

Renato Sigismondi

La teoria della conoscenza di Ernst Mach

Finito di stampare nel mese di Ottobre 2002

Casa editrice Tabula fati
66100 CHIETI - C.P. 34

Tabula fati

[ISBN-88-7475-017-X]

Copyright © 2002, Tabula fati
66100 Chieti - C. P. 34
Tel. 0871 63210 - Fax 0871 404798
Internet: <http://www.tabulafati.it>
E-mail: tabulafati@yahoo.it

INTRODUZIONE

Nel vasto e complesso panorama culturale e scientifico della seconda metà dell'Ottocento il pensiero di Ernst Mach ha rappresentato un momento fondamentale di passaggio da una concezione assoluta ed onnicomprensiva del mondo ad una concezione che, riconoscendo il carattere storico, bio-psicologicamente e socialmente determinato del sapere, è stata in grado di assumere un atteggiamento di pensiero libero e criticamente distaccato dai dogmi della propria epoca.

L'enorme importanza che questo fisico ha avuto per il rinnovamento delle scienze naturali è un dato di fatto dal quale è difficile se non impossibile astrarre. Sebbene fosse uno scienziato specializzato, egli affrontò con una notevole professionalità e consapevolezza critica studi e ricerche lontani dalla sua professione, ricerche vertenti sulle modalità psicofisiche di acquisizione dei dati sensoriali, utilizzando questi studi per formulare una epistemologia scientificamente fondata.

Voler tentare una definizione delle concezioni gnoseologiche del nostro, isolandole dai risultati delle ricerche empiriche sulle quali si fondano, è quindi un modo per falsificarne il pensiero.

È nell'errore di illustri interpreti del suo pensiero i quali, attraverso un'analisi speculativa, non hanno riconosciuto alcuna originalità al suo pensiero, ritenendolo un seguace con ben poca originalità di Berkeley e Hume (1).

1) È interessante notare che pensatori di diversa estrazione cultura-

INDICE

L'errore di questi interpreti, consistente nel non andare al di là delle parole, cercando una interpretazione connessa al complesso del pensiero di questo autore, è stato determinante nella falsificazione delle concezioni di Mach.

L'equivoco è stato in parte determinato dall'uso continuo del termine "sensazione" utilizzato non solo come fonte, origine di ogni conoscenza, ma anche come condizione entro la quale è possibile parlare della conoscenza scientifica. Al massimo si può dire che Mach è empirista, in quanto ritiene che la conoscenza derivi ed abbia come unico contenuto l'esperienza sensibile.

Il significato non derivato ma diretto, concreto, immediato, dato a questo termine designa il carattere specifico dell'empirismo machiano. La connotazione però data al termine in questione è diversa dal significato che esso assume all'interno dei contesti filosofici a lui precedenti.

Mach è stato uno scienziato abile particolarmente nelle ricerche di laboratorio: in grado quindi di essere cosciente dell'effettivo ruolo giocato dalle sensazioni all'interno della scienza. Egli ha recepito l'insegnamento kantiano riguardo il diverso status logico ed epistemologico della legge scientifica e

le e portatori di diverse e, a volte, opposte interpretazioni epistemologiche che abbiamo trovato un comune terreno di intesa nel considerare Mach ed il suo pensiero come una ripetizione pedissequa delle concezioni empiriste di Berkeley. Lenin nel suo fondamentale studio, motivato però da interessi politici contingenti (*Materialismo ed Empirio-criticismo*, trad. it. a cura di F. Platone, Roma, Ed. Riuniti, 1978, pp. 372), affermava: «Nessun sotterfugio, nessun sofisma può eliminare il fatto chiaro e indiscutibile che la dottrina delle cose considerate come complessi di sensazioni, la dottrina di Ernst Mach, è idealismo soggettivo, è una semplice caricatura della dottrina di Berkeley.» (pag. 39)

Popper, le cui idee sono nettamente in contrasto con il materialismo dialettico professato da Lenin, è su questo punto d'accordo con lui. Premesso che ci occuperemo lungamente delle posizioni critiche di Popper, ci preme qui citarlo per la sua adesione alle tesi su espresse.

<i>Introduzione</i>	3
Ernst Mach: Una biografia	9
Mach e il darwinismo	17
Il problema della scienza	29
<i>Conclusione</i>	51

del contenuto esperienziale che, nella sua concretezza, è contingente, puramente possibile e probabile.

La riflessione critica sulle modalità d'essere della scienza in Mach trova le proprie radici nell'idealismo kantiano: «Il riferimento a Kant mi va proprio a puntino. Il suo idealismo critico, fu come riconosco con la massima gratitudine, il punto di partenza di tutto il mio pensiero critico.» (2)

Per la filosofia idealistica però le condizioni di possibilità di ogni esperienza sono date dalla struttura logico-trascendentale, riferentisi all'IO PENSO, delle forme a priori della intuizione e della necessarietà apodittica delle categorie.

Questa struttura, separata dalla storia e dalla psicologia empirica, è considerata immutabile, permanente e vera, così come sono immutabili, permanenti e veri gli assiomi della geometria euclidea ed i principi della dinamica newtoniana. Essendo questi giustificati, in una sorta di tautologia, a loro volta dalla apriorità delle forme organizzative della esperienza.

È solo la certezza della scienza e dei suoi schemi logici ed esplicativi a garantire l'analoga certezza della esperienza organizzata categorialmente. Il pensiero di Mach ha rappresentato, pur nei limiti derivanti dai condizionamenti propri alla sua epoca, la critica radicale di questa impostazione trascendentale del pensiero ottocentesco che vedeva la scienza già dotata di una indubitabile e permanente struttura logica, concettuale ed empirica.

L'associazionismo di Hume e l'atomismo psicologico, secondo cui i processi intellettivi sono somma lineare di stati elementari identici a se stessi indipendentemente dai contesti nei quali essi compaiono, costituiscono, nella loro opposizione

2) MACH ERNST, *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Verlag von Gustav Fischer, Jena 1896, 1920 (trad. it. di Libero Sosio, *L'analisi delle sensazioni e il rapporto tra fisico e psichico*, Milano, Feltrinelli, 1975), pag. 311.

al soggettivismo trascendentale di Kant, solo l'altro aspetto, in questo senso complementare, di una medesima concezione.

Esiste una scienza e questa è certa nei suoi principi costitutivi. La stessa "abitudine" di Hume che ne fonda lo scetticismo, non intacca minimamente questa certezza veritativa, avendola semplicemente trasferita dalla sfera oggettiva alla sfera istintiva biologica, riguardante la certezza del sapere.

Il fallimento del meccanicismo, che aveva tentato di formulare un sapere totale del mondo sulle basi della fisica del moto fondandosi proprio sulla certezza degli schemi concettuali di interpretazione del reale, costituisce l'origine problematica della gnoseologia machiana. La scienza per il nostro non presenta quel grado di certezza assoluta in nessun punto o aspetto della sua struttura organizzativa.

Ogni principio, ogni assioma, sono solo gli strumenti che organizzano l'insieme delle esperienze empiriche. Il giudizio su quelli deve essere basato non su criteri di "verità" o "falsità" bensì sulla utilità, o meno dello strumento.

In ogni caso queste valutazioni sono sempre rivedibili nel corso dello sviluppo storico entro il quale possono risultare utili diversi schemi organizzativi della esperienza. La storicizzazione del sapere ne implica inevitabilmente la relativizzazione che non significa in alcun modo ridurre la scienza a un gioco arbitrario di soggetti conoscenti più o meno geniali.

Arbitraria è solo la scelta delle categorie funzionali alla organizzazione del materiale empirico, divenendo invece logicamente e razionalmente fondato solo il materiale empirico. A questo punto entra in gioco il discorso di Mach sulle sensazioni.

La cosiddetta "teoria degli elementi" costituisce la parte più viva e a nostro avviso deviante del pensiero di Mach. Le distorsioni del pensiero del nostro derivano proprio dalla incomprendimento di ciò che egli ha chiamato "sensazione" o "elemento".

problematica e non dogmatica di fronte a quelle concezioni che scambiano il linguaggio con la realtà e quest'ultima con concetti e categorie prive di relazione con i contenuti della esperienza. Dove quest'ultimo termine designa sempre relazioni astratte prodotte dai processi adattivi dell'individuo all'ambiente circostante. Nella vita quotidiana è difficile tenere costantemente presenti i limiti e la relatività dei costrutti mentali ai quali l'individuo si affida per esprimere comunicare e comprendere le proprie e le altrui esperienze. Il soggetto di una proposizione e l'oggetto sono sempre relativi a costruzioni mentali ai quali ci si affida acriticamente ritenendoli reali. Le abitudini e le consuetudini di pensiero e di comportamento non fanno altro che assolutizzare ancora di più questi schemi astratti. Nella vita di tutti i giorni generalmente ciò non rappresenta un pericolo, anche se bisogna tener presente che la plasticità mentale e la fluidità e flessibilità funzionali sono fattori fondamentali di comportamenti adattivi.

La scienza invece corre seri pericoli da tutto questo. Ancora oggi l'idea di abbandonare concetti come "onda" o "corpo", impedisce di comprendere come alcune esperienze possano richiedere la complementarietà tra queste nozioni. Esistono infatti esperienze rispetto alle quali utilizzare questi concetti in senso di esclusività e di non complementarietà creano incomprensioni e difficoltà di studio. Aver compreso questo è merito ad esempio della fisica quantistica che rappresenta a nostro parere la più compiuta realizzazione degli intenti critici di Mach.

Lo sviluppo della psicologia cognitivista e della cibernetica è connesso a queste considerazioni. Lo scienziato consapevole dovrebbe occuparsi del pensiero del nostro, mentre il filosofo che abbia desiderio di uscire dalle strettoie delle ambiguità linguistiche e dai truismi metafisici dovrebbe recuperare quella consapevolezza critica che gli permetta di riconoscere il carattere aperto della conoscenza: compito questo che Mach si pro-

L'analisi logica del pensiero di Mach, per i motivi su esposti, costituisce il nucleo del nostro scritto. Questa analisi intende dimostrare che solo i problemi di psicologia della sensazione, analizzati e risolti da Mach, consentono di riconoscere la sensazione come una risposta organica, olistica e gestaltica (quindi non atomistica e puramente associativa) dell'individuo all'ambiente naturale.

Ciò consente di evitare una attribuzione di significati speculari ad un termine che designa solo una proprietà base, complessa, globale, derivante dallo sforzo adattivo dell'uomo. Visto che la scienza è la massima espressione di questo adattamento, essa si costituisce come descrizione di connessioni tra complessi articolati di sensazioni.

La critica del meccanicismo nasce proprio dal rifiuto implicito in esso di considerare ogni sapere come il prodotto determinato storicamente di un processo adattivo ed integrativo di ampi quadri di sensazioni. Mach analizza l'errore riduzionista dei meccanicisti che hanno preteso di spiegare tutti i processi naturali, riducendoli a proprietà dinamiche di particelle elementari.

L'errore della meccanica consiste secondo Mach nell'aver dimenticato il carattere strumentale delle rappresentazioni mentali. Quando i concetti si fossilizzano e divengono più reali della esperienza da cui derivano, si corre il rischio di arrestare il processo conoscitivo, impantanando le migliori energie intellettuali nel tentativo di trovare le soluzioni a questioni che, utilizzando termini privi di referente sperimentabile, divengono solo pseudoproblemi irrisolvibili perché privi di senso.

