire che una scienza non deterministica è inconcepibile. Questa opinione ci pare esagerata, perché, infine, la fisica dei quanti esiste ed è indeterministica ».

La teoria atomico-molecolare è dunque lungi dallo stringere dappresso il determinismo delle combinazioni chimiche, e perciò pone un problema ulteriore, che ha ricevuto risposta soltanto da un diverso ordine di considerazioni, cioè dalla teoria delle soluzioni, dove si fan giocare i rapporti della materia col l'elettricità.

Un giudizio affatto simile ci sembra doversi dare dalla teoria della radioattività, contenuta nella fisica quantistica. Se, per semplicità di discorso, ci riferiamo al modello atomico di Bohr, ove piú elettroni girano attorno ad un nucleo in orbite quantificate, troviamo che la quantificazione appartiene agli stati stazionari degli atomi, mentre il passaggio da uno ad un altro di tali stati (che risponde ad una esplosione dell'atomo con conseguente emissione di onde) non è in alcun modo rappresentato nel modello. Dato ciò, perché meravigliarsi che le cause dell'esplosione non siano spiegate da un tale modello, e così che non si dia alcuna ragione per cui un atomo esplode fra dieci minuti ed un altro fra qualche secolo?

Si pretende che il comportamento ineguale di atomi che oggi non sono distinti da nessuna caratteristica sia, in qualche modo, dimostrato dalla circostanza che la radioattività non viene accresciuta né modificata dalle consuete cause fisiche o chimiche (calore, ecc.). Si dimentica che proprio questa circostanza (in concorso con quella che si vede giocare nel fenomeno quantità d'energia di un ordine piú alto) è interpretata dal nostro modello, ammettendo che la radioattività tenga, non già a mutamenti molecolari, ma a fenomeni interni dell'atomo.

In ultima analisi, poiché il modello atomico della fisica quantistica è stato costruito senza pur tentare di dar ragione delle esplosioni degli atomi, non vediamo alcun motivo per ammettere che si incontri qui una impossibilità intrinseca della natura, la quale dipenderebbe da ciò che "due cose oggi uguali potreb-

bero comportarsi diversamente domani, pur essendo poste in circostanze eguali”.

Il nostro rifiuto ad ammettere qualcosa di questo genere non si basa sopra una ipotesi concernente la struttura della realtà che, per avere un senso positivo, dovrebbe importare una soluzione del problema; ma sopra la repugnanza ad accogliere il non intelligibile, donde scaturisce la posizione del problema stesso, cioè sulla fede nella intelligibilità delle cose. C'è qui un *criterio metodologico*, affatto generale, che è il *presupposto della scienza da fare*, cioè della ricerca scientifica.

Una scienza perfetta dovrebbe dare ragione di tutti i fenomeni possibili. Questo è, evidentemente, un ideale irraggiungibile, se si vuole anche privo di significato. Ma, *almeno in via astratta*, possiamo sforzarci di rendere conto di particolari ordini di fenomeni, di comprenderli in qualche modo traverso una rappresentazione concettuale, che costituisca una *teoria scientifica adeguata alla realtà di cui si tratta*. E prima o indipendentemente dalla verifica sperimentale della teoria (che potrà essere soltanto approssimata) dobbiamo chiedere che la teoria stessa sia *plausibile*, soddisfacendo al *principio della ragion sufficiente*, che è l'aspetto mentale della causalità.

Subiettivo e obiettivo nella scienza

La tesi che abbiamo illustrato si accorda, in gran parte, colla critica kantiana se questa venga liberata da ogni residuo dogmatismo¹. Bisogna che l'*a priori*, condizione di possibilità della scienza, sia inteso, non come una ipotesi generale che sta a fondamento delle cose conosciute, bensì come un apporto dell'attività mentale interpretatrice dell'esperienza e costruttrice della

¹ Cfr. ENRIQUES, *La théorie de la connaissance scientifique de Kant à nos jours* (1938).

scienza. Bisogna riconoscere che quest'*a priori*, che tiene alla natura del soggetto pensante, non può esser formulato con assiomi indipendenti dall'esperienza stessa o dal progresso del sapere che vi si fonda, ma viene definito progressivamente in funzione di tale sapere: così come riesce ben chiarito dalle geometrie non euclidee e dalla teoria della relatività einsteiniana. Questo è il senso dell'*a priori* kantiano che abbiám visto esser dato da Helmholtz. Ed è anche l'interpretazione in cui convergono sostanzialmente alcuni fra i migliori filosofi contemporanei, quali Léon Brunschvicg¹ e Ernst Cassirer². Ma occorre chiarire come un criterio metodico essenzialmente subiettivo possa imporsi alla scienza, che si ritiene d'ordinario tendente ad una pura verità obiettiva. Il chiarimento sta in ciò che la verità scientifica non è qualcosa che lo scienziato contempra dal di fuori come proprio di un mondo ontologico che lo trascende, bensì elaborazione dei dati reali fatta dal pensiero e quindi costruzione in parte libera di questo. In ogni conoscenza subiettivo e obiettivo non si lasciano mai distinguere in modo assoluto. Ciò va inteso, non nel senso che lo scienziato sperimentatore perturba poco o molto la realtà che vuole osservare, ché la sua azione a tale riguardo rientra nell'oggetto effettivamente osservato; bensì nel senso che la realtà è per noi una realtà pensata, che prende forma dal pensiero stesso. Se si vede l'oggetto in un rapporto invariante di un gruppo di volizioni e di sensazioni che vi si connettono, convien dire che codesto rapporto — l'oggetto affermato — è un supposto della mente che lo afferma, e che l'esperienza verificatrice, quando sia possibile, ha sempre un carattere approssimato.

Questa approssimazione lascia posto per una scelta, entro certi limiti arbitraria, fra diversi sistemi d'immagini o d'interpreta-

¹ BRUNSCHVICG, *L'expérience humaine et la causalité physique* (Alcan, Parigi 1922).

² CASSIRER, *Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik* (Göteborg 1936).

zioni che si accordano egualmente coi fatti osservati; la teoria scientifica introduce e coordina cotali insiemi in una rappresentazione concettuale che tende a soddisfare le esigenze intrinseche della ragione, oltrepassando il mondo degli osservabili. Così appunto la scienza, lungi dall'esaurirsi nel dato delle esperienze, che ne costituisce il contenuto positivo, si costruisce su questo dato, con libero gioco dell'attività creativa dello spirito.

Si può illustrare quel che si è detto, rilevando che già nella assunzione di una legge a descrivere un qualsiasi processo della fisica classica, si sostituisce una curva continua ad una molteplicità discreta di punti, segnati per fornire la rappresentazione grafica del fenomeno: e siffatta sostituzione importa una interpolazione delle osservazioni fatte dove gioca un momento arbitrario. La verità scientifica della legge cui si arriva in tal guisa non sta nella pura descrizione dei punti osservati, bensì nell'atto mentale di cogliere la natura della curva cui essi appartengono e nel confronto di codesta curva con nuove e più precise osservazioni.

La non individualità dei corpuscoli della fisica microscopica

Dopo aver chiarito il significato filosofico del determinismo scientifico, come esigenza metodologica di una rappresentazione concettuale che contenga la ragion sufficiente dei fatti da spiegare, ritorniamo alla fisica quantistica e domandiamoci quale senso assumano dunque le relazioni d'incertezza di Heisenberg. Il dilemma che esse ci impongono invitandoci a rinunciare alla causalità o alla rappresentazione meccanica spazio-temporale, non può essere risolto che colla rinuncia alla rappresentazione meccanica nel senso della fisica classica. Ma conviene approfondire il significato di tale rinuncia.

Il fenomeno elementare, secondo la teoria, sarebbe il moto di un corpuscolo associato ad un'onda, per modo che l'inten-

sità di questa, in un dato punto e in un dato istante, indichi la probabilità di esistenza di un corpuscolo in quel punto ed in quell'istante. Ma tale definizione costituisce un puro simbolo matematico, non avendo senso di per sé, e assumendolo soltanto per riguardo alla distribuzione di un insieme numeroso di corpuscoli, che si riflette nei fenomeni molari. Ora se il corpuscolo singolo non può essere localizzato in ogni istante, per rapporto all'onda associata, se d'altra parte ove si stringa dappresso l'osservazione del luogo ov'esso si trova ci sfugge la possibilità di riconoscere la velocità, quale specie d'esistenza possiamo ancora accordare al suo moto?

In fatto la camera di Wilson registra certe impressioni fotografiche cui saremmo indotti a far corrispondere la traiettoria di un corpuscolo mobile; ma c'è qui una legittima idealizzazione della realtà sensibile? Se così è, bisogna supporre che nei momenti successivi i corpuscoli possano essere identificati e discriminati, cioè che osservando in momenti diversi due corpuscoli, sia lecito dire se essi siano o no il medesimo. Ma l'osservazione non ci consente di pronunziare tale giudizio. Si affaccia quindi l'ipotesi che i corpuscoli elementari (l'elettrone ecc.) non siano veri corpuscoli o punti fisici individualmente distinguibili. Ipotesi, a dir vero, ardita e paradossale, che, nonostante l'assurda apparenza, trova conferma nello sviluppo stesso della teoria fisica. Infatti Paul Langevin ha avvertito che proprio questa ipotesi risponde alle nuove statistiche di Bose-Einstein e di Pauli-Fermi, che correggono la classica teoria cinetica dei gas, rendendo conto delle proprietà dei gas che si allontanano dallo stato perfetto.

Se si considerano, per esempio, le possibilità relative a due corpuscoli *A* e *B*, che debban trovar posto in due compartimenti, esse appariscono, nella statistica classica, dar luogo a quattro casi distinti: *A* e *B* entrambi nel primo, o entrambi nel secondo, *A* nel primo e *B* nel secondo, ovvero *B* nel primo ed *A* nel secondo. Ma nelle nuove statistiche si assume che gli ultimi

due casi non siano distinti, come se *A* e *B* non siano discernibili. Ciò significa appunto che il corpuscolo della fisica microscopica non possiede una propria individualità.

L'argomento di Langevin, che ci appare irrefutabile, offre la piú chiara spiegazione del paradosso della fisica quantistica; ciò che cerchiamo di rappresentarci come il moto di un corpuscolo non è suscettibile di siffatta rappresentazione, perché il cosiddetto corpuscolo non possiede l'individualità di un punto fisico, assimilabile ad un punto materiale.