5. Il pensiero di Mach si costituisce quindi come una analisi del discorso scientifico e come una critica coerente e sistematica di tutte quelle ontologizzazioni realistiche e idealistiche che confondono un prodotto derivato e mediato con una realtà che in sé è solo un flusso di interazioni più o meno stabili tra aspetti fenomenici che solo un'attività astrattiva può isolare. I prodotti di questo processo cioè "sensazioni", "elementi", dipendenze funzionali, costituiscono i referenti, mediati o immediati, dei concetti e delle rappresentazioni mentali.

Tale analisi non può a nostro parere essere confusa con il nominalismo empirista di Berkeley perché il concetto è una organizzazione di dati empirici e come tale non è un semplice nome che sostituisce le esperienze ma definisce sempre modalità operative di selezione e di previsione relativi a contesti storici, biologici, psicologici e sociali dai quali derivano.

L'idealismo non riesce ad andare oltre le categorie astratte come quelle di *soggetto*, *spirito*, *Io*, *ecc.* Sul versante opposto ma complementare il realismo, pur nella varietà di concezioni che sono dietro tale termine, dimentica che ciò che chiama realtà (*materia*, *fisicità*, *noumeno*, *ecc.*) è solo un concetto che descrive parzialmente reti interconnesse di stabilità di relazioni tra aspetti della realtà fenomenica. Ambedue d'altronde si richiamano al principio di causalità ritenuto da Mach un equivoco terminologico.

La causa e l'effetto sono solo categorie derivate anch'esse dai processi astrattivi e selettivi e rappresentano solo interdipendenze funzionali di esperienze. La teoria dei sistemi costituisce il risultato più moderno di questa analisi del concetto di causalità e del conseguente rigetto su basi logiche di quello. Questa teoria si fonda sul rifiuto di ogni atomismo e di ogni causalismo lineare e unidirezionale.

6. Concludendo è possibile riaffermare la validità di un pensiero analitico e critico capace di porsi in maniera

formulare un linguaggio fenomenista in grado di unificare a livello metodologico e metalinguistica i vari settori della scienza, eludendo i falsi problemi che il meccanicismo ottocentesco comportava. Ogni concetto è utilizzabile solo in rapporto a contenuti empirici ben precisi e storicamente determinati. Tentare di utilizzarli in ambiti impropri li priva di ogni valore. L'unità della scienza non si fonda sul riduzionismo ma sulle caratteristiche del linguaggio fenomenologico. Le relazioni tra sensazioni e elementi vanno tradotte nel linguaggio funzionale della matematica che significa solo una connessione funzionale tra grandezze tale che al variare dell'una varia anche l'altra. La soggettività della sensazione è tradotta così nella intersoggettività della relazione matematica. Se la psicologia vuole parlare lo stesso linguaggio della fisica, la possibilità dipende dalla unità linguistica e metodologica: ambedue si fondano sulla descrizione di connessioni stabili tra sensazioni: soggetto e oggetto, pensiero e materia, cosa in sé e cosa per l'altro, realtà e apparenza, causa e effetto, ecc., sono solo astrazioni economiche la cui funzione è di permettere una descrizione utile di connessioni stabili tra elementi. Le relazioni tra questi concetti sono utili in quanto espressione descrittiva di dipendenze funzionali a loro volta semplici espedienti per "economizzare" l'esperienza. Domande del tipo "Qual è il rapporto tra soggetto e oggetto?", "o affermazioni come "L'universo è spirituale (o materiale)"; "La realtà (o non) esiste indipendentemente dalla percezione", sono prive di senso perché sono il frutto di una ipostatizzazione dei risultati di processi astrattivi e adattivi dell'uomo. Tale critica ha il suo effetto più originale nella critica alla meccanica dell'800 e alle sue categorie e concetti. Questi risultano inutili e ridondanti perché privi di semplicità descrittiva e di referenzialità osservativa. L'analisi critica dei concetti di forza, massa, spazio, tempo assolti apre la strada al rivolgimento della fisica del '900.

Ernst Mach nasce a Turas (Moravia) nel 1838. Figlio di un precettore di una grande famiglia di Vienna che si era ritirato in un villaggio a trenta chilometri dalla capitale per dedicarsi ai suoi studi di agraria Ernst trascorre la sua infanzia in un clima di libertà intellettuale ben lontano dal dogmatismo autoritario dei ginnasi statali.

Il suo ingegno è abbastanza precoce se sono vere le notizie da lui stesso riportate riguardo al proprio sviluppo culturale ed intellettuale. Come risulta da una nota dell'importante opera *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältniss der Physisohen zum Psychischen* (Analisi delle sensazioni e il rapporto psichico fisico), egli legge a quindici anni i *Prolegomeni a ogni metafisica futura di Kant*, comprendendo la portata filosofica dell'opera: «Ho sempre considerato una grande fortuna il fatto che assai presto (a quindici anni circa) mi siano capitati tra le mani nella biblioteca di mio padre i *Prolegomeni a ogni metafisica futura di Kant*. Questo scritto mi fece allora un'impressione grandissima, inestinguibile, quale non mi capito più di provare in letture filosofiche successive...» (1)

Anche ammettendo che lo scienziato abbia ricostruito il proprio passato in funzione delle sue esigenze presenti, è difficile negare che un ragazzo di quindici anni, in grado di comprendere le complesse argomentazioni kantiane, sia dotato di una intelligenza straordinaria non repressa dall'ambiente sociale circostante.

1) MACH ERNST, *Die Analyse der...*, op.cit., pag. 57.

Dopo aver completato la propria educazione sotto la guida stimolante del padre, si trasferisce a Vienna dove si laurea in fisica nel 1860 con un lavoro sulla induzione elettrica: *Ueber elektrische Entladung und Induktion* (1860). Fondamentale per le successive prese di posizione scientifiche di Mach è l'inssegnamento di Andreas Ritter von Etingshausen. Professore di fisica e poi rettore all'università di Vienna, il maestro di Mach diresse il primo Istituto di fisica creato nei paesi di lingua tedesca.

Di particolare interesse è il suo scritto *Anfangsgrunde der Physik* (4^o ed. 1860: anno della laurea di Mach).

La carriera professionale di Mach subisce una svolta quando gli viene affidato l'incarico di tenere a Vienna un corso di fisica e fisiologia generale per medici. Questa attività lo porta a compiere ricerche nel campo della fisiologia della sensazione.

Il compito, assolto con grande impegno nell'anno accademico 1861-62, gli permette di scrivere la sua prima opera di una certa importanza. Il volume che raccoglie le lezioni da lui tenute si intitola *Compendium der Physik für Mediziner* (1865).

L'opera è fondamentale per seguire l'evoluzione di pensiero dell'autore soprattutto riguardo ai problemi di interpretazione del modello meccanicista allora imperante nella scienza ufficiale. L'opera dedicata da Mach a Etingshausen è improntata ad un rigido meccanicismo.

Egli pensa che non sia più possibile trattare separatamente fenomeni come il calore e la luce in un testo di fisica. Questi fenomeni dovrebbero essere riguardati come prodotti di processi molecolari. La differenza di caratteristiche deriverebbe non da una differenza fisica ma da sensazioni fisiologiche che i suddetti determinano: «Indeed, the customary division is not physical but rather physiological.» (2)

2) MACH ERNST, *Compendium der Physik für Mediziner*, Wien 1863,

compiti specifici della ricerca scientifica delineando una metodologia intesa a liberare la scienza da tutte quelle concettualizzazioni che, non riferendosi a dati empirici, creano solo pseudoproblemi che intralciano lo sviluppo della scienza. Una volta riconosciuta la natura olistica, complessa e gestaltica di ogni sensazione, Mach ha attribuito alla scienza il compito di descrivere, nel modo più semplice e completo, le modalità di relazione e di interconnessione delle sensazioni stesse. *Sono queste relazioni più o meno stabili, queste dipendenze e interdipendenze a costituirsi come oggetto proprio della ricerca scientifica.* Il dato empirico è solo il prodotto di un processo astrattivo inteso a selezionare e ad isolare dalla totalità multiforme, varia, disordinata delle sensazioni che nascono, si trasformano, decadono e scompaiono quelle relazioni importanti ai fini adattivi umani.

3. L'economia della scienza significa sostanzialmente che sono gli interessi materiali, i bisogni naturali e, successivamente nella evoluzione storica, civile e culturale, i problemi intellettuali, a definire la direzione lungo la quale questi processi astrattivi, selettivi e isolanti devono essere guidati. La possibilità di sbagliare, implicita nei processi selettivi, è sempre presente nella ricerca scientifica definendone il carattere approssimativo, aperto alle variazioni e mai concluso. La difficoltà degli interessi è sufficiente a rigettare precedenti analisi e ad indirizzare la ricerca verso diverse, a volte opposte, direzioni.

La sorprendente vicinanza di queste considerazioni alle tesi della epistemologia storica di Kuhn che vede il sorgere delle rivoluzioni scientifiche nel prevalere di concezioni nuove che si affermano nella comunità scientifica, rivela la modernità e la fecondità della epistemologia di Mach.

4. La teoria degli elementi di Mach gli ha consentito di

prietà dei corpi come “azioni” definite sensazioni. Quest’ultima viene così ipostatizzata e ritenuta reale come accade, secondo il nostro, a Berkeley. Per il filosofo della scienza invece ciò che contano sono solo quei complessi connessi di sensazioni che, studiati dalla scienza fisica si chiamano corpi, mentre se studiati dalla fisiologia si chiamano sensazioni. È la stabilità di queste relazioni a determinare la possibilità di formulare leggi e quindi a usare proposizioni linguistiche vertenti sulla realtà.

Non troviamo — afferma — alcun abisso fra corpi e sensazioni, fra esterno e interno, fra mondo materiale e mondo spirituale. Tutti gli elementi A, B, C... (mondo esterno) K, L, M... (corpo) costituiscono un’unica massa compatta la quale, afferrata in un solo elemento, viene messa tutta in moto.

1. Il cosiddetto fenomenismo machiano può essere compreso solo rapportandolo alle ricerche di psicofisiologia che lo condussero ad utilizzare il termine e il concetto di sensazione come integrazione complessa di stimoli locali. Al contrario degli empiristi, per i quali ogni conoscenza è il prodotto passivo di una serie di associazioni di elementi empirici che si conservano identici a sé stessi sia se partecipano ad associazioni sia se rimangono isolate, Mach riteneva logicamente e sperimentalmente impossibile affermare che le sensazioni sussistono identiche a sé stesse sia se facciano parte di complessi più ampi sia che rimangano isolate. Anzi a livello fisiologico, vedi la Gestalt, è errata anche l’asserzione riguardo una singola sensazione e questo perché essa è sempre il prodotto derivato di processi interattivi di stimolazione e di inibizione di vasti campi nervosi. Ogni sensazione si costituisce con proprietà variabili connesse allo specifico contesto percettivo che modifica le caratteristiche della risposta allo stimolo.

2. Negli intenti di Mach la teoria degli elementi definisce i

Tutta la realtà naturale è per il nostro riconducibile a pochi elementi semplici, indivisibili e dotati di proprietà dinamiche. Compito della fisica è ricondurre la varietà fenomenica alla unità esplicativa di pochi principi di ordine meccanico: «The goal of physic is to extract a small number of principles from the phenomena. Since these ultimate principles frequently have not yet been found, we must be content with a hypothesis the so called atomistic theory.» (3)

Quindi Mach accetta la teoria atomistica come un male necessario fino a quando il processo scientifico non riuscirà a offrire una migliore sistemazione unitaria dei fenomeni naturali. Da queste premesse è possibile comprendere la successiva evoluzione antimeccanicistica e antiatomistica del nostro. Infatti, l’esigenza fondamentale da lui espressa è che la scienza dia un quadro unitario dell’universo: solo in funzione di questo scopo è possibile accettare o meno un modello interpretativo quale l’atomismo meccanicista, nel momento in cui la fisica (e Mach penserà in questo senso) riesce a trovare un diverso ordinamento dei fatti più aderente ai fenomeni e meno presupponente entità nascoste ed in sé inosservabili, questa dovrà sbarazzarsi dei postulati meccanici.