Per Langevin l'individualità è un carattere pertinente alle forme piú complesse della realtà, comparabile alla personalità. Noi preferiamo dire che il corpuscolo, che si è condotti a figurarci secondo le abitudini di interpretazione dei dati d'osservazione della fisica classica, non è un oggetto. Invero: oggetto è per noi un invariante delle volizioni e sensazioni associate (siano queste effettive o supposte), che può assumersi come individuo del pensiero logico. Ma qui cade la proprietà, espressa dai principi logici, che due oggetti non possono essere ad un tempo distinti ed eguali; due elettroni, per esempio, che appaiano distinti in una certa osservazione, si scambiano poi l'uno col l'altro, sicché ognuno di essi è e non è identico all'altro.

Il senso fisico che si è condotti a conferire all'elettrone (o al corpuscolo elementare) sarà dunque quello di un punto singolare, fino ad un certo segno, espressivo di uno stato appartenente ad una porzione dello spazio e del tempo che comprende il fenomeno. Le note idee sull'elettromagnetismo di Faraday-Maxwell chiariscono questo concetto, che è anche chiarito da analogie matematiche. Per esempio una funzione razionale fratta di second'ordine, $\frac{1}{(x-a)(x-b)}$, possiede due poli *a* e *b*, che sono suscettibili di scambiarsi per una variazione continua della funzione stessa; ed un punto singolare da solo non caratterizza la funzione di second'ordine.

Conferme e critiche

La spiegazione del paradosso della fisica quantistica — non individualità dei cosiddetti corpuscoli elementari — dà luogo a consensi significativi, ma anche a critiche, che dobbiamo brevemente esaminare.

Tra i fisici l'anzidetta spiegazione vedesi accolta per esempio da Max von Laue¹. Tra i filosofi Ernst Cassirer² la chiarisce con opportuni richiami storici e con acute osservazioni. Egli ricorda che il nesso fra il *principium individuationis* e la localizzazione spazio-temporale è stato già avvertito da vari pensatori, per esempio da Locke e da Schopenhauer. Codesto nesso appare anche implicito nella definizione della massa di un punto materiale di Heinrich Hertz: « un contrassegno mercé cui associamo ad ogni punto del tempo un punto nello spazio ». È poi interessante l'osservazione che l'impossibilità di localizzare un elettrone, di cui si supponga noto lo stato dinamico, ci fa comprendere il principio d'esclusione di Pauli, come esprime in forma scientifica precisa il principio leibniziano dell'*identità degli indiscernibili*³.

Ma in contrasto con tali idee stanno le obiezioni di un filosofo di cui non si prevederebbe l'atteggiamento nella questione attuale, ricordando che egli è assertore delle esigenze della ragione in confronto del positivismo. Émile Meyerson⁴ giudica speciosa e non plausibile la tesi della non individualità dei corpuscoli elementari, ed è disposto invece ad abbandonare il determinismo, facendo nella natura una parte piú larga o profonda a quell'irrazionale, che esprime l'aspetto scettico o agnostico del

¹ VON LAUE, *Ueber Heisenbergs Unbestimmtheitsbeziehungen und ihre erkenntnistheoretische Bedeutung*, *Naturwissenschaften* 22, p. 441 (1934).

² CASSIRER, *op. cit.*, pp. 224 sgg.

³ *Ibid.*, p. 230, nota.

⁴ MEYERSON, *Réel et déterminisme dans la physique quantique* (Hermann, Parigi 1933).

suo sistema. Il motivo del rifiuto di Meyerson è che l'oggettivazione costituisce per lui la prima e fondamentale esigenza del pensiero. Ma crediamo non difficile chiarire l'errore cui soggiace in questo punto l'eminente filosofo.

È vero — come si è visto, noi ci siamo incontrati col Meyerson in questa affermazione, — è vero, diciamo, che il pensiero logico ha bisogno di riferirsi a qualcosa che sia pensato come invariante e possa assumersi quale oggetto del pensiero logico.

Ma se qualcosa che si sia assunto come invariante nel flusso della realtà sensibile sia effettivamente invariante, questo è un giudizio che può esser dato soltanto dall'esperienza e dal progresso del sapere che vi si fonda. Altrimenti si ricade nell'errore di Kant, che, dall'aver riconosciuto l'esigenza razionale di supporre una sostanza soggiacente ai fenomeni, era tratto a concretarla senz'altro nel peso. Io guardo una gocciolina di liquido evaporantesi e sono indotto a ritenerla come un oggetto; ma dopo un minuto la gocciola si ritrova per la maggior parte in una piccola nuvoletta; dov'è ora l'oggetto a cui pur dianzi mi riferivo? Non posso pretendere che si riconosca solo in ciò che resta della gocciolina, ché anche la nuvoletta ne fa parte. Così nulla vieta che il vero oggetto, cui risponde per noi l'apparenza di un elettrone, sia, almeno in qualcuno dei suoi momenti od aspetti, uno stato fisico definibile per una certa porzione di spazio e di tempo; che nello stato di una tale porzione o nell'immagine che ce ne formiamo (e che dovremo sforzarci di legare alla massa dei fenomeni inesplorati) si riconosca la ragione di ciò che nella odierna meccanica quantistica è ritenuto senza ragione, per esempio, la causa delle esplosioni dell'atomo, eccetera.

Crediamo così di aver risposto alle obiezioni del Meyerson, che non soltanto l'autorità, sí anche la posizione filosofica, ci imponevano di esaminare.

Conclusione

Vediamo di riassumere le conclusioni a cui ci ha condotto il presente studio. Anzitutto: la questione del determinismo è questione essenzialmente filosofica, che non può esser risolta dallo sviluppo della scienza. I fisici che hanno creduto di trarre una conseguenza indeterministica dal progresso delle teorie quantistiche, come risultato dell'esperienza e della scienza che vi si fonda, vedonsi influenzati, in realtà, da motivi di ordine filosofico, che sono già affermati e spiegati *prima* dell'avvento della fisica quantistica.

Il problema del determinismo assume un significato diverso per i positivisti e per coloro che professano una gnoseologia critica e razionalistica. Per i positivisti coerenti il determinismo non può avere alcun senso rigoroso; a priori il senso positivo della causalità si riduce all'affermazione di leggi approssimate e di aspettative probabili.

Ma la critica gnoseologica o epistemologica non può apparsi di un concetto che riduce la scienza al suo contenuto positivo come semplice collezione o descrizione di fatti. La scienza oltrepassa il suo contenuto positivo col tentativo di *spiegare* i fatti mercé una costruzione immaginativa o una rappresentazione concettuale che soddisfi (fin dove è possibile) alle esigenze razionali del pensiero.

Secondo questa veduta il principio di causalità assume il significato di un criterio logico o metodologico; criterio su cui si fonda il giudizio circa la *plausibilità* delle teorie e quindi presupposto della ricerca, che si traduce propriamente colla domanda della *ragion sufficiente*.

Il dilemma paradossale a cui mette capo lo sviluppo della recente fisica quantistica — meccanicismo acausale ovvero determinismo incompatibile con una spiegazione meccanica — si deve risolvere accogliendo la seconda alternativa, e precisamente

negando l'esistenza obiettiva dei corpuscoli elementari del mondo microscopico. Questa negazione ha già un principio di convalida nelle teorie dei gas fondate sulle nuove statistiche. La crisi della nuova fisica importa dunque non la crisi del determinismo, ma il *superamento* del meccanicismo. Tuttavia questa veduta filosofica non assume un significato intransigente nei confronti dei fisici e specialmente dei positivisti che ne dissentono. Il loro atteggiamento rassegnato ed agnostico per quel che concerne taluni aspetti dei fenomeni, e più precisamente la natura dei fenomeni microscopici, non vieta loro di farne progredire lo studio almeno per quel che riguarda il comportamento statistico, che risponde alla realtà molare. Logicamente essi possono pretendere di giocare in queste teorie un rôle paragonabile a quello che hanno esercitato durante due secoli i newtoniani accettanti l'ipotesi delle forze istantanee a distanza, senza far conto delle esigenze razionali che vi si oppongono. Comunque la rinuncia a comprendere ciò che vi ha di intimo nei fenomeni studiati, allontana la possibilità di scoperte significative che (più tosto o più tardi) condurranno probabilmente i veri credenti della scienza a superare i punti di vista attuali.

Intanto la messa a punto del problema filosofico della causalità toglie credito alle rinnovate speculazioni che esprimono motivi romantici, vitalistici, mistici, traenti occasione dai nuovi sviluppi della fisica. Con ciò non vogliamo negare il carattere suggestivo di talune idee, per esempio di quelle affacciate da Bohr; le ragioni che portano a riconoscere più largamente la solidarietà universale dei fenomeni, tendono anche a rendere meglio intelligibile quella solidarietà degli organismi viventi, che si manifesta realmente nei più profondi aspetti della vita e che qualcuno traduce, in forma vaga, colle forze di totalità (*Ganzheitskausalität*); senza che vi sia bisogno di concepire qui l'esistenza di *vires a fronte* in antitesi alle *vires a tergo* o alla causalità propria, o come limite di essa. Ma non usciremo

dai termini del nostro studio, discutendo sul significato che può assumere, in ordine alla causalità, la finalità apparente nei fenomeni biologici. Tanto piú che le nostre cognizioni a tale riguardo ci sembrano troppo insufficienti per fondarvi con chiarezza una veduta ragionevole. Molti problemi determinanti, che toccano la validità delle leggi fisico-chimiche negli organismi viventi, dovranno essere risolti o chiariti prima che il filosofo possa dire sull'argomento una parola significativa ¹.

¹ Interessanti esposizioni sulle vedute che si riferiscono a tale soggetto, e sui dibattiti che esse sollevano, trovansi per esempio in: B. BAVINK, *Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften*, 5^a ed.; A. MITTASCH, *Katalyse und Determinismus* (Springer, Berlino 1938); PH. FRANK, *Das Kausalgesetz und seine Grenze* (Springer, Vienna 1932).

NUOVO CONCETTO DELLA RAGIONE

Le riflessioni da me svolte in precedenza dovrebbero aver già dimostrato che la revisione critica delle dottrine kantiane, esercitata sui punti indicati, non ha soltanto l'effetto di correggere alcune teorie che riguardano il progresso della scienza e l'applicazione puramente scientifica di tali teorie. Se si cerca di raccogliere in un giudizio sintetico tutta la portata di queste critiche, ci si convincerà che esse finiscono per modificare radicalmente l'idea stessa della Ragion pura, così come l'intendeva Kant. La ragione non appare più come un'attività che elabora i dati dell'esperienza possibile e che esprime le proprie leggi in assiomi necessari e universali, ma le sue esigenze, che hanno perduto il loro carattere assoluto, tendono ad essere soddisfatte in funzione dell'esperienza stessa, ed è quest'ultima che, in ultima analisi, sanziona i princípi.

Per conseguenza: *la ragion pura di Kant rappresenta un ideale astratto, nel quale si sublima la ragione che si sviluppa progressivamente nella storia del pensiero scientifico.*

Non è inutile porre questa conclusione in rapporto con le idee sbocciate nel corso dello sviluppo della filosofia kantiana durante l'epoca romantica, e in particolare con la dottrina di Hegel. Il fatto che la critica scientifica abbia potuto ritrovare alcune idee che le sono utili nel patrimonio intellettuale di

questo filosofo, è cosa che certamente meraviglierà chiunque abbia presente il pensiero disordinato, e le tendenze così contrarie allo spirito scientifico, del maestro dell' Idea Assoluta. Ma l' analogia, che dobbiamo qui riconoscere, si basa essenzialmente sull' ipotesi fondamentale della "relatività universale" che Hegel ha sviluppato nel suo sistema.

Hegel si richiama alla relatività per togliere qualsiasi autorità normativa a una scienza che altrimenti sarebbe accettata come un sistema di verità assolute. A questo statico dogmatismo si contrappone l' attività libera e creatrice dello spirito, che il filosofo vede svilupparsi nel progresso dialettico. Il motivo intimo di questa teoria è appunto una rivendicazione dei valori realizzati dall' esperienza storica contro quelli costruiti dalla critica scientifica.

Senza uscire dal campo della pura teoria, possiamo sottolineare questa differenza essenziale tra la filosofia hegeliana e la nuova filosofia critica della scienza: quest' ultima riconosce un sistema (che si può estendere progressivamente) di rapporti stabiliti dal soggetto tra i dati di una realtà (essa stessa suscettibile di estendersi), mentre la filosofia hegeliana pretendeva di interpretare i dati identificandoli *a priori* con lo sviluppo del soggetto che creava la realtà totale attraverso il suo stesso sviluppo. Il vero senso di questa interpretazione del mondo attraverso il "movimento logico" è abbastanza oscuro, né certo potrebbe essere chiarito dalla costruzione dialettica della "fenomenologia", e meno che mai dalla "filosofia della natura", che tuttavia non abbiamo alcun diritto di eliminare come se fosse un accessorio caduco, poiché essa invece esprime un motivo profondo del sistema. Anche se si arriva ad ammettere che una cosa pervenuta alla nostra coscienza come percezione di un oggetto esterno — per esempio, la pietra contro cui inciampa il poeta contemplando il cielo stellato di una "notte idumea" — è il risultato di un' attività anteriore del nostro Io più profondo,

sarà evidente l'arbitrio di voler cercare la spiegazione di questo fatto nello stretto orizzonte della nostra coscienza attuale e delle nostre passioni umane. Al contrario, nella scarsa misura in cui ci è consentito di spiegare scientificamente i nuovi dati o, almeno, di collegarli a dati acquisiti anteriormente, l'ordine che avremo raggiunto si identificherà nella nostra mente con la ragione matematica: ma, nello stesso tempo, si richiamerà sempre a qualcosa di esterno a noi, cioè a una realtà che dobbiamo necessariamente supporre indipendente dallo spirito ordinatore.

Se si rivela vuoto dal punto di vista della pura conoscenza, il postulato metafisico dell'idealismo costruttivo (la risoluzione dell'oggetto nel soggetto) ci appare solo come un atto di fede, capace di esaltare l'energia dell'azione. Ma qui si rivela anche l'aspetto fino a un certo punto immorale della filosofia hegeliana e della visione "orgiastica" della realtà e della vita che essa vuol darci. La forza e il coraggio non sono che un aspetto della nobiltà dell'uomo, e non acquistano il loro più alto significato se non quando vengono messi al servizio della giustizia e della verità. La concezione di Hegel giunge a misconoscere la virtù contemplativa della ragione pura e teorica, e toglie così qualsiasi valore normativo alla verità che lo spirito si sforza di raggiungere al di fuori e al di sopra di ogni timore e desiderio.

A questo ideale dionisiaco noi opponiamo l'ideale apollineo: la ragione, che cerca nella scienza non soltanto la regola pratica per il successo, ma anche l'esempio del pensiero disinteressato che è sforzo teso verso la verità. Noi sappiamo ora che la verità della scienza non si trova come qualcosa di compiuto e di assoluto in una teoria, quale che essa sia; ma ogni teoria, ogni costruzione di un sistema di idee formate provvisoriamente dal pensiero per rappresentare e spiegare il mondo dei fenomeni, esprime qualcosa di vero: e l'uomo trova la verità totale nella serie di tutti i sistemi possibili, e quindi nell'evoluzione storica, in cui le

teorie si fanno e si disfanno con il risultato di procurarci una conoscenza sempre piú vasta ed esatta.

Il compito della critica filosofica della scienza consiste dunque nella difesa e riabilitazione — contro il pragmatismo — di questo valore di verità: essa non potrebbe guidarci sul dritto cammino dell'azione, se non avesse in se stessa una forma normativa che si erge al di sopra di quel conflitto universale in cui le idee sono, di volta in volta, vittoriose o sconfitte. E, nello stesso tempo, ciò significa riabilitare la logica dell'*intelligenza* discorsiva, che Hegel pretende di definire come un *momento* (o fase) nello sviluppo della ragione, ma che in realtà disprezza e sostituisce col formalismo vuoto della sua dialettica. In realtà questa logica mantiene la sua rigorosa validità, nel campo delle teorie scientifiche particolari, mentre la logica piú alta della ragione unificatrice interviene solo quando si tratta di passare da una teoria all'altra, e non è affatto una logica che possa essere ridotta a un ritmo di forme pure. D'altra parte, la nuova idea che ci formiamo della ragione, e che colleghiamo a una visione storica della scienza, non entra in conflitto col senso della storia. Ed è soltanto la mancanza di questo senso che poteva in parte giustificare la reazione della scuola romantica contro il razionalismo.

Comporre e superare il contrasto tra il razionalismo e lo storicismo, e rinnovare il razionalismo con una concezione piú elevata e piú umana, sostenendolo anche contro le diverse correnti del pragmatismo contemporaneo — questo sembra essere il compito della filosofia, che si presenta e si giustifica come risultato della critica della conoscenza scientifica sviluppatasi soprattutto nell'ambito stesso della scienza, da Kant fino ai giorni nostri.

ELENCO CRONOLOGICO DELLE
PUBBLICAZIONI
DI FEDERIGO ENRIQUES

a cura di L. Campedelli e A. Barlotti

Sono segnati con un asterisco i trattati e volumi diversi,
con due asterischi i libri di testo per le scuole medie.

1890

Alcune proprietà dei fasci di omografie negli spazi lineari ad n dimensioni, R. C. Accad. Lincei (4) 6, 2° sem.

Le omografie cicliche degli spazi ad n dimensioni, G. Battaglini 30.

Le omografie armoniche negli spazi lineari ad n dimensioni, ibid.

1893

Sui gruppi continui di trasformazioni cremoniane nel piano, R. C. Accad. Lincei (5) 2, 1° sem.

Sopra un gruppo continuo di trasformazioni di Jonquières nel piano, ibid., 1° sem.

Una questione sulla linearità dei sistemi di curve appartenenti ad una superficie algebrica, ibid., 2° sem.

Sui sistemi lineari di superficie algebriche le cui intersezioni variabili sono curve iperellittiche, ibid., 2° sem.

Sugli spazi pluritangenti delle varietà cubiche generali appartenenti allo spazio a quattro dimensioni, G. Battaglini 31.

Ricerche di geometria sulle superficie algebriche, Mem. Accad. Torino (2) 44.

Le superficie con infinite trasformazioni proiettive in se stesse, Atti Ist. veneto (7) 4.

1894

Intorno alla memoria "Le superficie con infinite trasformazioni in se stesse", *ibid.* 5.

Sui sistemi lineari di superficie algebriche le cui intersezioni variabili sono curve ellittiche, *R. C. Accad. Lincei* (5) 3, 1° sem.

Ancora sui sistemi lineari di superficie algebriche le cui intersezioni variabili sono curve ellittiche, *ibid.*

Sui fondamenti della geometria proiettiva, *R. C. Ist. lombardo* (2) 27.

Sulla massima dimensione dei sistemi lineari di curve di dato genere appartenenti ad una superficie algebrica, *Atti Accad. Torino* 29.

* *Lezioni di geometria proiettiva*, 1ª ed. a cura di C. Pedretti (litogr., Bologna 1893-94); 2ª ed. a cura di G. Serrazanetti (1894-95).

* *Lezioni di geometria descrittiva*, 1ª ed. (litogr., Bologna 1893-94); 2ª ed. a cura di J. Schimaglia (1894-95).

1895

Alcune proprietà metriche dei complessi di rette ed in particolare di quelli simmetrici rispetto ad assi (1891), *Ann. Scu. norm. sup. Pisa* 7.

Sulle irrazionalità da cui può dipendere la risoluzione di un'equazione algebrica $f(x,y,z) = 0$, mediante funzioni razionali di due parametri, *R. C. Accad. Lincei* (5) 4, 2° sem.

Sui postulati fondamentali della geometria proiettiva (corrispondenza con G. Fano), *R. C. Circ. mat. Palermo* 9.

Sui sistemi lineari di superficie algebriche ad intersezioni variabili iperellittiche, *Math. Ann.* 46.

Sur les surfaces algébriques admettant un groupe continu de transformations birationnelles en elles mêmes (in collab. con G. CASTELNUOVO), *C. R. Acad. Sci., Paris*, 121.

* *Conferenze di geometria: fondamenti di una geometria iperspaziale* (litogr., Bologna 1894-95).

1896

Un'osservazione relativa alla rappresentazione parametrica delle curve algebriche, R. C. Circ. mat. Palermo 10.

Sopra le equazioni differenziali lineari del quarto ordine che divengono integrabili quando è noto un loro integrale particolare, R. C. Ist. lombardo (2) 29.

Sopra le superficie algebriche di cui le curve canoniche sono iperclittiche, R. C. Accad. Lincei (5) 5, 1° sem.