A livello storico osserviamo che lo scienziato ventiquattrenne accetta all’inizio il rigido riduzionismo atomistico. Esistono d’altronde alla fine del diciannovesimo secolo diversi modelli interpretativi della misteriosa entità che come un *deus ex machina* viene utilizzata per spiegare le novità di comportamento di fenomeni elettrici e termici.

Il maestro di Mach, Etlingshausen, era favorevole al cosiddetto modello planetario-atmosferico dell’atomo. Esistono

pp. X, 274 (citato da Brush S.G., in *Symposium on E. Mach*, “Synthese”, T. 18, n. 2-3 (1968), pag. 281.

3) *Ibidem*, pag. 12.

secondo questa ipotesi due diversi tipi di particelle elementari: gli atomi della materia e gli atomi eteri.

I primi si attirano l'un l'altro secondo la legge dell'inverso del quadrato della distanza; i secondi invece si respingono; mentre gli atomi della materia attirano quelli eteri. Ciascun atomo della materia è circondato da una atmosfera di atomi eteri.

Un altro modello va generalmente sotto il nome di "dinamismo fisico". Accettato da scienziati dal calibro di Hamilton, Helmholtz, Maxwell, Lord Kelvin, Van der Waals, questa teoria ipotizzava che le proprietà della materia dovessero essere spiegate con le forze che gli atomi esercitano l'uno sull'altro.

Abbiamo infine (in realtà le sfumature tra modelli erano tali e tante da rendere estremamente artificiali le suddivisioni fatte per motivi didattici di classificazione) il cosiddetto "atomismo fisico", il vero riduzionismo meccanicista, in quanto i fautori di questa teoria intendevano applicare agli atomi i concetti meccanici che erano stati ricavati dalle esperienze sui corpi macroscopici.

Mach, nel *Compendium*, appare essere favorevole al modello atmosferico e a quello atomistico-fisico, ben conscio, però, delle difficoltà che questi modelli presentavano in sede sperimentale: «According to the atomistic theory one attributes the essential proper ties of matter to particles or atoms, separated by empty space; one assumes that they are impenetrable and inert, and moreover that they can interact with each other by means of any kind force. [...] The atomic theory agrees with physical phenomena much better than the dynamic theory, yet frequently it is subjected to critical examination.» (4)

Il termine di riferimento critico contro il quale queste teorie si battevano erano la *Naturphilosophie* romantica e le teo-

4) *Ibidem*, pag. 12-13.

Queste considerazioni ci portano direttamente ad analizzare il problema del rapporto tra il fenomenismo soggettivista di Berkeley e la teoria di Mach. Come abbiamo già visto, molti critici del suo pensiero lo considerano un pedissequo seguace dell'arcivescovo inglese.

Berkeley afferma, come Mach, che le cose e le loro proprietà non sono altro che idee le quali per esistere hanno bisogno di essere percepite. Per il filosofo inglese l'esigenza di garantire attraverso questa teoria la natura spirituale della realtà è predominante. La differenza tra le idee reali, che sono cose, e le idee semplicemente immaginate, che sono comunque chiamate idee, consiste nel fatto che le prime sono prodotte nello spirito umano da Dio, le seconde da noi stessi.

Pertanto la più semplice percezione di una cosa è espressione dell'attività divina in noi ed implica l'esistenza di Dio.

Egli rimane così un esponente del dualismo nel momento che afferma il principio di causalità e di produzione. Mach non è riducibile ad una prospettiva spiritualistica in quanto per lui non ha senso affermare l'esistenza di qualcosa o qualcuno esterno alla sensazione e tanto meno è possibile affermare che queste entità indipendenti causino le sensazioni. Per lui, infatti, come abbiamo già visto, la causalità è un retaggio metafisico inopportuno da sostituire al più presto con il concetto di relazione funzionale. Parlare di questo dualismo implica ancora l'esistenza di una supposizione di realtà di due entità separate come sostanza e accidente.

Tale idea è inutile e dannosa per lo sviluppo della scienza. Concepire come reali le sensazioni è un residuo anch'esso della metafisica. Un nucleo stabile di elementi come, ad esempio, uno spillo, messo in relazione con il corpo si connette con una sensazione nuova di tipo tattile; si concepisce allora la punta come un oggetto al quale la puntura si aggiunge dall'esterno come un accidente prodotto dalle circostanze. La ripetizione di tali esperienze porta, secondo Mach, a considerare le pro-

metodologici e riduzionistici.

Mach, diversamente però da Avenarius, sviluppò le proprie tesi partendo da studi di fisiologia delle sensazioni che lo portarono a criticare l'atomismo fisiologico di studiosi come Helmholtz, per il quale la risposta sensoriale è determinata dalla somma delle singole stimolazioni locali degli organi di senso periferici. Ciò implicava l'idea che la percezione non fosse influenzata dalle condizioni del contesto, mentre per Mach, e ciò sarebbe dimostrato dalle illusioni e dalle allucinazioni, la risposta sensoriale è frutto della interazione (inibizione ed eccitazione) tra diversi punti dell'organo.

Per Mach la sensazione è un dato del processo adattivo dell'uomo all'ambiente circostante e non può essere visto come fatto culturale ma come fatto psicologico. Quando egli afferma che il mondo è costituito da sensazioni, non fa una asserzione ontologica ma una premessa metodologica intesa a fornire una possibilità di unificare il sapere su basi diverse dal riduzionismo.

Il rifiuto di categorie come quelle di sostanza, di causa, di materia, di pensiero, ecc., nacque dall'esigenza di garantire una unità del sapere fondandola non sulla riducibilità del linguaggio psicologico a quello fisico ma sul carattere descrittivo di ogni linguaggio significante rispetto alle basi identiche di ogni sapere. La fisica si occuperà di descrivere in modo ordinato, sintetico e completo le relazioni tra complessi di elementi denominati "corpi"; la psicologia di rapporti sussistenti tra elementi denominati "ricordi", "percezioni", "volizioni", ecc.

Un colore, afferma, diventa un oggetto fisico non appena consideriamo ad esempio la sua dipendenza dalla sorgente luminosa, se lo definiamo in rapporto alla retina diventa un oggetto fisiologico e psicologico. Tentare di ridurre una dimensione ad un'altra è controproducente in quanto porta a porsi falsi problemi perché utilizza categorie non omogenee di interpretazione del reale.

rie ad essa connessa. In particolare il dinamismo fisico, che come abbiamo visto affermava essere i fenomeni naturali riducibili non a proprietà di particelle elementari ma a forze, assunse soprattutto con il figlio del filosofo Fichte delle connotazioni di ordine mistico ed etico-religioso.

La realtà naturale era vista come un insieme di differenti e molteplici livelli esprimenti una diversa organizzazione di una "forza" o "energia". I fenomeni fisici e chimici potevano essere studiati, secondo i teorici di questa scuola, con i metodi quantitativi ed analitici della scienza ufficiale, mentre gli ordini superiori della natura (il biologico ed il mentale) richiedevano una diversa modalità metodologica di approccio definita genericamente "intuizione".

Anche i fenomeni elettrici e termici erano espressione di questa realtà energetica di carattere spirituale. La battaglia che a livello scientifico fu vinta dai fisici matematici e dai fisiologi (Gauss 1830 e Muller 1840) oppose a livello filosofico dal 1854 il fondatore della psicofisica Gustav Fechner al figlio del filosofo idealista tedesco Gottlieb Fichte, Immanuel Her-
man von Fichte.

È significativo che ad occuparsi della polemica fu solo Ernst Mach mentre gli altri fisici ritennero il dibattito obsoleto ed inutile. Sono proprio le difficoltà insite nell'accettazione incondizionata ed acritica del modello atomistico a determinare in Mach un ripensamento critico dei principi meccanici della fisica che ha caratterizzato la sua evoluzione intellettuale.

Le memorie pubblicate dal nostro fra il 1862 e il 1872 riguardano soprattutto esperimenti di acustica e di ottica, studiati sia dal punto di vista fisico che da quello fisiologico.

Nel 1866 è chiamato a Graz come professore di fisica. L'anno successivo fino al 1895 insegna fisica all'università di Praga.

Questo periodo, che è il più fecondo per il nostro, rivela la sua notevole libertà intellettuale nella capacità dimostrata di modificare le proprie idee quando queste non risultano essere

CONCLUSIONE

più adeguate a rendere comprensibile la realtà fattuale. Le ricerche di acustica portano Mach a studiare il comportamento di proiettili moventisi a velocità superiori a quella del suono.

Il resoconto degli ingegnosi esperimenti sono pubblicati a partire dal 1873 sugli atti della Accademia delle scienze di Vienna. A titolo di riconoscimento della importante attività di sperimentatore è stato dato il nome di “numero di Mach” al rapporto tra la velocità di un mobile e la velocità del suono (340 m/sec).

L'applicazione a ricerche sperimentali non gli impedisce di approfondire le sue riflessioni di carattere epistemologico che lo condurranno a distaccarsi dal meccanicismo. È di questi anni la lettura delle opere di Charles Darwin.

La pubblicazione dell'*Origine della Specie* (1864) rappresenta una vera e propria rivoluzione nel campo delle scienze biologiche. Il concetto di evoluzione guidata dal principio della selezione naturale e della lotta per l'esistenza stimolano le riflessioni del nostro riguardo alla funzione organica e adattiva della concettualizzazione scientifica.

Lo sviluppo della termodinamica segna un altro punto fermo nel pensiero dello scienziato. Lo studio del calore, la scoperta del principio di conservazione della energia e il conseguente concetto di entropia sono fondamentali per condurlo verso considerazioni epistemologiche di ordine generale.

Egli, studiando le modalità genetiche e storiche di formazione dei concetti della termodinamica (soprattutto il problema del concetto di “calore”), utilizza il metodo storico come strumento guida per la comprensione dell'autentico significato delle leggi scientifiche. A questo periodo risalgono le opere storico-epistemologiche, veri capolavori di storia critica della scienza: *Die Geschichte in die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit* (La storia e la radice del principio di conservazione del lavoro, 1872); *Die Mechanik in ihrer*

La teoria degli elementi di Mach costituisce l'aspetto più problematico della sua gnoseologia. La stessa identificazione di questo pensiero con la riflessione che Avenarius andava conducendo negli stessi anni (1843-1896) ha determinato la catalogazione delle loro concezioni sotto l'unica etichetta di “empiriocriticismo”. Il termine coniato da Avenarius indica un intento critico consistente nell'analizzare le modalità di acquisizione e di organizzazione della totalità dei contenuti elementari di coscienza: le *esperienze*.

La tesi fondamentale è che l'esperienza precede la distinzione tra il fisico e lo psichico, le quali sono solo concettualizzazioni di ben specifici livelli di strutturazione dei contenuti di coscienza. L'esperienza si costituisce come una serie di relazioni articolate, di rapporti tra gli unici contenuti elementari della coscienza che sono le sensazioni.

La realtà sarebbe solo una interconnessione tra questi elementi e ogni conoscenza consisterebbe nel descrivere i diversi rapporti tra questi. L'intento critico e polemico consiste nel rigetto della assolutizzazione del dualismo ontologico e gnoseologico proprio del meccanicismo ottocentesco.

Secondo quest'ultimo ogni processo naturale sarebbe riconducibile ai moti tra particelle elementari: esisterebbe quindi una distinzione tra apparenza fenomenica e realtà, un fenomeno inoltre si considererebbe spiegato solo quando potesse venire compreso nei termini di leggi meccaniche.