Introduzione alla geometria sopra le superficie algebriche, Mem. Mat., Roma (3) 10.

Sui piani doppi di genere uno (con una "Aggiunta" di G. CASTELNUOVO), *ibid.* (3) 10.

Sur quelques récents résultats dans la théorie des surfaces algébriques (in collab. con G. CASTELNUOVO), *Math. Ann.* 48.

1897

Sulle irrazionalità da cui può farsi dipendere la risoluzione d'una equazione algebrica $f(x,y,z) = 0$ con funzioni razionali di due parametri, *Math. Ann.* 49.

Le superficie algebriche di genere lineare $p^{(1)} = 2$, R. C. Accad. Lincei (5) 6, 1° sem.

Sulle superficie algebriche di genere lineare $p^{(1)} = 3$, *ibid.*

Sui gruppi continui di trasformazioni cremoniane dello spazio, *Ann. Mat.* (2) 26.

1898

Sulle ipotesi che permettono l'introduzione delle coordinate in una varietà a più dimensioni, R. C. Circ. mat. Palermo 12.

Sui piani doppi di genere lineare $p^{(1)} = 1$, R. C. Acc. Lincei (5) 7, 1° sem.

Sopra le superficie che posseggono un fascio ellittico o di genere due di curve razionali, *ibid.* (5) 7, 2° sem.

Sopra le superficie che posseggono un fascio di curve razionali, *ibid.* (5) 7, 2° sem.

Sur les problèmes qui se rapportent à la résolution des équations algébriques renfermant plusieurs inconnues, *Verh. 1. int. Math. Kongr. Zürich*, 9-11 Aug. 1897 (Teubner, Lipsia); *Math. Ann.* 51 (1899).

* *Lezioni di geometria proiettiva*, 1ª ed. (Zanichelli, Bologna); 2ª ed. 1904, 3ª ed. 1909, 4ª ed. 1920 e successive ristampe. Trad. ted. (1903), franc. (1930) e ingl. (litogr.).

1899

Una proprietà delle serie continue di curve appartenenti ad una superficie algebrica regolare, *R. C. Circ. mat. Palermo* 13.

Sopra le superficie algebriche che contengono un fascio di curve razionali, *Math. Ann.* 52.

Programma di un corso di geometria superiore per l'anno 1897-98, *Boll. Bibliogr. Sci. mat.* 2.

1900

Sur une classe de surfaces algébriques (in collab. con G. CASTELNUOVO), *C. R. Acad. Sci., Paris*, 131.

Sulle condizioni di razionalità dei piani doppi (in collab. con G. CASTELNUOVO), *R. C. Circ. mat. Palermo* 14.

Sulle equazioni algebriche risolubili per radicali quadratici e sulla costruibilità dei poligoni regolari, in « Questioni riguardanti la geometria elementare » (vedi sotto) e « Questioni riguardanti le matematiche elementari », 2ª e 3ª ed. (1914 e 1926).

Sull'importanza scientifica e didattica delle questioni che si riferiscono ai principii della geometria, in « Questioni riguardanti la geometria elementare » (vedi sotto).

Recensione a D. HILBERT, *Grundlagen der Geometrie*; *Boll. Bibliogr. Sci. mat.* 3.

* « Questioni riguardanti la geometria elementare » raccolte e coordinate da F. E. (Zanichelli, Bologna). Trad. ted. (1907 e 1910).

Sul preteso raddrizzamento delle immagini nella visione, *Boll. Mat.*, Bologna 1.

1901

Sur les surfaces algébriques admettant des intégrales de différentielles totales de première espèce, *Ann. Fac. Sci. Toulouse* (2) 3.

Intorno ai fondamenti della geometria sopra le superficie algebriche, *Atti Accad. Torino* 37.

Sopra alcune questioni fondamentali nella teoria delle superficie algebriche (in collab. con G. CASTELNUOVO), *Ann. Mat.* (3) 6.

Sulla spiegazione psicologica dei postulati della geometria, *Riv. fil.* 4.

Intorno alla seconda soluzione di Laplace del problema dei tre corpi (estratto da una lettera al prof. T. Levi-Civita), *Atti Ist. veneto* 60.

Remarque au sujet d'une note de M. S. Kantor, *C. R. Acad. Sci., Paris*, 132.

Relazione sui lavori presentati per 1° concorso bandito dal "Bollettino" nell'anno 1900, *Boll. Mat.*, Bologna, 2.

1902

* *Lezioni di geometria descrittiva*, a cura di U. Concina, 1^a ed. (Zanichelli, Bologna); 2^a ed. 1908, e ristampe varie.

Per ricondurre la filosofia alla scienza (lettera ad A. Orvieto), *Il Marzocco* 7, 19 genn.

1903

Sopra le superficie e le varietà a più dimensioni le cui geodetiche sono rappresentabili con equazioni lineari, *R. C. Accad. Bologna (N. S.)* 7.

* *Vorlesungen über projektive Geometrie*, trad. H. Fleischer, introd. F. Klein, 1^a ed. (Teubner, Lipsia); 2^a ed. 1915.

** *Elementi di geometria ad uso delle scuole secondarie superiori* (in collab. con U. AMALDI), 1^a ed. (Zanichelli, Bologna); ed. successive con rielaborazioni diverse.

Estensioni e limiti dell'insegnamento della matematica in ciascuno dei due gradi, inferiore e superiore, delle scuole medie (in collab. con F. SEVERI ed A. CONTI), Boll. Mat. 2.

1904

Sul gruppo di monodromia delle funzioni algebriche, appartenenti ad una data superficie di Riemann, R. C. Accad. Lincei (5) 13, 1^o sem.
Luigi Cremona, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 8.

1905

Sulla proprietà caratteristica delle superficie algebriche irregolari, ibid. (N. S.) 9.

Sur les surfaces algébriques irrégulières, C. R. Accad. Sci., Paris, 140.

Sur les surfaces algébriques de genre zéro, ibid.

Sulle superficie algebriche di genere geometrico zero, R. C. Circ. mat. Palermo 20.

Sulle superficie algebriche che ammettono un gruppo continuo di trasformazioni birazionali in se stesse, ibid.

1906

Sulle superficie algebriche che ammettono una serie discontinua di trasformazioni birazionali, R. C. Accad. Lincei (5) 15, 2^o sem.

Sur les intégrales simples de première espèce d'une surface ou d'une variété algébrique à plusieurs dimensions (in collab. con G. CASTELNUOVO), Ann. Éc. norm. sup. 23.

Sur quelques résultats nouveaux dans la théorie des surfaces algébriques, appendice a E. PICARD e G. SIMART, *Théorie des fonctions algébriques de deux variables indépendantes* (Gauthier-Villars, Parigi) vol. 2.

Sui principii della meccanica, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 10.

* *Problemi della scienza*, 1^a ed. (Zanichelli, Bologna), 2^a ed. 1908, rist. 1926. Trad. ted. (1910), franc. (1909 e 1912), ingl. (1914).

L'ordinamento delle Università in rapporto alla filosofia, Atti I Conv. Soc. fil. ital.

Sulla preparazione degli insegnanti di scienze: relazione, Atti V Congr. Insegnanti Scuole medie, Bologna.

1907

Sopra le superficie algebriche di bigenere uno, Mem. Mat., Roma, (3) 14.

Einige allgemeine Bemerkungen über die geometrischen Aufgaben, in «Fragen der Elementargeometrie», 2. Teil (vedi sotto).

Intorno alle superficie iperellittiche, R. C. Accad. Lincei (5) 16, 1^o sem.

Intorno alle superficie algebriche di genere lineare $p^{(1)} = 1$, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 11.

Prinzipien der Geometrie, «Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften», vol. 3 (Teubner, Lipsia). Trad. franc. (1911).

* «Fragen der Elementargeometrie» gesammelt und zusammengestellt von F. E., 2. Teil: «Die Geometrischen Aufgaben, ihre Lösung und Lösbarkeit», trad. H. Fleischer, 1^a ed. (Teubner, Lipsia); 2^a ed. 1922.

Le principe d'inertie et les dynamiques non-newtoniennes, Scientia 2.

La scienza eterodossa e la sua funzione sociale, ibid. 2.

Recensione a V. PARETO, *Manuale di economia politica*; ibid. 1.

Recensione a H. HÖFFDING, *Histoire de la philosophie moderne*; ibid. 2.

Recensione a A. REY, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*; ibid. 2.

1908

Intorno alle superficie iperellittiche irregolari (in collab. con F. SEVERI), R. C. Accad. Lincei (5) 17, 1° sem.

Sui moduli delle superficie algebriche, *ibid.*

Un'osservazione relativa alle superficie di bigenere uno, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 12.

Grundeigenschaften der algebraischen Flächen (in collab. con G. CASTELNUOVO), « Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften », vol. 3 (Teubner, Lipsia).

Matematiche e filosofia, Rassegna contemporanea 1; Atti iv Congr. int. Mat., Roma aprile 1908, vol. 3 (Roma 1909).

Il valore della scienza, discorso inaugurale dell'anno accademico 1907-1908 all'Università di Bologna; Annuario Univ. Bologna 1907-1908; Rassegna contemporanea 2 (1909).

Il rinascimento filosofico nella scienza contemporanea, discorso inaugurale II Congr. Soc. fil. ital., Parma; in « Questioni filosofiche » (Formiggini, Bologna-Modena).

Il valore della scienza, *ibid.*

Relazione del Presidente della Società filosofica italiana al II Congresso, *ibid.*

La riforma dell'Università italiana, *Scientia* 3.

L'Università italiana: critica degli ordinamenti in vigore, *ibid.* 3.

Un caso d'indeterminazione della meccanica (Nota critica), *ibid.* 4.
Recensione a GALLETTI e SALVEMINI, *La riforma della scuola media*; *ibid.* 4.

Recensione a C. GINI, *Il sesso dal punto di vista statistico*; *ibid.* 4.

1909

Le superficie di genere uno, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 13.

Mémoire sur les surfaces hyperelliptiques (in collab. con F. SEVERI), pt. 1, Acta math., Stockh., 32.

** *Elementi di geometria ad uso delle scuole tecniche* (in collab. con U. AMALDI), 1ª ed. (Zanichelli, Bologna); ed. successive varie.

- La valeur de la science*, Revue du Mois 4.
 Il principio di ragion sufficiente nella costruzione scientifica, *Scientia* 5.
 Razionalismo e storicismo, *ibid.* 5.
 La teoria dello Stato e il sistema rappresentativo, *ibid.* 6.
 Les deux écoles italiennes de droit pénal (Nota critica), *ibid.* 6.
 Recensione a E. BOUTY, *La vérité scientifique; sa poursuite*, *ibid.* 5.
 * *Les problèmes de la science et de la logique*, trad. Dubois (Alcan, Parigi). Trad. russa di A. Bačinskij e G. G. Spett (Kosmos, Mosca 1910).

1910

- Sulle trasformazioni razionali delle superficie di genere uno*, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 14.
 Mémoire sur les surfaces hyperelliptiques (in collab. con F. SEVERI), pt. 2, *Acta math.*, Stockh., 33.
 Ueber die philosophische Bedeutung der Fragen die sich auf die Grundlagen der Geometrie beziehen, in «Fragen der Elementargeometrie», 1. Teil.
 * «Fragen der Elementargeometrie» gesammelt und zusammengestellt von F. E., 1. Teil: «Die Grundlagen der Geometrie», trad. H. Thieme (Teubner, Lipsia).
 ** *Nozioni di geometria ad uso delle scuole complementari* (in collab. con U. AMALDI), 1^a ed. (Zanichelli, Bologna); ed. successive varie.
 ** *Nozioni di geometria ad uso dei ginnasi inferiori* (in collab. con U. AMALDI), 1^a ed. (Zanichelli, Bologna); ed. successive varie rielaborate.
 La metafisica di Hegel, Riv. Fil. 2.
 La métaphysique de Hegel considérée d'un point de vue scientifique, Rev. Métaphys. Mor. 18.
 La filosofia positiva e la classificazione delle scienze, *Scientia* 7.
 Il pragmatismo, *ibid.* 8.

Recensione a H. BOUASSE, *Bachot et bachottage* (Étude sur l'enseignement en France); *ibid.* 8.

* *Probleme der Wissenschaft*, trad K. Grelling (Teubner, Lipsia).

1911

Sulla definizione del continuo lineare, R. C. Acc. Bologna (N. S.) 15.
Sui numeri non archimedei e su alcune loro interpretazioni, *Boll. Mathesis* 3.

Principes de la géometrie, « *Encyclopédie des sciences mathématiques* », vol. 3.

I numeri e l'infinito, *Scientia* 9.

Il problema della realtà, discorso inaugurale iv Congr. int. Fil., *Atti iv Congr. int. Fil.*, vol. 2; *Scientia* 9.

La philosophie de Giovanni Vailati, *Scientia* 10.

La filosofia italiana al Congresso di Bologna, *Riv. Fil.* 3.

Mettiamo le cose a posto, *ibid.*

Esiste un sistema filosofico di Benedetto Croce?, *Rass. contemp.* 4.

Recensione a W. JAMES, *Philosophie de l'expérience*; *Scientia* 9.

1912

Sulle superficie algebriche con un fascio di curve ellittiche, R. C. Acc. Lincei (5) 21, 1° sem.

Sopra una involuzione non razionale dello spazio, *ibid.*

Sui moduli di una classe di superficie algebriche e sul teorema d'esistenza per le funzioni algebriche di due variabili, *Atti Acc. Torino* 47.

Sur le théorème d'existence pour les fonctions algébriques de deux variables indépendantes, C. R. Acad. Sci., Paris, 154.

Alcune osservazioni intorno alle superficie razionali reali, R. C. Acc. Bologna (N. S.) 16.

Sull'importanza filosofica delle questioni che si riferiscono ai principii della geometria, in « *Questioni riguardanti le matematiche elementari* », 2^a ed., vol. 1.

Sull'insegnamento della geometria razionale, *ibid.*, 2^a ed., vol. 1. I numeri reali, *ibid.* 2^a ed., vol. 1; 3^a ed., pt. 1, vol. 1 (1924).

* « Questioni riguardanti le matematiche elementari » raccolte e coordinate da F. E., 2^a ed., vol. 1: "Critica dei principii" (Zanichelli, Bologna). Trad. spagn. (1921).

Matematiche e teoria della conoscenza, *Scientia* 11. Trad. russa.

Il significato della critica dei principii nello sviluppo delle matematiche, *Scientia* 12; Proc. 5th int. Congr. Math., Cambridge, 22-28 Aug. 1912 (Cambridge University Press 1913).

Risposta a Benedetto Croce, *Riv. Fil.* 4.

Die Probleme der Logik, « Encyclopädie der philosophischen Wissenschaften » di WINDELBAND e RUGE, vol. 1.

* *Scienza e razionalismo* (Zanichelli, Bologna).

* *Les concepts fondamentaux de la science*, trad. L. Rougier (Flammarion, Parigi).

1913

Il salto dalla teoria della conoscenza all'idealismo metafisico, *Riv. Fil.* 5.

Sulla teoria geometrica degli immaginari, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 17.

Intorno alla risoluzione razionale di una classe di equazioni algebriche fra quattro variabili, *Ann. Mat.* (3) 40.

Recensione a G. LE BON, *La Révolution française et la psychologie des révolutions*; *Scientia* 13.

1914

Sulla classificazione delle superficie algebriche e particolarmente sulle superficie di genere lineare $p^{(1)} = 1$, R. C. Accad. Lincei (5) 23, 1^o sem.

Sul teorema di invarianza della serie canonica g_{2p-2}^p appartenente ad una curva algebrica di genere p , *Mem. Accad. Bologna* (7) 1.

Die algebraischen Flächen vom Gesichtspunkte der birationalen Transformationen aus (in collab. con G. CASTELNUOVO), « Encyclopédie der mathematischen Wissenschaften », vol. 3.

Alcune osservazioni generali sui problemi geometrici, in « Questioni riguardanti le matematiche elementari », 2^a ed., vol. 2; 3^a ed., pt. 2 (1926).

Massimi e minimi nell'analisi moderna, ibid., 2^a ed., vol. 2; 3^a ed., pt. 3 (1927).

Recensione a Opere matematiche di Luigi Cremona, vol. 1; Ann. Mat. (3) 22.

* « Questioni riguardanti le matematiche elementari » raccolte e coordinate da F. E., 2^a ed., vol. 2: « Problemi classici della geometria. Numeri primi e analisi indeterminata. Massimi e minimi » (Zanichelli, Bologna). Trad. spagn. (1921).

** Nozioni di matematica ad uso dei licei moderni (in collab. con U. AMALDI), vol. 1 (Zanichelli, Bologna).

* Problems of Science, trad. K. Royce, prefaz. di J. Royce (Open Court, Londra-Chicago).

Un convegno di matematici e di filosofi, Il Marzocco 19, 8 marzo.

1915

Sulle intersezioni di due varietà algebriche, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 19.

Recensione a Opere matematiche di Luigi Cremona, vol. 2; Ann. Mat. (3) 24.

* Lezioni sulla teoria geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche (in collaborazione con O. CHISINI), vol. 1 (Zanichelli, Bologna); ristampa 1929.

** Nozioni di matematica ad uso dei licei moderni (in collab. con U. AMALDI), vol. 2 (Zanichelli, Bologna).

La connaissance historique et la connaissance scientifique dans la critique de E. de Michelis, Scientia 17.

Réflexions sur l'art d'écrire un traité: à propos d'un traité de mathématiques, ibid. 18.

1916

Sulla teoria delle singolarità delle curve algebriche, R. C. Accad. Lincei (5) 25, 1° sem.

L'intorno di una curva sopra una superficie algebrica, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 20.

** *Zasady Geometrji Elementarnej do uzytku szkóí srednich*, trad. W. L. Wojtowicz (Varsavia-Leopoli).

1917

Sui rami delle curve algebriche gobbe nell'intorno di un punto singolare, R. C. Accad. Lincei (5) 26, 1° sem.

Sulla teoria delle omografie iperspaziali, *ibid.* (5) 26, 1° sem.

Sull'analisi delle singolarità puntuali delle superficie algebriche mediante divisioni di polinomi, *ibid.* (5) 26, 2° sem.

Osservazioni sulle falde d'una superficie algebrica nell'intorno di un punto singolare, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 21.

Recensione a Opere matematiche di Luigi Cremona, vol. 3; Ann. Mat. (3) 26.

Sur quelques questions soulevées par l'infini mathématique, Rev. Métaphys. Mor. 24.

1918

* *Lezioni sulla teoria geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche* (in collab. con O. CHISINI), vol. 2 (Zanichelli, Bologna).

* *Conferenze sulla geometria non-euclidea*, a cura di O. Fernandez (Zanichelli, Bologna).

* *Conferencias de geometria no-euclidea*, recogidas y ordenadas por el Dr. O. Fernandez Baños (Castellana, Valladolid).

Sulla teoria della materia e sulle origini della meccanica in Democrito d'Abdera, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 22.

Il concetto della logica dimostrativa secondo Aristotele, Riv. Fil. 10.

1919

Questioni numerative e loro significato nella geometria sopra le curve algebriche, R. C. Accad. Lincei (5) 28, 1° sem.

Sulle curve canoniche di genere p dello spazio a $p-1$ dimensioni, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 23.

Sul procedimento di riduzione all'assurdo, Boll. Mathesis 11.

Nota alla lettera del prof. G. Loria: come venne scoperto il teorema di Pitagora?, *ibid.*

1920

Sul gruppo proiettivo delle curve ellittiche normali e su certi fasci sizigetici di queste curve; R. C. Accad. Bologna (N. S.) 24.

Valore delle matematiche nella filosofia italiana (sunto di conferenza), Boll. Mathesis. 12.

La evolucion del concepto de la geometria y la escucla italiana durante los ultimos cincuenta años, Rev. Mat. hisp-amer. 2.

Democrito e le origini della meccanica, Atti Soc. ital. Progr. Sci., riun. x, Pisa, aprile 1919.

La teoria democritea della scienza, Riv. Fil. 12.

Razionalismo e misticismo, *ibid.*

1921

Sul teorema di esistenza per le funzioni algebriche, R. C. Accad. Bologna (N. S.) 25.

Noterelle di logica matematica, Period. Mat. (4) 1.

Polemica logico-matematica, *ibid.*

L'œuvre mathématique de Klein (Nota critica), Scientia 30.

Recensione a W. HALLOK e H. WADE, *Outlines of the Evolution of Weights and Measures and the Metric System*; Period. Mat. (4) 1.