L'empiriocriticismo, riconoscendo invece il carattere mediato e non assolutizzabile delle oggettualità alle quali si rivolgeva la meccanica, ne criticava anche gli assunti

ziale differenza qualitativa tra osservazione e teoria, né nel loro modo di originarsi né nei loro risultati...» (88), d'altra parte «una teoria al posto di un fatto A pone sempre nel pensiero un fatto B, più semplice e a noi più familiare, che può rappresentare nella mente *solo secondo certi rapporti* il fatto A, ma, proprio perché è un altro fatto (B) non può farne le veci.» (89)

L'ipotesi, la descrizione indiretta, le teorie possono essere un valido aiuto per lo scienziato che ne utilizza le feconde aspettative ma possono rivelarsi anche fattori di stasi se non di regresso nella comprensione della natura. Al contrario quando se ne riconosce la natura puramente ausiliaria esse possono assolvere il loro compito consistente «in parte in rafforzarsi e rendersi vigorosa, in parte di distruggersi: ma in ogni caso si tratta di una funzione di ampliamento della conoscenza.» (90)

Queste considerazioni epistemologiche fondate sul carattere biologicamente adattivo della vita di coscienza dell'uomo permettono a Mach di avere un quadro organico degli scopi e dei fini della ricerca scientifica: «Ogni conoscenza dell'ignoto e del nuovo come combinazione del già noto, ogni scoperta e l'apparentemente diverso come omogeneo, ogni diminuzione del numero necessario delle idee direttrici...» (91)

88) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 191.

89) *Ibidem*, pag. 191.

90) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 223.

91) *Ibidem*, pag. 173.

Entwicklung Historisch-Kritisch dargestellt (La meccanica esposta nel suo sviluppo storico-critico, 1883).

Quest'ultima, giustamente considerata il capolavoro di Mach, analizza storicamente lo sviluppo dei principi della meccanica classica e dei concetti da questa utilizzati (massa, energia, spazio-tempo, accelerazione, ecc.). Egli dimostra la storicità contingente del sapere meccanicista ed apre quindi la strada allo sviluppo di una scienza nuova e rinnovata negli assunti epistemologici di base.

Il notevole successo editoriale dell'opera è testimoniato dalle nove edizioni tedesche (l'ultima, curata personalmente da Mach, fu la settima del 1912) mentre tra il 1893 e il 1968 sono uscite sei edizioni inglesi, due francesi, una russa (1909) e due italiane (1908, 1968). Un compendio dei suoi studi sulla percezione e dei risultati teorici che questi permettono di dedurre è pubblicato con il titolo di *Die Analyse der Entfindungen und das Verhalten des Physischen zum Psychischen* (L'analisi delle sensazioni e il rapporto del fisico con lo psichico, 1886).

Anche questo scritto ebbe un notevole successo editoriale, suscitando consensi e critiche da parte di autorevoli personaggi del mondo della scienza e della filosofia. Le tesi espresse dall'autore che generalmente vengono etichettate con il termine di "empirio criticismo" costituiscono la base filosofica delle tematiche epistemologiche trattate da Mach. Egli afferma che base di ogni conoscenza sono le esperienze.

L'analisi della struttura della esperienza rivela che alle radici di questa ci sono elementi che, non ulteriormente analizzabili, sono costituenti sia le esperienze cosiddette "oggettive" sia le esperienze "oggettive". Ciò che cambia in questi due soggetti di studio non sono i costituenti ma le modalità dell'approccio conoscitivo e le diverse strutture epistemologiche nelle quali sono inserite.

L'esigenza di unità dei principi della scienza trova in que-

sta opera una giustificazione filosofica a sua volta fondata su esperienze nel campo della fisiologia delle sensazioni. Nel 1895 è chiamato a ricoprire la cattedra di “filosofia”, in particolare Storia e teoria delle scienze induttive presso l’Università di Vienna.

A questo periodo risalgono altre opere di carattere storico-critico come i *Die Prinzipien der Warmelehre, historich-Kritisch entwickelt* (I principi del la termologia, sviluppati in modo storico-critico, 1896). Dello stesso anno è una raccolta di conferenze a carattere divulgativo del proprio pensiero e dei temi scientifici più importanti dal significativo titolo di *Popularwissenschaftliche Vorlesungen* (Lezioni popolari scientifiche).

Tiene l’insegnamento fino al 1901. Lasciata la cattedra, la sua creatività non diminuisce minimamente. Continua a scrivere fino al momento della morte avvenuta il 19 febbraio 1916.

Pochi anni prima della morte pubblica la sua opera più ambiziosa oltre che impegnativa: *Erkenntnis und Irrtum* (Conoscenza ed errore). Il sottotitolo è “Skizzen zur Psychologie der Forschung” (Abbozzi per una psicologia della ricerca).

Si tratta di un vero e proprio compendio delle concezioni epistemologiche e genetico-psicologiche del nostro. Altra opera fondamentale pubblicata postuma nel 1921 è *Die Prinzipien der physikalischen Optik, historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt* (I principi dell’ottica fisica, sviluppati in modo storico e gnoseologico-psicologico).

mentale di un certo settore fenomenico, il cui scopo è risparmiare le esperienze ottenendo un migliore adattamento all’ambiente. Quando una certa immagine mentale determina aspettative sull’andamento di un certo processo naturale e queste vengono ad essere falsificate da una diversa processualità, il processo di adattamento presuppone una modifica dei vecchi schemi concettuali al fine di inglobare il fatto nuovo.

L’integrazione avviene attraverso il meccanismo della comparazione, della analogia o paragone che permette di collegare il fatto nuovo a fatti già conosciuti e descritti che presentano proprietà simili.

Questo processo induttivo dal nuovo al vecchio costituisce la descrizione indiretta: «Siffatta descrizione, nella quale ci riferiamo ad un’altra già perfettamente nota è ciò che chiamiamo “descrizione indiretta”.» (85)

L’analogia che permette di passare dall’ignoto al noto è possibile perché «Il fatto A, di cui si vuole dare una descrizione, ha non soltanto uno ma molti caratteri in comune con il fatto B.» (86) L’analogia è quindi «una relazione di sistemi concettuali, nella quale giunge a chiara consapevolezza sia la diversità di due concetti omologhi sia l’accordo nei rapporti logici di due coppie di concetti omologhi.» (87)

L’assorbimento mediante analogia della complessità del fatto nuovo alla semplice immagine concettuale del vecchio e familiare è un potente strumento a disposizione della scienza. Esso però comporta anche dei rischi. Se «la rapida estensione del sapere è un vantaggio della teoria (descrizione indiretta) rispetto all’osservazione, il vantaggio è puramente quantitativo: infatti non c’è — afferma Mach — alcuna essen-

85) Ibidem, pag. 190.

86) Ibidem, pag. 190.

87) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 217.

sommatoria descrizione di fenomeni che per la loro novità e complessità non sono ancora perfettamente integrabili nelle strutture concettuali, cioè descrittive, della scienza: «Chiamiamo ipotesi una congettura provvisoria, fatta a mo' di tentativo, per un'intelligenza più facile dei fatti, ma che ancora si sottrae alla verifica fattuale.» (82)

«L'ipotesi è un potente metodo euristico utilizzato dalla scienza; infatti il tentativo di ricondurre fatti nuovi a condizioni già conosciute e studiate allarga notevolmente la sfera delle conoscenze stesse. E questo perché ogni ipotesi implica conseguenze che possono essere studiate e sperimentate. Qualora reggano alla prova fattuale lo scienziato ha sempre acquisito nuove informazioni sui processi: La funzione essenziale di un'ipotesi consiste nel condurre a nuove osservazioni ed esperimenti che consentano di confermare, respingere o modificare la nostra congettura; in breve di ampliare la conoscenza.» (83)

La suddetta analisi diviene estremamente chiara quando si considera il significato particolare che il termine "spiegazione" assume nel discorso machiano. "Spiegare" significa propriamente ricondurre una serie di fatti complessi, sconosciuti all'insieme dei fatti semplici, più noti e meglio descritti.

Mach definisce l'ipotesi come una "descrizione indiretta" contrapponendola all'ideale della conoscenza scientifica che è la "descrizione diretta". Quest'ultima costituisce l'immagine economica delle proprietà e delle connessioni più stabili tra caratteristiche di un certo ambito fenomenico: «La notizia orale di un fatto senza altro mezzo che questo puramente astratto, è ciò che noi diciamo descrizione diretta.» (84)

Come abbiamo già visto, la scienza è per Mach immagine

82) Ibidem, pag. 231.

83) Ibidem, pag. 236.

84) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 190.

Mach fu notevolmente influenzato dal pensiero di Darwin.

La teoria della evoluzione delle specie viventi, descritta dalla legge della selezione naturale e dell'adattamento, è stata utilizzata da Mach per spiegare sia l'origine bio-psicologica della conoscenza, sia per costituire un principio euristico che gli permettesse di rendere conto e di spiegare la sua concezione storico-critica del sapere scientifico.

L'ammirazione di Mach per Darwin è testimoniata dai molti riferimenti da lui fatti all'opera del grande scienziato inglese: «Si può dubitare della completezza della sua spiegazione — afferma Mach riferendosi alla teoria della selezione naturale — ... Non per questo è meno vero che la teoria darwiniana rappresenta il primo tentativo serio che sia stato compiuto nel dominio della natura organica di sostituire la ricerca alla semplice meraviglia.» (5)

Il passo sembra relativamente poco importante se non si fa riferimento al fatto che per Mach l'autentica scienza sottuisce al senso del meraviglioso in natura, l'esigenza di trovare un ordine nei fenomeni naturali: «Così la scienza diviene la nemica naturale del meraviglioso, ed allo stupore presto succede la calma riflessione che spiega il fatto e lo spoglia della sua meravigliosa apparenza.» (6)

5) MACH ERNST, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-kritisch dargestellt*, Leipzig, Brockhaus, 1883 (trad. it. di Alfonsina D'Elia, *La Meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, Torino, Boringhieri, 1977, pagg. 498), pag. 448.

6) MACH ERNST, *Popular-Wissenschaftliche Vorstell*, Leipzig;

In parole povere egli attribuisce a Darwin il ruolo di fondatore di una scienza.

Come risulta anche dal seguente passo in cui Mach paragona lo scienziato inglese a Galilei: «Se noi dobbiamo credere al nostro sentimento, uguale o poco minore importanza ebbe il movimento scientifico preparato in questi ultimi tempi da insigni biologi, ed iniziato dal grande Darwin... Con accortezza e libertà intellettuale paragonabile a quella di Galileo, senza microscopio e senza esperimenti fisici e chimici, colla sola forza del pensiero e dell'osservazione, Darwin intuì una proprietà fino ad allora ignota della natura organica.» (7)

La scoperta a cui Mach attribuisce tanta importanza consiste nella "plasticità" della natura biologica. La vita in tutte le varietà di forme e di complessità sorge solo nel momento in cui l'organismo riesce a soddisfare i propri bisogni vitali.

Per far questo deve carpire dall'ambiente naturale spesso estraneo, ostile, pieno di pericoli, tutte quelle sostanze che gli permettono di sopravvivere. Il concetto di adattamento biologico o di plasticità designa all'interno della teoria darwiniana proprio questa capacità di estrinsecare comportamenti capaci di garantire la sopravvivenza biologica dell'individuo e della specie a cui esso appartiene.

La varietà dei comportamenti dipende per Darwin da due fattori principali. Innanzitutto, più un ambiente è stabile e costante nei suoi elementi, più i comportamenti saranno stabili ed immutabili.