Recensione a H. SIMON, *Ueber die Entwicklung der Elementar-Geometrie in XIX Jahrhundert*; *ibid.*

Recensione a H. G. ZEUTHEN, *Histoire des Mathématiques dans l'antiquité et dans le moyen âge*; *ibid.*

Recensione a T. L. HEATH, *The thirteen Books of Euclid's Elements*; *ibid.*

Recensione a W. LOREY, *Das Studium der Mathematik an den deutschen Universitäten seit Anfang des 19. Jahrhunderts*; *ibid.*

* *Questiones relativas a la Matematica Elemental*, trad. per conto Rev. mat. hisp-amer. (Valladolid).

Insegnamento dinamico, *Period. Mat.* (4) 1.

La relatività del movimento nell'antica Grecia, *ibid.*

La lingua internazionale, *ibid.*

Le conferenze di Alberto Einstein a Bologna, *Parole di presentazione*, *Riv. Fil.* 13.

La théorie kantienne des jugements a priori par rapport au développement historique de la science contemporaine, *Soc. franç. Phil.*

Recensione a C. CIAMBERLINI, *Saggi di didattica matematica*; *Period. Mat.* (4) 1.

1922

Il principio di degenerazione e la geometria sopra le curve algebriche, *Math. Ann.* 85.

Sulle equazioni algebriche $f(x, y) = 0$ che si risolvono parametricamente mediante due polinomi, *R. C. Accad. Bologna (N. S.)* 26.

Il positivismo e la critica degli assiomi dell'uguaglianza, *Period. Mat.* (4) 2.

Sull'interpolazione nell'uso delle tavole dei logaritmi e delle funzioni trigonometriche, *ibid.*

Conservazione e progresso nelle matematiche, *ibid.*

Recensione a T. L. HEATH, *A History of Greek Mathematics*; *ibid.*

Recensione a W. LIETZMANN, *Der Pythagorische Lehrsatz*; *ibid.*

Recensione a F. KLEIN, *Gesammelte mathematische Werke*, vol. 1; *ibid.*

Recensione a H. WIELEITNER, *Der Begriff der Zahl in seiner logischen und historischen Entwicklung*; *ibid.*

Einstein e l'interpretazione subiettiva della scienza; *ibid.*

Le venerabili proprietà della materia; *ibid.*

* Per la storia della logica. *I principii e l'ordine della scienza nel concetto dei pensatori matematici* (Zanichelli, Bologna). Trad. franc. (1925), ted. (1927), ingl. (1929).

1923

Sui fondamenti dell'aritmetica e sul principio dell'invarianza del numero, R. C. Accad. Lincei (5) 32, 2° sem.

La polemica eleatica per il concetto razionale della geometria, *Period. Mat.* (4) 3.

Recensione a F. KLEIN, *Gesammelte mathematische Abhandlungen*, vol. 2; *ibid.*

Recensione a S. PINCHERLE, *Gli elementi della teoria delle funzioni analitiche*; *ibid.*

Recensione a R. C. ARCHIBALD, *The Training of Teacher of Mathematics for the Countries represented in the International Commission on the Teaching of Mathematics*; *ibid.*

Recensione a G. LORIA, *Guida allo studio della storia delle matematiche*; *ibid.*

1924

Sulla costruzione delle funzioni algebriche di due variabili possedenti una data curva di diramazione, *Ann. Mat.* (4) 1.

Sulle singolarità algebriche, R. C. *Semin. mat. Univ. Roma* (2) 1.

Sur la théorie des équations et des fonctions algébriques d'après l'école géométrique italienne, *Enseign. math.* 23.

Sur la classification des surfaces algébriques au point de vue des transformations birationnelles, *Bull. Soc. math. Fr.* 52.

L'evoluzione delle idee geometriche nel pensiero greco: punto, linea, superficie, in « Questioni riguardanti le matematiche elementari », 3ª ed., pt. 1, vol. 1. Trad. franc. (1927).

Recensione a F. KLEIN, *Gesammelte mathematische Abhandlungen*, vol. 3; Period. Mat. (4) 4.

Recensione a A. LA BARBERA, *I numeri reali: calcolo dei radicali e dei logaritmi*; *ibid.*

* *Lezioni sulla teoria geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche* (in collab. con O. CHISINI), vol. 3 (Zanichelli, Bologna).

* « *Questioni riguardanti le matematiche elementari* » raccolte e coordinate da F. E., 3^a ed., pt. 1: « *Critica dei principii* », vol. 1 (Zanichelli, Bologna).

Introduzione e note alla traduzione di L. HEIBERG, *Matematiche, scienze naturali e medicina nell'antichità classica* (Stock, Roma).

La signification et l'importance de l'histoire de la science et l'oeuvre de Paul Tannery, Rev. Métaphys. Mor. 31; riprodotto come introduzione al volume di P. TANNERY, *Pour l'histoire de la science hellène*, 2^a ed. (Parigi 1930).

Il significato umanistico della scienza nella cultura nazionale, Period. Mat. (4) 4.

1925

Questione proposta n. 93, Period. Mat. 5.

Recensione a G. LORIA, *Curve sghembe speciali, algebriche e trascendenti*, vol. 1: « *Curve algebriche* »; *ibid.*

* *Gli elementi d'Euclide e la critica antica e moderna*, editi da F. E. col concorso di diversi collaboratori, libri I-IV (Stock, Roma; poi Zanichelli, Bologna).

* « *Questioni riguardanti le matematiche elementari* » raccolte e coordinate da F. E. 3^a ed., pt. 1: « *Critica dei principii* », vol. 2 (Zanichelli, Bologna).

Prefazione, introduzione e note critiche (con la collab. di U. FORTI) sullo sviluppo dei concetti della meccanica, in I. NEWTON, *Principii di filosofia naturale, Teoria della gravitazione* (Stock, Roma; poi Zanichelli, Bologna).

Spazio e tempo davanti alla critica moderna, in « *Questioni riguardanti le matematiche elementari* », 3^a ed., pt. 1, vol. 2.

Le teorie sulla forma della terra nell'antica Grecia, R. C. Semin. mat. Univ. Roma (2) 2.

Recensione a A. MIELI, *Manuale di storia della scienza*; Period. Mat. (4) 5.

* *L'évolution de la logique*, trad. G. E. Monod-Herzen (Chiron, Parigi).

Max Noether (in collab. con G. CASTELNUOVO e F. SEVERI), Math. Ann. 93.

1926

Il cerchio, articolo di prova per l'« Enciclopedia italiana », Period. di Mat. (4) 6; « Enciclopedia italiana » vol. 9 (1931).

* *Courbes et fonctions algébriques d'une variable* (in collab. con O. CHISINI), trad. M. Legaut (Gauthier-Villars, Parigi).

* « Questioni riguardanti le matematiche elementari » raccolte e coordinate da F. E., 3^a ed., pt. 2: « I problemi classici della geometria e le equazioni algebriche » (Zanichelli, Bologna).

** *Elementi di geometria ad uso delle scuole complementari* (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

Continuity and discontinuity of sciences, relazione Int. Congr. Phil., Cambridge, Mass.

L'Italia nella collaborazione universale della cultura, Nuova Antologia 61.

Prefazione a E. RUFINI, *Il "metodo" di Archimede* (Stock. Roma; poi Zanichelli, Bologna).

Il problema della forma della terra nell'antica Grecia, Period. Mat. (4) 6; e in A. CLAIRAUT, *La teoria della forma della terra*, a cura di M. Lombardini (Zanichelli, Bologna).

1927

Sull'immaginario in geometria, pt. 1 e 2, Period. Mat. (4) 7.

La teoria matematica della lotta per l'esistenza secondo Vito Volterra, ibid.

Questioni proposte NN. 144, 145, 150, ibid.

La géométrie non-euclidienne et la théorie de la connaissance, nel volume « In memoriam N. Lobačevskij » (Kazan).

* « Questioni riguardanti le matematiche elementari » raccolte e coordinate da F. E., 3^a ed., pt. 3: "Numeri primi e analisi indeterminata. Massimi e minimi" (Zanichelli, Bologna).

* *L'évolution des idées géométriques dans la pensée grecque: point, ligne, surface*, trad. M. Solovine (Gauthier-Villars, Parigi).

La definizione come problema scientifico, *Period. Mat.* (4) 7.

Recensione a « *Les maîtres de la pensée scientifique* », a cura di M. Solovine; *ibid.*

Recensione a « *Science et civilisation* », a cura di M. Solovine; *ibid.*

* *Zur Geschichte der Logik. Grundlage und Aufbau der Wissenschaft im Urteil der mathematischen Denker*, trad. L. Bieberbach (Teubner, Lipsia).

Lettera aperta a S. E. il Ministro della Pubblica Istruzione (per il Comitato scientifico dell'Ist. naz. Storia Sci.), *Period. Mat.* (4) 7.

1928

Gli studi matematici (Arti e studi in Italia nell'ultimo venticinquennio), Leonardo 4.

La riforma Gentile e l'insegnamento della matematica e della fisica nella scuola media, *Period. Mat.* (4) 8.

Questioni proposte N. 159 e N. 160, ibid.

Recensione a E. BERTINI, *Complementi di geometria proiettiva*; *ibid.*

Recensione a L. OLSCHKI, *Galilei und seine Zeit*; *ibid.*

1929

Abeliano, « *Enciclopedia italiana* », vol. 1.

Alessandria: le scienze fisico-matematiche, *ibid.*, vol. 2.

Analisi, *ibid.*, vol. 3.

Angolo, *ibid.*, vol. 3.

** *Elementos de geometria* (in collab. con U. AMALDI), trad. F. La Menza (Buenos Aires).

** *Nociones intuitivas de geometria* (in collab. con U. AMALDI), trad. F. D. Jaime (Buenos Aires).

Les modifications essentielles de l'enseignement mathématique dans les principaux pays depuis 1910, (in collab. con H. FEHR, A. CHATELET, S. GAGULIN), Enseign. math. 28.

Ueber die Geschichte des wissenschaftlichen Denkens bei den Griechen, Nachr. giessen. Hochschulges. 7.

Ansichten ueber die Entwicklung der griechischen Wissenschaft, Abh. math. Sem. hamburg. Univ. 7.

* *The Historic Development of Logic: the Principles and Structure of Science in the Conception of Mathematical Thinkers*, trad. J. Rosenthal (Holt, New York).

1930

Sopra le superficie algebriche trasformabili in rigate, R. C. Accad. Lincei (6) 12.

Le cassinoidi e le curve di Darboux, R. C. Semin. mat. Univ. Roma (2) 6.

La geometria non euclidea e i presupposti filosofici della teoria della relatività, Atti Soc. ital. Progr. Sci., riun. xviii, Firenze, sett. 1929, vol. 1.

Sul principio d'identità dei polinomi, Period. Mat. (4) 10.

Recensione a « *Enciclopedia delle matematiche elementari* », vol. 1, pt. 1; *ibid.*

Recensione a G. LORIA, *Curve piane speciali, algebriche e trascendenti. Teoria e storia*, vol. 1: "Curve algebriche"; *ibid.*

* *Leçons de géométrie projective*, trad. P. Laberenne (Gauthier-Villars, Parigi).

* *Gli elementi d'Euclide e la critica antica e moderna*, editi da F. E. col concorso di diversi collaboratori, libri v-ix (Zanichelli, Bologna).

** *Elementi di geometria ad uso delle scuole complementari e di*

avviamento al lavoro (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

Il determinismo e la fisica quantistica nel Congresso fiorentino della Mathesis, Period. Mat. (4) 10.

La filosofia d'Elea e la posizione del problema della meccanica, a cura di U. Cassina, R. C. Semin. mat. fis. Milano, 4.

Philosophia de Elea et positione de problema de Mechanica, Schola et Vita 5.

Assioma - Assiomatica, « Enciclopedia italiana », vol. 5.

Assoluto: l'assoluto nella matematica e nella fisica, *ibid.*, vol. 5.

Assurdo, *ibid.*, vol. 5.

Astrazione: definizione per astrazione, *ibid.*, vol. 5.

Bertini Eugenio, *ibid.*, vol. 6.

Betti Enrico, *ibid.*, vol. 6.

Briançon Ch. J., *ibid.*, vol. 7.

I motivi della filosofia di Eugenio Rignano, Scientia 47.

Il principio di ragion sufficiente nel pensiero greco, *ibid.* 48.

Castelnuovo Guido, « Enciclopedia italiana », vol. 9.

Continuità (in collab. con O. CHISINI), *ibid.*, vol. 11.

Corrispondenza *ibid.*, vol. 11.

Curve, *ibid.*, vol. 12.

Definizione, *ibid.*, vol. 12.

Dimensioni, *ibid.*, vol. 12.

Dimostrazione, *ibid.*, vol. 12.

Programma del corso sulla teoria delle superficie algebriche, R. C. Semin. mat. Univ. Roma (2) 7.

Recensione a G. LORIA, *Il passato e il presente delle principali teorie geometriche*; Period. Mat. (4) 11.

Recensione a E. CIANI, *Introduzione alla geometria algebrica*; *ibid.*

Recensione a G. HESSENBERG, *Grundlagen der Geometrie*; Scientia 50.

** *Algebra elementare* (in collab. con U. AMALDI), vol. 1: Ad uso dei Ginnasi superiori e del corso inferiore degli Istituti tecnici (Zanichelli, Bologna).

** *Nozioni di geometria ad uso delle scuole di avviamento al lavoro* (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

** *Nozioni intuitive di geometria ad uso degli Istituti magistrali inferiori* (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

Recensione a " *Histoire des sciences en France* ", voll. 14 e 15 della « Grande histoire de la nation française »; *Scientia* 49.

Recensione a P. TANNERY, *Pour l'histoire de la science hellène*; *ibid.* 49.

Recensione a B. GINZBURG, *The Adventure of Science*; *ibid.* 50.

1932

Intorno ad alcune serie invarianti di gruppi di punti sopra una superficie algebrica, R. C. Accad. Lincei (6) 16, 2° sem.

Sulle irrazionalità aritmetiche che occorrono per la rappresentazione piana delle superficie razionali a sezioni ellittiche dell'ottavo ordine, *ibid.*

Geometria, §§ 1-11, « *Enciclopedia italiana* », vol. 16.

Recensione a « *Enciclopedia delle matematiche elementari* », vol. 1, pt. 2; *Period. Mat.* (4) 12.

Recensione a O. CHISINI, *Lezioni di geometria analitica e proiettiva*; *ibid.*

* *Lezioni sulla teoria delle superficie algebriche* (in collab. con L. CAMPEDELLI), pt. 1 (CEDAM, Padova).

* *Gli elementi d'Euclide e la critica antica e moderna*, editi da F. E. col concorso di diversi collaboratori, libro x (Zanichelli, Bologna).

** *Algebra elementare* (in collab. con U. AMALDI), vol. 2: Ad uso dei Licei classici e del corso superiore degli Istituti tecnici (Zanichelli, Bologna).

Platone e la teoria della scienza (in collab. con G. DE SANTILLANA), *Scientia* 51.

Recensione a L. BRUNSCHVIGG, *De la connaissance de soi*; *ibid.* 51.

Recensione a H. DINGLER, *Philosophie der Logik und Aritmetik*; *ibid.* 51.

Recensione a E. MEYERSON, *Du cheminement de la pensée*; *ibid.* 51.

Recensione a P. D'AILLY, *Imago mundi*; *ibid.* 52.

Recensione a F. D'AMATO, *Studi di storia della filosofia*; *ibid.* 52.

* *Storia del pensiero scientifico* (in collab. con G. DE SANTILLANA), vol. 1: *L'antichità* (Zanichelli, Bologna).

1933

Intorno alle serie continue composte di involuzioni razionali di gruppi di punti sopra una superficie algebrica, R. C. Accad. Lincei (6) 17.

Grandezza, « *Enciclopedia italiana* » vol. 17.

Incommensurabile, *ibid.*, vol. 18.

Inerzia, *ibid.*, vol. 19.

Infinito, *l'infinito nella storia della fisica e della matematica*, *ibid.*, vol. 19.

Irrazionale: *matematica*, *ibid.*, vol. 19.

** *Algebra elementare* (in collab. con U. AMALDI), vol. 2: Ad uso del primo biennio dei Licei scientifici (Zanichelli, Bologna).

** *Complementi di algebra ad uso del secondo biennio dei Licei scientifici* (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

Sull'insegnamento dell'aritmetica, Scuola e Cultura 9.

L'infinito nella storia del pensiero, *Scientia* 54.

1934

Sulle superficie ellittiche di genere zero, R. C. Accad. Lincei (6) 19.

Sulla classificazione delle superficie algebriche particolarmente di genere zero (in collab. con L. CAMPEDELLI). R. C. Semin. mat. Univ. Roma (3) 1, pt. 2.

Matematica, « *Enciclopedia italiana* », vol. 22.

Questione proposta N. 274, *Period. Mat.* (4) 14.

Recensione a F. SEVERI, *Lezioni di analisi*; *ibid.*

* *Lezioni sulla teoria geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche* (in collab. con O. CHISINI), vol. 4: *Funzioni ellittiche e abeliane* (Zanichelli, Bologna).

** *Nozioni di geometria ad uso delle scuole di avviamento professionale* (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

** *Algebra elementare* (in collab. con U. AMALDI), vol. 2: Ad uso dei Licei classici (Zanichelli, Bologna).

** *Algebra elementare* (in collab. con U. AMALDI), vol. 2: Ad uso degli istituti tecnici (Zanichelli, Bologna).

Meccanicismo, « *Enciclopedia italiana* », vol. 22.

Moto, *ibid.*, vol. 23.

Naturali, scienze, *ibid.*, vol. 24.

Recensione a G. RENSI, *Le ragioni dell'irrazionalismo*; *Scientia* 56.

Recensione a G. DELLA VOLPE, *La filosofia dell'esperienza di David Hume*, vol. 1; *ibid.*

Recensione a A. DEL VECCHIO-VENEZIANI, *Gaetano Negri*; *ibid.*

Recensione a E. WIND, *Das Experiment und die Methaphysik*; *ibid.*

* *Signification de l'histoire de la pensée scientifique* (Hermann, Parigi).

1935

Unicuique suum, *Period. Mat.* (4) 15.

Sul principio di Plücker-Clebsch, *ibid.*

Numero, « *Enciclopedia italiana* », vol. 25.

Parmenide: Parmenide e la geometria, *ibid.*, vol. 26.

Postulato, *ibid.*, vol. 28.

Problema, *ibid.*, vol. 28.

Punto, *ibid.*, vol. 28.

* *Gli elementi d'Euclide e la critica antica e moderna*, editi da F. E. col concorso di diversi collaboratori, libri XI-XIII (Zanichelli, Bologna).

Philosophie scientifique, *Actes Congr. int. Phil. Sci.*, Paris 1935 (Hermann, Parigi).

L'infini dans la pensée des Grecs (Nota critica), *Scientia* 57.

Recensione a R. CARNAP, *L'ancienne et la nouvelle logique*; *ibid.* 57.

Recensione a M. CAULLERY, *La science française depuis le XVII^e siècle*; *ibid.* 57.

Recensione a J. NORDSTROM, *Moyen âge et Renaissance - Essai historique*; *ibid.* 57.

Recensione a PH. FRANK, *Théorie de la connaissance et physique moderne*; *ibid.* 57.

Recensione a H. LEENHANDT, *La nature de la connaissance et l'erreur initiale des théories*; *ibid.* 57.

Recensione a *Collected Papers of Charles Peirce*, vol. 5: "Pragmatism and Pragmaticism"; *ibid.* 57.

Recensione a L. STEFANINI, *Platone*, vol. 1; *ibid.* 57.

Recensione a A. METZ, *Meyerson, une nouvelle philosophie de la connaissance*; *ibid.* 57.

Recensione a COPERNIC, *Des révolutions des orbés célestes*; *ibid.* 57.

Recensione a CAURNOT, *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*; *ibid.* 58.

Recensione a H. METZGER, *La philosophie de la matière chez Lavoisier*; *ibid.* 58.

Recensione a H. JAFFE, *Natural Law as Controlled but not Determined by Experiment*; *ibid.* 58.

Recensione a HEIDEL, *The Heroic Age of Science - The Conceptions, Ideals and Methods of Sciences among the Ancient Greeks*; *ibid.* 58.

Recensione a J. C. GREGORY, *Combustion from Heracleitos to Lavoisier*; *ibid.* 58.

Recensione a A. JANEK, *Die Realität vom Standpunkte des Efallismus*; *ibid.* 58.

Recensione a G. SARTON, *Introduction to the History of Sciences*, *Period. Mat.* 15.