Se l'ambiente fisico e biologico è soggetto a frequenti e rapide trasformazioni, saranno in grado di sopravvivere solo quegli individui portatori di caratteristiche fisiologiche utili a

dell'ipotesi all'interno della struttura concettuale della scienza.

Nel far questo Mach si richiama direttamente all'autorità di Newton che afferma: «Rationem vero harum gravitatis proprietatum ex phaenomenis nondum potui deducere, et hypotheses non fingo.» (79)

Newton separa quelli che sono i risultati della concreta analisi dei fatti da quelle costruzioni teoriche ed ipotetiche che servirebbero a dare una ragione ed una spiegazione degli stessi al di là della esperienza.

L'ipotesi serve solo a fornire una prima descrizione parziale e senz'altro inadeguata di un insieme di fatti che essendo nuovi sono, in apparenza, complessi e indescrivibili. Quando si presentano fatti che sono osservati per la prima volta si cerca di integrarli nell'insieme del patrimonio concettuale e rappresentativo già posseduto.

Il fenomeno non riguarda solo la conoscenza scientifica essendo esso peculiare delle modalità di adattamento dell'uomo: «I pensieri sviluppano in modo istintivo o intenzionale un'osservazione in quanto integrano i fatti riferendosi alle loro parti, conseguenze e condizioni.» (80) L'ipotesi ha il compito di integrare i dati parziali dell'esperienza con l'insieme già strutturato e coerente delle esperienze.

L'integrazione significa fondamentalmente ricondurre il fatto a condizioni e caratteristiche a quello connesse mediante una assunzione congetturale: «Le congetture che di preferenza designiamo come ipotesi si riferiscono alle condizioni di un fatto, che lo rendono intellegibile.» (81)

Lo scopo della ipotesi consiste cioè nel fornire una prima

J.A.Barth, 1896 (trad. it. di A. Bongiovanni, *Lecture Scientifico popolari*, Torino, 1900, pp. 259), pag. 176.

7) *Ibidem*, pag. 168.

79) MACH, *Erkenntnis...* op. cit., pag. 226.

80) *Ibidem*, pag. 228.

81) *Ibidem*, pag. 251.

fattuale non può abbracciare l'intero fatto nella sua infinita ricchezza, nella sua inesauribile complessità, e ne dà piuttosto uno schizzo mettendo unilateralmente in evidenza un aspetto importante per lo scopo tecnico o scientifico che si ha in vista...» (75), «esso ci presenta sempre i fatti sacrificando qualche cosa della loro interezza, con esattezza non maggiore di quella del bisogno del momento.

«Perciò l'incongruenza tra il pensiero e l'esperienza persisterà finché l'uno procederà parallelo all'altra, sarà sempre diminuita e mai annullata.» (75)

Esclusa ogni necessità nell'ambito della realtà naturale, essendo la legge solo un prodotto selettivo dei fenomeni naturali, qual è il compito e la funzione delle proposizioni teoriche? La risposta immediata è che esse servono a rendere comprensibile un fatto naturale ma «Se noi ci domandassimo coscientemente, quando è che un fatto ci appare chiaro, dovremmo riconoscere che ciò avviene quando possiamo riprodurlo mentalmente con operazioni semplicissime ed a noi fa miliardi... È cosa tra le più difficili persuadere i profani che le grandi leggi universali della fisica non possono sostanzialmente differire dalla descrizione.» (77)

La legge quindi è una regola schematica di organizzazione del materiale empirico finalizzata a determinare aspettative utili all'adattamento dell'uomo: «La scienza potrebbe essere considerata un problema di minimo consistente nell'esporre i fatti quanto più compiutamente possibile con la minima fatica intellettuale.» (78)

Al ruolo puramente strumentale e descrittivo della legge scientifica si intreccia l'analisi condotta sul ruolo della teoria e

75) *Ibidem*, pag. 102.

76) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 160.

77) *Ibidem*, pag. 202.

78) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 477.

modellare, interagire con il contesto ambientale modificato. Quindi per lo scienziato inglese la vita può svilupparsi e propagarsi solo quando il rapporto individuo-ambiente è equilibrato.

La genialità di Darwin riconosce al principio dell'adattamento la spinta motrice che garantisce sia la sopravvivenza che la evoluzione della specie. Sopravvive solo il più adatto e solo costui può, attraverso l'ereditarietà, generare altri individui adattati.

Una specie, attraverso lente ma continue trasformazioni biologiche, si adatta sempre più all'ambiente stesso. L'adattamento, cioè, avviene in modo continuo ed economico.

Le caratteristiche già presenti non vengono semplicemente eliminate e sostituite con altre, quando intervengono nuove esigenze di vita, ma si trasformano gradualmente. La metamorfosi non ha soluzione di continuità essendo graduale e continua, rispondente alle esigenze del migliore adattamento all'ambiente stesso.

I concetti di continuità evolutiva e di economia nelle trasformazioni sono caratteristiche proprie di ogni funzione biologica. Mach non fa altro che trasportare questo discorso nella dimensione biologica e psicologica dell'uomo. Seguendo i suggerimenti della teoria darwiniana, egli concepisce l'intera vita psichica, compresa la scienza, come un fenomeno biologico ed applica ad essa le nozioni darwiniane della lotta per l'esistenza, dell'evoluzione e della selezione.

Innanzitutto egli riguarda i processi psichici della vita cosciente dell'uomo, come strumenti economici che la progressiva evoluzione della specie ha messo a sua disposizione. Per il nostro, la specie umana si è evoluta attraverso una evoluzione continua delle facoltà rappresentative.

Lo sviluppo degli organi sensoriali, le modalità del loro funzionamento, rispondono alle necessità di adattamento della specie. Lo stesso dicasi dei processi superiori della vita rap-

presentativa, ogni espressione della vita di coscienza è finalizzata all'adattamento della specie: «Involontariamente e quasi incoscientemente l'uomo acquista le sue prime cognizioni intorno alla natura, istintivamente riproducendo ed immaginando i fatti nella propria mente, ed integrando col pensiero più agile e più veloce, i dati della lenta esperienza; ma questo egli fa innanzitutto per il proprio vantaggio materiale.» (8)

L'uomo in confronto alle altre specie viventi ha subito un processo evolutivo lungo direzioni diverse. Grazie a questi diversi strumenti adattivi egli ha raggiunto un dominio quasi perfetto sull'ambiente naturale ed è in grado di adattarsi a situazioni diverse.

Mach però continua a ribadire sempre che la diversità di soluzioni non implica una diversità di origine o di scopi: «L'insieme dei processi vitali dell'individuo sono reazioni che mirano alla conservazione della vita: le svolte che avvengono nella vita rappresentativa non sono altro che parte di tali reazioni.» (9)

È stato solo il diverso rapporto con l'ambiente a generare specificità umane: «Gli animali inferiori che vivono in rapporti semplici, costanti e favorevoli si adattano alle circostanze momentanee attraverso riflessi innati e tanto basta abitualmente alla conservazione dell'individuo e della specie per un periodo adeguato di tempo. A rapporti più complicati e meno stabili, l'animale resiste solo se è in grado di adattarsi ad una maggiore varietà spazio-temporale dell'ambiente. Allora è necessaria una capacità di vedere lontano, dapprima in virtù di organi di senso più perfezionati e poi, con l'aumento dei biso-

8) *Ibidem*, pag. 145.

9) MACH ERNST, *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*, Leipzig, Barth, 1905, pp. XI, 461 (trad. it. di Barbaro Sandro, *Conoscenza ed Errori. Abbozzi per una psicologia della ricerca*, Torino, Einaudi, 1982, pp. XX, 485), pag. 108.

scientifiche non definiscono relazioni tra fatti concreti, effettivi ma tra concetti, prodotti dalla astrazione idealizzante: «La scienza esige che le riproduzioni mentali delle esperienze sensibili abbiano forma concettuale. Solo così infatti è possibile utilizzarle, sia per raggiungere una conoscenza completa del fenomeno noto solo in parte, sia per trovare, mediante un calcolo astratto, altre proprietà dipendenti da quella già conosciuta, che è stata classificata secondo il concetto di misura.

«Questo dar forma concettuale richiede che gli aspetti più importanti di un fenomeno siano messi in evidenza ed altri trascurati, cioè richiede astrazione, idealizzazione.» (72)

Infatti afferma Mach che «Soltanto la nostra imitazione schematica produce casi uguali; dunque soltanto in questa imitazione esiste la reciproca dipendenza di certi caratteri.» (73)

Prendendo ad esempio lo sviluppo della statica egli scrive: «L'esatto rapporto di equilibrio è ottenuto per idealizzazione e astrazione dalle cause perturbatrici. Esso appare nelle trattazioni di Archimede e di Stevin come un'ipotesi suggerita dall'esperienza, non accettando la quale, i singoli fatti sperimentali cadrebbero subito in contraddizione logica fra loro.

«Se invece l'accettiamo possiamo, operando con concetti esatti, ordinare con facilità i fatti e dominarli scientificamente, logicamente. La leva e il piano inclinato sono in meccanica oggetti ideali creati da noi stessi, esattamente come i triangoli sono oggetti ideali della geometria.

«Essi sono gli unici che possano soddisfare perfettamente alle caratteristiche che abbiamo imposto loro. La leva fisica le soddisfa solo nella misura in cui si avvicina alla leva ideale.» (74)

Proprio perché «Una legge ricavata dall'osservazione

72) MACH, *Die Mechanik...*, *op. cit.*, pag. 156.

73) MACH, *Popular...*, *op. cit.*, pag. 154.

74) MACH, *Die Mechanik...*, *op. cit.*, pp. 63-64.

ciproche tra gli elementi di ciò che è dato, relazioni funzionali o equazioni tra elementi. Quando essa è soddisfatta, siamo di fronte ad una sostanza... In generale poco importa se nelle equazioni della fisica vediamo l'espressione di sostanze, leggi, o in particolare casi di forze: comunque sia esse esprimono dipendenze funzionali.» (69)

Il carattere relativo delle possibilità di connessione rendono estremamente aperte e modificabili storicamente le modalità di approccio al reale delle scienze: «In realtà non facciamo altro che isolare dalla massa fluttuante delle sensazioni, un gruppo di sensazioni relativamente costanti, al quale il nostro pensiero aderisce più fortemente. Ma l'inalterabilità di questo gruppo non è assoluta.» (70)

Anche il ruolo e la funzione delle assunzioni teoriche assu-
me un diverso status all'interno della epistemologia machiana. La legge di natura è il prodotto di una astrazione idealizzante: «È importante che si possano mentalmente diminuire di quantità e infine far scomparire una o più circostanze che hanno quantitativamente influenza su un risultato in modo da vedere le altre circostanze come le uniche determinanti. Lo si può designare come idealizzazione o astrazione... Tutti i concetti e le leggi fisiche generali sono state acquisite per idealizzazioni. Per questo assumono quella forma semplice e generale ad un tempo, poco determinata, che consente di ricostruire qualunque fatto, anche complicato, per combinazione sintetica di tali leggi e concetti, cioè di comprenderle. Idealizzazioni del genere sono: il corpo perfettamente isolato, la perfetta isotermità dei corpi a contatto, i processi irreversibili... ecc.» (71)

Ciò implica che le connessioni funzionali espresse dalle leggi

69) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pp. 275-276.

70) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 155.

71) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 189.

gni cioè con il complessificarsi dell'ambiente grazie allo sviluppo della vita rappresentativa. [...] L'unica cosa che assicura all'uomo un vantaggio sugli animali che condividono la sua stessa esistenza, è la sua memoria individuale...» (10)

In cosa consista il vantaggio della memoria ed in genere della capacità di rappresentarsi mentalmente fatti e successioni di fatti è ben spiegato da Mach: «La complessità dell'ambiente naturale, i pericoli e le possibilità di soddisfazione sono tali e tante da determinare che i dati di fatto siano notevolmente superiori alle reazioni ed ai comportamenti biologicamente importanti. Ciò fa sì che a fatti diversi tra loro per determinate caratteristiche ma affini per altre, si reagisca al medesimo modo. Ogni cosa è un insieme di proprietà e caratteristiche ma non tutte hanno uguale importanza biologica. Ad esempio un uccello si nutre di bacche rosse e dolci. La «sensazione dolce» è per lui biologicamente importante e per la quale il suo organismo ha una disposizione innata, ha come conseguenza che quello stesso organismo acquista disposizione associativa per il carattere rosso che spicca da lontano... questo fa sì che non tutti i caratteri sensibili del complesso di bacca siano impressi...» (11)

I gradi di sviluppo della semplice immagine mnestica di tipo associativo alle più astratte rappresentazioni concettuali della scienza hanno origine da questo processo di selezione delle caratteristiche dei fatti guidato da scopi economici. Quando vari fatti vengono classificati sotto un medesimo "concetto" che definisce le proprietà importanti dei fenomeni stessi si sviluppa la vita rappresentativa: «Subordinando un fatto ad un concetto noi lo semplifichiamo, perché escludiamo tutti i caratteri inessenziali allo scopo (all'interesse). Nello stesso

10) *Ibidem*, pag. 3.

11) *Ibidem*, pag. 3.

tempo però lo arricchiamo rendendolo partecipe di tutti i caratteri della classe a cui appartiene.» (12)

La generalizzazione idealizzante ed astraeante fornisce la base per costituire le aspettative in base alle quali l'uomo può agire nel mondo e soddisfare così i propri bisogni: «Egli, come l'animale, dal rumore udito nel cespuglio arguisce la presenza del nemico o per così dire lo costruisce nella sua mente; così dal guscio egli arguisce la polpa del frutto che egli cerca...» (13) E ancora: «Non riproduciamo mai i fatti nella loro interezza, ma solo in quei loro aspetti che sono importanti per noi, in vista di uno scopo nato direttamente o indirettamente da un interesse pratico.» (14)

D'altronde anche il linguaggio rientra per Mach in questa finalità adattiva ed economica. Esso è un simbolo che associato alle concettualizzazioni ci permette sia la loro comunicazione che la trasmissione di generazione in generazione: «La più meravigliosa economia si ha nel linguaggio. Volendo trovare qualche cosa da paragonare alla parola, bisogna pensare ai caratteri costituenti un gruppo di lettere, i quali risparmiano la ripetizione degli stessi segni, servendo nello stesso tempo ad usi diversissimi...» (15) «... la comunicazione del sapere attraverso l'insegnamento (possibile solo se si sviluppa un linguaggio) trasmette all'allievo l'esperienza compiuta da altri, gli permette di economizzare "esperienza"... le esperienze sono scomposte e rappresentate mediante simboli allo scopo di renderle comunicabili.» (16)

Anzi mentre l'attività associativa che è alla base della rappresentazione concettuale è propria anche degli animali, il lin-

12) *Ibidem*, pag. 134.

13) MACH, *Popular...*, *op. cit.*, pag. 145.

14) MACH, *Die Mechanik...*, *op. cit.*, pag. 471.

15) MACH, *Popular...*, *op. cit.*, pag. 147.

16) MACH, *Die Mechanik...*, *op. cit.*, pag. 470.

l'altra delle parti costitutive, dà l'impressione di essere qualcosa di per sé...» (65)

Dato che ogni connessione stabile è solo il prodotto di una operazione intellettuale di carattere economico, fondata sulla astrazione e sulla selezione generalizzante, allora la persistenza è una caratteristica condizionata e mediata dagli interessi intellettuali e non una proprietà ontologica del reale: «Ciò che è incondizionatamente persistente viene da noi chiamato sostanza...» (66) ma «una reale persistenza incondizionata non esiste. Noi perveniamo ad essa solo quando tracciamo talune condizioni, le sottovalutiamo o le consideriamo come date sempre, oppure prescindiamo deliberatamente da esse.» (67)

Come per la causalità, Mach afferma che bisogna considerare la sostanza come un concetto che descrive le stabilità di connessione tra caratteristiche di un certo ambito fenomenico. «Siccome noi possiamo considerare ogni singolo elemento (caratteristica o proprietà) come separato dal corpo senza che questo cessi di essere ciò che era prima, così possiamo facilmente credere che anche quando siano eliminati tutti gli elementi rimanga ancora qualche cosa all'infuori di essi.

«Così ci può avvenire di concepire l'idea di una sostanza diversa dai suoi caratteri, di una cosa per sé stante, e le sensazioni come simbolo delle proprietà di essa. Al contrario dovremmo dire piuttosto che i corpi o le cose sono simboli intellettuali abbreviati di un gruppo di sensazioni, simboli che non hanno esistenza fuori del nostro pensiero.» (68)

In realtà ciò che è stabile è solo la relazione funzionale tra proprietà: «Tali connessioni costanti però sono dipendenze re-

65) MACH, *Die Analyse...*, *op. cit.*, pag. 40.

66) *Ibidem*, pag. 283.

67) *Ibidem*, pag. 285.

68) MACH, *Popular...*, *op. cit.*, pag. 155.

scono dallo sforzo di riprodurre i fatti nel pensiero. In un primo momento ci formiamo una semplice abitudine al rapporto tra caratteristiche in seguito, in possesso di numerose esperienze, quando osserviamo una relazione fra elementi nuovi ci rendiamo conto che questa è simile alla relazione già scoperta e che ci sembra fornita di un'alta autorità.

«L'idea di necessità del rapporto causa-effetto ha probabilmente la sua origine dalla osservazione dei nostri movimenti volontari e dei mutamenti che provochiamo con essi nell'ambiente circostante.» (63)

La critica al concetto di necessità ontologica è congiunta con l'analisi del concetto di sostanza e di "spiegazione". La sostanza intesa nel senso metafisico (e vedremo come esso continui ad operare all'interno della scienza quando tratteremo la critica della scienza meccanica) di individualità spazio-temporale sempre identica in sé stessa, è dal nostro rifiutato in base alle medesime considerazioni compiute sul concetto di causa-effetto.

L'idea di sostanza sorge nel momento in cui riteniamo un certo evento o fatto costituito da caratteristiche connesse stabilmente le une alle altre: «Ho cercato di chiarire come la stabilità costante delle connessioni tra sensazioni diverse abbia portato all'ipotesi di una stabilità assoluta che è chiamata sostanza...» (64)

«L'abitudine peraltro opportuna, di designare con un nome ciò che persiste e di compendiarlo in una nozione complessiva senza analizzarne ogni volta le parti costitutive, può cadere in una peculiare contraddizione con lo sforzo di sceverare tali componenti. L'immagine indistinta di ciò che persiste, la quale non si modifica sensibilmente quando venga meno l'una o

63) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 473.

64) *Ibidem*, pag. 217.

guaggio è ciò che pone la censura tra la specie umana e le altre specie: «L'uomo forma i concetti allo stesso modo che gli animali, ma nel linguaggio ha un ausilio potente che invece negli animali è esiguo. Con la parola possiede una etichetta del concetto che può essere universalmente colta con i sensi anche se la rappresentazione è insufficiente o non esiste del tutto.» (17)

Come abbiamo già detto il concetto di adattamento biologico è strettamente collegato in Darwin a quello di evoluzione. Questo significa che gli strumenti adattivi possono mutare in vista di finalità biologiche nuove, determinate da modificazioni ambientali.

Se sostituiamo al concetto di "strumento economico" quello di rappresentazione concettuale e al termine di "modificazione ambientale". L'insorgenza di fatti nuovi e di nuovi bisogni, otteniamo la visione evolutiva della conoscenza umana di Mach.

Una volta che la coscienza ha acquisito un insieme di rappresentazioni, se si presentano fatti nuovi, quella trasforma le rappresentazioni tenendo conto delle novità sorte. L'interesse che Mach pone al cambiamento nasce dalla considerazione economica della modificazione stessa.

Come l'adattamento biologico produce modificazioni graduali e continue trasformando solo l'indispensabile, così la coscienza trasforma con il minimo sforzo ed il meno possibile le proprie rappresentazioni. L'analisi storico-critica compiuta da Mach lo porta a dimostrare come le trasformazioni concettuali siano sempre graduali, continue e prive di cesure.

Il principio di continuità è alla base delle trasformazioni concettuali riuscite ed è la base euristica della epistemologia Machiana: «Se l'intelletto indagatore ha acquisito, attraverso l'adattamento, l'abitudine a collegare nel pensiero due cose A

17) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 126.

e B, esso cercherà di consolidare questa abitudine, se gli sarà possibile, anche in circostanze leggermente modificate... Il principio che qui si esprime ha la sua radice nella tendenza economica e compare in modo particolare nei grandi scienziati, può essere chiamato principio di costanza o di continuità.» (18)

Un esempio dell'applicazione delle suddette prassi è Newton. Egli infatti nello studiare il movimento dei corpi celesti ipotizza in base alla continuità che il loro comportamento sottostia alle medesime leggi del moto dei corpi sulla terra.

Egli cioè estende genialmente una rappresentazione forte ed acquisita a fatti ed oggetti che sembrano avere proprietà completamente diverse: «Con grande audacia Newton ha affermato che l'accelerazione dei pianeti non è essenzialmente diversa da quella della gravità a noi nota. È probabile che lo abbia guidato a questa scoperta il principio di continuità, che già nelle scoperte galileiane aveva avuto una funzione importante.

Newton era solito, e questo comportamento sembra comune a tutti i grandi scienziati, mantenere immutata una rappresentazione finché era possibile, anche per i casi che si presentavano con circostanze variate, e così conservare nelle rappresentazioni quell'uniformità che la natura ci fa conoscere nei suoi processi. Ciò che è proprietà della natura in un qualche tempo e luogo, si ritrova sempre e ovunque, anche se a prima vista appare diverso.» (19)

Naturalmente il buon scienziato si riconosce anche dalla capacità che ha di abbandonare o modificare le proprie rappresentazioni quando queste non riescano a dar conto dei nuovi fenomeni studiati: «Ogni variazione realmente osservata nella connessione di A e B produce un disturbo nei confronti della

18) MACH, *Die Analyse...*, op. cit., pag. 78.

19) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 2 09.

L'approccio biologico evolutivo fa comprendere anche il significato "biologico" del principio di causalità. Mach, sulla scia e secondo l'esempio dell'empirista Hume, tende a trasformare la necessaria concatenazione degli eventi in una necessità non di ordine metafisico ma di ordine psicologico. Afferma Hume: «Le impressioni sono esistenze distinte che formano un tutto soltanto in quanto si connettono insieme; ma l'intelligenza non può mai scoprire alcuna connessione tra esistenze distinte; noi ci limitiamo a sentirla come una determinazione del pensiero a passare da un oggetto all'altro.» (61)

In Mach la consapevolezza che la necessaria relazione causale dei fenomeni sia di ordine psicologico, si colloca in un diverso e più articolato contesto rappresentato dalla teoria biologica dell'adattamento naturale. Infatti egli similmente a Hume afferma: «Se noi dopo esserci occupati abbastanza a lungo di questi settori, ci siamo formati sulla natura di queste connessioni i concetti che riteniamo universalmente rispondenti ai fatti, dobbiamo attenderci con logica necessità che ogni caso singolo che accada corrisponda a questi concetti. Non sussiste però nessuna necessità naturale.» (62)

Quindi è solo l'esigenza, presentatasi in un certo momento di sviluppo della scienza, di ordinare in un certo modo l'organizzazione dei fenomeni che ha prodotto il postulato di una intrinseca necessità naturale. L'origine è da ricercarsi per Mach nella antropomorfizzazione della natura, cioè nella generalizzazione proiettiva di processi che l'individuo sentiva dentro di sé come necessari: «I concetti di causa ed effetto na-

61) Hume David, *Trattato sulla natura umana*, Bari, Laterza, pp. 666, pag. 664.