1936

La proprietà caratteristica delle superficie algebriche irregolari e le curve infinitamente vicine, *R. C. Accad. Lincei* (6) 23.

Curve infinitamente vicine sopra una superficie algebrica, *R. C. Semin. mat. Univ. Roma* (4) 1.

Sulle singolarità che nascono per proiezione di una superficie o varietà algebrica, in « *Scritti matematici offerti a L. Berzolari* ».

Spazio, « Enciclopedia italiana », vol. 32.

Recensione a G. FANO, *Geometria non-euclidea*; *Scientia* 59.

Recensione a A. REY, *Les mathématiques en Grèce au milieu du V^e siècle*; *ibid.* 59.

Recensione a M. LECAT, *Erreurs de mathématiciens, des origines à nos jours*; *ibid.* 59.

Recensione a C. J. KEYSER, *Mathematics and the Question of Cosmic with other Essays*; *ibid.* 60.

Recensione a D. E. SMITH, *The Poetry of Mathematics and other Essays*; *ibid.* 60.

Pluralità e moto nella polemica eleatica e in particolare negli argomenti di Zenone, *Riv. Fil.* 27.

Philosophie scientifique, Actes Congr. int. sci. Sorbonne (Hermann, Parigi).

La teoria della conoscenza scientifica nei suoi sviluppi da Kant ad oggi, *Atti Soc. ital. Progr. Sci.*, riun. xxiv, Palermo, ott. 1935, vol. 5.

La philosophie de la nature (Nota critica), trad. H. Buriot-Darriles, *Scientia* 59.

Recensione a G. DELLA VOLPE, *La filosofia dell'esperienza di David Hume*, vol. 2; *ibid.* 59.

Recensione a P. BRUNET e A. MIELI, *Histoires des sciences - Antiquité*; *ibid.* 59.

Recensione a A. LIEBERT, *Philosophie des Unterrichts*; *ibid.* 60.

Recensione a A. WOLF, *A History of Science, Technology and Philosophy in the 16th and 17th Centuries*; *ibid.* 60.

Recensione a G. GALILEI, *Opere*, voll. 1-5; *ibid.* 60.

Recensione a H. HAHN, *Logique, mathématiques et connaissance de la réalité*; *ibid.* 60.

Recensione a R. CARNAP, *La science et la métaphysique devant l'analyse logique du langage*; *ibid.* 60.

Recensione a P. SERVIEN, *Principes d'esthétique - Problèmes d'art et langage des sciences*; *ibid.* 60.

Recensione a J. G. CROWTHER, *British Scientists of the Nineteenth Century*; *ibid.* 60.

Recensione a *Gli atomisti*, Frammenti e testimonianze; *ibid.* 60.



Recensione a *I frammenti degli stoici antichi*, voll. 1 e 2; *ibid.* 60.

Recensione a L. STEFANINI, *Platone*, vol. 2; *ibid.* 60.

* *Il significato della storia del pensiero scientifico* (Zanichelli, Bologna):

1937

Curve infinitamente vicine sopra una superficie algebrica, R. C. Accad. Lincei (6) 26.

Addizione alla memoria "Curve infinitamente vicine sopra una superficie algebrica", R. C. Semin. mat. Univ. Roma (4) 1.

Superficie algebriche (§ 4 della voce "Superficie"), « *Enciclopedia italiana* », vol. 33.

Uguaglianza, *ibid.*, vol. 34.

Recensione a « *Enciclopedia delle matematiche elementari* » vol. 2, pt. 1; *Period. Mat.* (4) 17.

Recensione a G. LORIA, *Scritti, conferenze, discorsi sulla storia della matematica*; *ibid.*

Descartes et Galilée, *Rev. Métaphys.* 44.

Le problème de la raison, *Trav. ix^e Congr. int. Phil.* (Congrès Descartes) (Hermann, Parigi).

Recensione a A. ALIOTTA, *L'esperienza nella scienza, nella religione e nella morale*; *Scientia* 61.

Recensione a R. BLANCHE, *Le rationalisme de Whewell*; *Scientia* 61.

Recensione a G. DE WAARD, *L'expérience barométrique, ses antécédents et ses explications*, *ibid.* 61.

Recensione a C. CARBONARA, *Scienza e filosofia ai principi dell'età moderna*; *ibid.* 62.

* *Compendio di storia del pensiero scientifico dall'antichità fino ai tempi moderni* (in collab. con G. DE SANTILLANA) (Zanichelli, Bologna).

Les Ioniens et la nature des choses (in collab. con G. DE SANTILLANA) (Hermann, Parigi).

* *Le problème de la matière - Pythagoriciens et Eléates* (in collab. con G. DE SANTILLANA) (Hermann, Parigi).

* *Les derniers "physiologues" de la Grèce* (in collab. con G. DE SANTILLANA) (Hermann, Parigi).

* *Le problème de la connaissance - Empirisme et rationalisme grecs* (in collab. con G. DE SANTILLANA) (Hermann, Parigi).

1938

Sulla proprietà caratteristica delle superficie algebriche irregolari, R. C. Accad. Lincei (6) 27, 1° sem.

Recensione a F. TRICOMI, *Funzioni ellittiche*; Period. Mat. (4) 18.

Recensione a R. C. ARCHIBALD, *Outline of the History of Mathematics*; Scientia 63.

* *Le matematiche nella storia e nella cultura*, a cura di A. Frajese (Zanichelli, Bologna).

Importanza della storia del pensiero scientifico nella cultura nazionale, Scientia 63.

Recensione a *Correspondance du P. Marin Mersenne*; ibid.

Recensione a A. NESS, *Erkenntnis und wissenschaftliches Verhalten*; ibid.

Recensione a E. BIGNONE, *L'Aristotele perduto e la formazione filosofica di Epicuro*; ibid.

* *Platon et Aristote* (in collab. con G. DE SANTILLANA) (Hermann, Parigi).

* *La théorie de la connaissance scientifique de Kant à nos jours* (Hermann, Parigi).

1939

Sur la propriété caractéristique des surfaces algébriques irrégulières, C. R. Acad. Sci., Paris, 208.

Des courbes paraconiques appartenant à une surface algébrique irrégulière, Bull. Soc. Sci. Liège 8.

* *Le superficie razionali* (in collab. con F. CONFORTO) (Zanichelli, Bologna).

Piccole note su James Gregory e il suo soggiorno in Italia, Proc. roy. Soc. Edinb.

1940

Sopra le involuzioni irregolari appartenenti ad una superficie algebrica, Rev. Univ. Tucumán 1.

Sur l'extension du théorème de Riemann-Roch aux systèmes linéaires de courbes appartenant à une surface algébrique, Bull. Sci. math. (2) 64.

1941

* *Causalité et déterminisme dans la philosophie et l'histoire des sciences* (Hermann, Parigi).

1942

Sur le théorème de Riemann-Roch concernant les surfaces algébriques et sur les systèmes de courbes canoniques et pluricanoniques, Acad. Sci. Madrid.

L'errore nelle matematiche (con lo pseudonimo Adriano Giovannini), Period. Mat. (4) 22.

Il pensiero di Galileo Galilei (con lo pseudonimo Adriano Giovannini), Arch. Cultura ital. 4.

1943

Sui sistemi continui di curve appartenenti ad una superficie algebrica, Comment. math. helv. 15.

1945

* *Causalità e determinismo nella filosofia e nella storia della scienza* (Atlantica, Roma).

1946

** *Nozioni di geometria ad uso della scuola media* (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

** *Elementi di geometria ad uso delle scuole medie superiori* (in collab. con U. AMALDI) (Zanichelli, Bologna).

Recensione a F. ENRIQUES, *Causalità e determinismo nella filosofia e nella storia della scienza*; *Scientia* 79.

Motivi scientifici e artistici nella preparazione matematica dei maestri, *Tecnica dell'insegnare* 1.

1948 (post.)

Le dottrine di Democrito d'Abdera, a cura di Manlio Mazziotti.

Stampato in Italia
per conto
dell'Editore Boringhieri S.p.A.
dalla stamperia
Fratelli Parenti di G.
di Firenze
Aprile 1958

Volumi pubblicati nella
Biblioteca di cultura scientifica

- 1 L. de Broglie, *I quanti e la fisica moderna* (1938|1941|1942|1945)
- 2 T. H. Morgan, *Embriologia e genetica* (1938|1941|1950|1958)
- 3 F. Waismann, *Introduzione al pensiero matematico* (1939|1941|1942|1944)
- 4 P. Lecomte du Noüy, *Il tempo e la vita* (1939)
- 5 I. P. Pavlov, *I riflessi condizionati* (1940|1943|1950|1957)
- 6 R. A. Millikan, *I raggi cosmici* (1941|1943)
- 7 V. P. Maleev, *L'acclimatazione delle piante* (1941)
- 8 M. Planck, *La conoscenza del mondo fisico* (1942|1943|1943|1949|1954)
- 9 A. Kühn, *La teoria dell'ereditarietà* (1942|1945)
- 10 A. Wegener, *La formazione dei continenti e degli oceani* (1942|1943)
- 11 U. D'Ancona, *La lotta per l'esistenza* (1942)
- 12 G. Abetti, *Le stelle e i pianeti* (1945|1956)
- 13 H. von Euler e B. Skarzynski, *La biochimica dei tumori* (1945)
- 14 J. Needham, *Ordine e vita* (1946)
- 15 A. Einstein e L. Infeld, *L'evoluzione della fisica* (1948|1948|1950|1953|1955)
- 16 E. Pàdoa, *Storia naturale del sesso* (1948)
- 17 W. Heisenberg, *I principi fisici della teoria dei quanti* (1948|1953)
- 18 G. Frege, *Aritmetica e logica* (1948)
- 19 D. Katz, *La psicologia della forma* (1950)
- 20 M. Florkin, *L'evoluzione biochimica* (1950)
- 21 S. Tolansky, *Introduzione alla fisica atomica* (1950)
- 22 A. Einstein, *Il significato della relatività* (1950|1953|1955)
- 23 M. J. D. White, *I cromosomi* (1950)
- 24 L. de Broglie, *Fisica e microfisica* (1950)
- 25 R. Courant e H. Robbins, *Che cos'è la matematica?* (1950)
- 26 G. W. Corner, *Gli ormoni nella riproduzione umana* (1950)
- 27 S. Freud, *Inibizione, sintomo e angoscia* (1951|1954)
- 28 J. F. Danielli, *Farmacologia e fisiologia cellulare* (1951)