62) MACH, *Die Analyse...*, op. cit., pp. 99-100. Mach afferma: «Se queste caratteristiche ci sembrano collegate fra loro da un rapporto di necessità, questo dipende unicamente dall'aver noi potuto inserire tra di esse molti termini intermedi da lungo tempo conosciuti e che perciò hanno per noi maggior valore.» (*Popular...*, op. cit., pag. 154)

Con questo Mach vuole affermare che la variazione per esempio del volume non “causa” la variazione di pressione e temperatura ma «conviene considerare gli elementi astratti (ricordiamo che per Mach sono oggetti scientifici solamente oggetti derivanti da un processo di astrazione selezionante) determinativi di un fatto come reciprocamente dipendenti, nel senso puramente logico, come fanno il matematico ed il geometra.» (58)

Il carattere astrattivo della conoscenza scientifica permette a Mach di criticare altri importanti capisaldi della concezione classica della scienza. Il carattere puramente descrittivo ed ordinatore delle leggi scientifiche, così come abbiamo ricostruito nel pensiero di Mach, lo pone in atteggiamento critico nei confronti delle concezioni esplicative della scienza.

Le leggi generali, le teorie, sono modi di descrizione economica semplice e completa di una serie di fatti negli aspetti, nelle caratteristiche e soprattutto nelle connessioni stabili di queste. Il loro ruolo è puramente sussidiario nel processo di immagazzinamento e trasmissione dei fatti relativamente importanti per la specie umana. Le teorie sono: «indicazioni abbreviate, contenenti spesso altre implicazioni implicite, e riferentisi ad esperienze economicamente ordinate e pronte sempre all'uso nella nostra mente.» (59)

L'analisi dimostra «che ogni esigenza pratica ed intellettuale è soddisfatta quando i nostri pensieri sono in grado di riprodurre in modo completo i fatti sensibili. Questa riproduzione concettuale è dunque lo scopo ed il fine della fisica; [...] le leggi sono invece soltanto i mezzi che facilitano questa riproduzione.» (60)

58) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 202.

59) *Ibidem*, pag. 158.

60) MACH, *Die Analyse...*, op. cit., pag. 273.

abitudine citata e ciò avviene finché quest'ultima risulti modificata a tal punto da non sentire più il disturbo... Al principio di costanza si contrappone quindi, modificandolo, un altro principio che desideriamo chiamare principio di determinazione sufficiente.» (20)

I principi di continuità e differenziazione sufficiente definiscono in maniera completa il processo evolutivo ed economico della vita di coscienza dell'uomo. Anche quest'ultima d'altronde è costituita da livelli diversi l'uno dall'altro.

All'inizio l'uomo si pone nei confronti dell'ambiente naturale in maniera quasi inconscia e passiva, le sue conoscenze derivano dalla semplice funzione riproduttiva immediata, il pensiero cioè cerca di adattarsi ai fatti tentando di riprodurre mentalmente le proprietà fondamentali degli stessi. Lo scopo della vita rappresentativa è di integrare concettualmente, di perfezionare un fatto osservato solo in modo parziale. Il cacciatore immagina la condotta d'una preda appena scoperta a poter scegliere il proprio comportamento in modo conforme allo scopo.

La vita rappresentativa è il mezzo che l'uomo ha a disposizione per integrare i fatti che gli si presentano nella vita di tutti i giorni. Se un fenomeno è associabile ad un altro fenomeno o se una certa proprietà del primo è relazionata ad una certa proprietà del secondo, al presentarsi del primo fatto l'uomo può, attraverso l'utilizzo della memoria e delle facoltà percettive ed immaginative ad esso collegate, anticipare mentalmente il verificarsi del secondo.

Attraverso questa anticipazione mentale che Mach chiama “integrazione concettuale del fatto” (21) si può agire in vista degli scopi pratici che il bisogno naturale addita. La riproduzione mentale e l'anticipazione attraverso l'associazione con

20) MACH, *Die Analyse...*, op. cit., pag. 78.

21) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 4.

le esperienze passate costituisce, quindi, la base biologica e psicologica di ogni conoscenza.

Non solo i pensieri devono adattarsi ai fatti per integrarli concettualmente e per avere una utile funzione adattiva, è necessario anche che le idee ed i concetti si adattino tra di loro: permettano cioè all'individuo di avere un quadro coerente della realtà nel quale egli si trova a vivere ed a operare. Quindi l'adattamento non presuppone solo l'adeguamento imagine-fatto (teoria della verità) ma anche un adeguamento reciproco tra le idee (teoria della coerenza): «Le rappresentazioni si adattano gradualmente ai fatti in modo da fornire, in corrispondenza ai bisogni biologici, un'immagine riflessa sufficientemente esatta. Naturalmente la precisione dell'adattamento non va oltre le esigenze delle circostanze e degli interessi immediati entro i quali ha avuto luogo. Però dal momento che interessi e circostanze mutano da caso a caso, i risultati dell'adattamento ai vari casi non collimano perfettamente tra loro. A questo punto l'interesse biologico spinge ad una reciproca correzione dei vari risultati dell'adattamento per livellare le divergenze nel modo migliore e più vantaggioso possibile.» (22)

Questo compito integrativo oltre che conoscitivo è lo specifico della conoscenza scientifica: è ciò che distingue il sapere comune finalizzato alla riproduzione rudimentale e puramente utilitaristica del pensiero ai fatti dal sapere scientifico il cui scopo è di adattare le idee tra loro. «Il pensiero comune è al servizio di scopi pratici, in primo luogo la soddisfazione di bisogni corporei. Il pensiero scientifico si crea da sé i propri scopi, cerca di soddisfare se stesso, di accantonare ogni disagio intellettuale.» (23)

22) Ibidem, pag. 21.

23) Ibidem, pag. 4.

In parole povere quello che Mach afferma in questo passo significa che in natura esistono fenomeni tali che causa ed effetto scambiano continuamente le loro dipendenze.

Ciò che è causa diviene effetto e ciò che è effetto si trasforma in causa. Gli esempi vengono così spiegati da Mach: «Se una massa A si trova in presenza di una massa B, ne segue un movimento di A verso B: è questa la vecchia formulazione. Se consideriamo la cosa con maggiore precisione, risulta però che le masse A, B, C, D si accelerano reciprocamente... Una dipendenza reciproca ammette la variazione solo quando un qualche gruppo di elementi in relazione fra loro può essere considerato una variabile indipendentemente.» (55)

A parte la anticipazione del principio di relatività, per cui ogni aspetto dell'universo è, in quanto posto in relazione con gli altri, analizzabile solo a partire da punti considerati convenzionalmente "indipendenti", questo brano dimostra che i fenomeni sono posti in relazione pluridimensionale e non unidirezionalmente (come vorrebbe il principio di causa ed effetto).

L'elemento fondamentale nel discorso è che la relazione reciproca tra fenomeni è espressa quantitativamente ed è quindi riconducibile ad equazioni matematiche che descrivono collegamenti tra grandezze numeriche e non affermano alcunché su fantastiche relazioni causali. Consideriamo per esempio la legge universale dei gas: «Lo stato di una certa quantità di gas è definito dal volume "V" dalla pressione "P" e dalla temperatura assoluta "T". Perciò tra i tre elementi che concorrono alla definizione di P, V, T, esiste una equazione $PV/T = \text{cost}$ che consente di derivare ognuna delle tre grandezze dagli altri due elementi.» (57)

56) MACH, *Die Analyse...*, op. cit., pag. 102.

57) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 133.

ed effetto. Mach sostituisce al concetto metafisico di relazione causale il principio meno impegnativo e più utile di funzione o dipendenza biunivoca tra fenomeni.

Data una certa proprietà si dice che questa è funzione di un'altra quando esiste una relazione tra le due, tale che ad ogni modificazione della seconda corrisponde una parallela modificazione della prima e viceversa: «Già da molto tempo ho cercato di sostituire il concetto di causa con il concetto matematico di funzione: dipendenza dei fenomeni l'uno dall'altro o più esattamente: dipendenza delle caratteristiche dei fenomeni l'una dall'altra.» (53)

«Nelle scienze altamente sviluppate l'uso dei concetti di causa ed effetto è sempre più limitato, sempre più raro... Appena è possibile caratterizzare gli elementi con grandezze misurabili la dipendenza degli elementi si fa rappresentare meglio dal concetto di funzione.» (54)

Molti fenomeni possono essere meglio compresi alla luce della dipendenza funzionale che dalla unidirezionalità del rapporto causale: «Se ad esempio due sole masse gravitanti si fronteggiano, o due soli corpi conduttori di calore si toccano, la variazione di velocità dell'una è 'causa' di quella dell'altra e viceversa, la variazione di temperatura dell'uno causa quella dell'altra e viceversa.

«Se un corpo caldo A attraverso altri corpi B, C... trasmette calore ad un altro corpo N, non è più solo la variazione di stato di A ad essere determinante per la variazione di N, ma vi cooperano tutti i corpi intermedi e la loro disposizione. A questo punto nemmeno la variazione di stato di X può valere da sola come determinante per la variazione di A. E cessato il rapporto di reversibilità.» (55)

53) *Ibidem*, pag. 101.

54) MACH, *Erkenntnis...*, *op. cit.*, pag. 272.

55) *Ibidem*, pag. 272.

Il disagio intellettuale esprime la natura particolare del bisogno così come viene inteso dalla scienza. Esso sorge nel momento in cui le rappresentazioni mentali integrative dei fatti entrano in contraddizione tra di loro: «Ogni impresa che offra prospettive in parte favorevoli e in parte sfavorevoli, ci pone, con le idee contrapposte che suscita in uno stato di tensione più o meno penosa che scompare solo quando abbiamo riconosciuti vani, non fondati sulle circostanze le nostre aspettative. Allora sentiamo una piacevole liberazione dalla tensione che contrasta con lo stato precedente.» (24)

Lo sforzo della scienza "implica la chiarificazione logica del pensiero" (25). Che la scienza abbia origine da esigenze di ordine pratico, basate su scopi adattivi, favorisce in Mach, la concezione che predica l'applicabilità dei principi di economia anche allo studio della struttura e della metodologia scientifica. La scienza produce un ordinamento economico dei fatti e dei processi naturali. «Quando per la prima volta consideriamo un gruppo di fatti esso ci appare multiforme, disuguale, intricato e pieno di contraddizioni... a poco a poco troviamo gli elementi semplici e costanti del mosaico, che ci permettono di comprendere nel nostro intelletto l'intero complesso di fatti...» (26) «... l'intento di acquistare con il minimo sforzo una visione generale delle cose e di riprodurre con un processo cogitativo tutti i fatti, può ben dirsi un intento economico.» (27)

La scienza d'altronde evita anche l'aggravio della memoria derivante da un suo appesantimento causato dalla molteplicità di principi, di immagini concettuali staccate o anche contraddittorie tra loro: «L'adattamento delle idee tra loro non si esaurisce nell'appianare contraddizioni. Ogni dispersione

24) *Ibidem*, pag. 163.

25) *Ibidem*, pag. 6.

26) MACH, *Popular...*, *op. cit.*, pag. 149.

27) *Ibidem*, pag. 150.

dell'attenzione, ogni gravame eccessivo della memoria viene sentito come spiacevole anche se non ci sono più contraddizioni.» (28)

Lo scopo della scienza è quindi quello di risparmiare, attraverso l'astrattizzazione concettuale, le esperienze in modo da permettere un migliore adattamento all'ambiente stesso: «Tutta la scienza ha lo scopo di sostituire ossia di economizzare esperienze mediante la riproduzione e l'anticipazione di fatti nel pensiero. Queste riproduzioni sono più maneggevoli dell'esperienza diretta e la sostituiscono.» (29)

«L'analisi più precisa del fenomeno mostra subito che la cosiddetta causa non è che un elemento complementare di un intero complesso di circostanze che determinano il cosiddetto effetto. Perciò secondo che si tenga conto e si sottolinei questo o quell'elemento costitutivo del complesso, l'elemento complementare sarà diverso...» (48) «Le connessioni in natura sono raramente così semplici che si possa indicare una causa ed un effetto.» (49)

È proprio la complessità della realtà naturale a rendere inadeguato il concetto di causalità. Di fatto ogni aspetto ed ogni evento fenomenico esiste in una rete complessa e molteplice di interazioni con altri aspetti ed eventi. «Se si considerano con esattezza ed in dettaglio i processi fisici, appare che tutte le dipendenze immediate si possono riguardare come per i concetti comuni di causa ed effetto vale l'esatto opposto, appunto perché essi trovano applicazioni in casi non completamente analizzati di dipendenza variamente mediata. L'effetto "segue" la causa e il rapporto "non è reversibile".» (50)

«Tutti i rapporti di dipendenza riconosciuti in modo esatto e chiaro possono essere considerati "relazioni simultanee reciproche"» (51)

Possiamo affermare con Mach, e ne vedremo la prova nell'analisi che egli fa dei concetti della meccanica, che «La dipendenza di fatto di tutti gli elementi dalla posizione di un corpo celeste ci garantisce la connessione dell'universo tutto.» (52)

È proprio questa interdipendenza del tutto con il tutto a far perdere di consistenza il rapporto unidirezionale di causa

28) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 173.

29) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 470.

48) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 271.

49) MACH, *Die Analyse...*, op. cit., pag. 101.

50) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 273.

51) MACH, *Die Analyse...*, op. cit., pp. 102-103.

52) *Ibidem*, pag. 102.

causa. L'analisi causale parte da un presupposto: date le stesse circostanze, *conformemente alla teoria*, si hanno gli stessi effetti. In parole povere attraverso lo sviluppo di una ipotesi di universalità isotropa e temporale della legge di natura, il principio di causalità afferma che se in ogni luogo ed in ogni tempo si ripetono le stesse circostanze queste determineranno il medesimo effetto.

Ma solo il processo astrattivo compiuto sull'effettivo complesso di esperienze permette di selezionare alcuni aspetti della realtà in studio, trascurandone però degli altri: «Se noi volessimo attribuire alla natura la facoltà di riprodurre ad uguali circostanze uguali risultati, queste circostanze non le sapremo trovare. La natura non si ripete. Soltanto la nostra imitazione schematica produce casi uguali; ad una e soltanto in questa imitazione esiste la reciproca indipendenza di certi caratteri.» (46)

E ancora: «Quando parliamo di causa ed effetto, noi mettiamo arbitrariamente in evidenza quegli aspetti, sul cui rapporto poniamo attenzione in vista di un risultato per noi importante. Ma nella natura non vi è né causa né effetto. La natura è qui e ora. La ripetizione di casi uguali in cui A è sempre legato a E, cioè il ripresentarsi identico degli effetti sotto le medesime circostanze esiste solo nella astrazione che compiamo per riprodurre i fatti.» (47)

Il principio di causa ed effetto ha quindi valore solo come una affermazione inesatta. Di solito infatti si definisce "causa" l'elemento posto in relazione spazio-temporale con un altro insieme di elementi. Quando viene a modificarsi l'attenzione selettiva e si scelgono diversi contesti di relazione la "causa" sarà completamente diversa.

46) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 155.

47) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 472.

La scienza organizza in strutture coerenti di pensiero l'insieme delle esperienze, allo scopo di poterle trasmettere e di poter quindi raggiungere un migliore grado di dominio su questi settori fenomenici.

Questa è la conclusione a cui Mach arriva attraverso la visione biologica ed evolutiva del pensiero umano. Anche gli strumenti di cui si serve la conoscenza scientifica rispondono a queste esigenze economiche ed adattive.

Lo sviluppo di un linguaggio simbolico estremamente astratto e privo di ambiguità semantiche e sintattiche costituisce un fattore di sviluppo della conoscenza scientifica. La possibilità di trasmettere le proprie esperienze utilizzando il linguaggio matematico ha fatto sì che le scienze fisiche potessero svilupparsi in maniera notevolmente superiore agli altri campi. Questo perché la matematica è anch'essa uno strumento per economizzare parole ed operazioni: «La matematica può essere definita una economia del contare. I numeri sono indici di un ordinamento raggruppati per ragioni di chiarezza e concisione...» (30) «... la potenza della matematica si fonda appunto sull'evitare tutti i pensieri non necessari, sul massimo risparmio di operazioni cognitive.» (31)

Attraverso la simbologia matematica è possibile memorizzare una serie enorme di nozioni senza sovraccaricare la memoria. Ogni elemento della struttura organizzata del sapere

30) *Ibidem*, pag. 474.

31) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 150.

scientifico è visto da Mach alla luce del principio economico del minimo sforzo con il massimo guadagno.

La legge scientifica ha il compito di risparmiare l'accertamento ogni volta delle caratteristiche dei singoli fenomeni: «L'insegnamento scientifico contiene sempre una descrizione fatta dal nostro pensiero di una esperienza che si vuole sostituire, ossia risparmiare... nasce così la descrizione sintetica; tale è appunto la legge fisica... Questa è come una tabella che mediante la formula matematica si può compilare senza un sovraccarico di memoria.» (32) E questo perché i fatti di una stessa specie sono tali e tanti da rendere impossibile una loro memorizzazione separata.

La scienza ricorre quindi a schemi e ad espressioni simboliche che descrivono le proprietà rilevanti dei settori fenomenici in studio: «Le scienze che hanno raggiunto un più alto livello di sviluppo sono in grado di contenere in un'unica espressione la regola per la riproduzione di un gran numero di fatti. Per esempio, invece di osservare uno a uno i diversi casi di rifrazione della luce, possiamo riprodurli e prevederli tutti insieme, quando sappiamo che il raggio incidente, il raggio rifratto e la retta perpendicolare giacciono sullo stesso piano e che $\sin A/\sin B = n$. Non dobbiamo tenere a mente gli innumerevoli fenomeni di rifrazione... ma soltanto la regola ed il valore empirico di n.» (33)

In queste affermazioni è insito un aspetto fondamentale della epistemologia di Mach. L'insieme dei fenomeni e dei settori di esperienza costituisce un coacervo molteplice, partecipare e contingente di caratteristiche e proprietà; l'uomo attraverso la guida delle sue idee e dei suoi interessi seleziona da questo magma quelle proprietà e quelle relazioni che conside-

32) Ibidem, pag. 148.

33) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 474.

connesso con il principio metafisico assiomaticizzato da Leibniz nel cosiddetto principio di ragion sufficiente. Ogni evento ha una ragione o una causa per cui avviene così e non altrimenti. «Ogni mutamento in natura — afferma Helmholtz — le cause sconosciute dai loro effetti visibili... La meta finale della scienza della natura è, dunque, di trovare le cause ultime immutabili dei processi di natura.» (44)

Questo tipo di interpretazione è senz'altro connesso alla concezione epistemologica che tende a vedere nelle teorie scientifiche una "spiegazione" dei fenomeni naturali. Con il termine spiegazione designiamo, come fa Duhem in *La teoria fisica*, etimologicamente (latino: *explicare*) lo spogliare la realtà dalle apparenze fenomeniche che la avvolgono come un velo.

Secondo questa concezione «l'osservazione dei fenomeni naturali non ci fa entrare in rapporto con la realtà nascosta sotto le apparenze sensibili. Spogliando i veli delle apparenze sensibili, la teoria cercherà ciò che si trova realmente nei corpi.» (45)

Uno degli aspetti della causalità così come risulta dalla definizione di Helmholtz è proprio la postulazione dogmatica (perché non dimostrabile) e quindi metafisica di un dualismo che vede contrapposti realtà e apparenza sensibile, semplice epifenomeno della prima.

L'epistemologia machiana taglia alle radici una simile prospettiva dimostrando non solo l'inopportunità ma anche l'impossibilità di conservare all'interno della scienza il concetto di

44) HELMHOLTZ VON HERMANN, *Ueber die Erhaltung der Kraft. Eine Physikalische Abhandlung*, Berlin 1877 (trad. it. di Vincenzo Capelletti, *Sulla conservazione della forza*, Torino, UTET, 1967, pp. 820), pag. 50.

45) DUTHEM PIERRE, *La Théorie physique: son objet et sa structure*, Paris, Revire, 1914 (trad. it. a cura di Petruccioli Sandro, *La teoria fisica*, Bologna, Mulino, 1978, pp. 373), pag. 9.

pesi ma anche le distanze sono circostanze determinanti della rottura dell'equilibrio e quindi del movimento dei bracci.» (42)

La tendenza ad economizzare è ciò che permette alla scienza di evolversi e ottenere rappresentazioni sempre più generali, complete e semplici dei fenomeni naturali: «Appena il nostro intelletto ha compreso la propagazione della luce in linea retta, esso incontra sul suo cammino un ostacolo nel fatto della rifrazione e della diffrazione. Appena noi crediamo di aver superato l'ostacolo conoscendo un esponente della rifrazione, ci accorgiamo che per ogni colore c'è uno speciale esponente. Appena la nostra mente si avveza a comprendere che luce aggiunta a luce aumenta il chiarore, troviamo d'improvviso un caso nel quale avviene il contrario. Ma in ultimo, nella immensa varietà dei fenomeni luminosi riconosciamo il fatto universale della periodicità della luce... Questo intento, di acquistare col minimo sforzo una visione generale delle cose e di riprodurre con un processo cogitativo tutti i fatti, può ben dirsi un intento economico.» (43)

Il significato economico della legge scientifica, il suo carattere di ordinamento di fatti attraverso la selezione delle caratteristiche rilevanti degli stessi, permette di comprendere alcuni dei più importanti risultati della epistemologia machiana.

Un punto fondamentale è rappresentato dalla critica del concetto di casualità. Ciò che ha sempre motivato la ricerca scientifica nelle sue diverse specializzazioni e metodi di approccio al reale è stata la ricerca di una spiegazione del presentarsi di determinati eventi naturali.

Il concetto filosofico di casualità così come era utilizzato e si era presentato nella epistemologia è stato inestricabilmente

42) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 44.

43) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 150.

ra rilevanti in rapporto ai suoi fini. La scienza cioè ha a che fare non con i fatti nella loro concretezza ma con l'immagine astratta ed idealizzata degli stessi.

L'uomo ha di fronte un numero enorme di fatti concreti, ognuno dei quali è reso più complesso da una molteplicità inesaurevole di dettagli diversi gli uni dagli altri. La memoria non potrebbe abbracciare e conservare la totalità delle esperienze che corrispondono a quei fatti e tanto meno si potrebbero comunicare ad altri tali conoscenze.

Parlando della legge della rifrazione come schema succinto che riproduce in una descrizione sintetica le proprietà fondamentali dei fenomeni luminosi, Mach afferma: «Nessuna memoria potrebbe ritenere tutti i diversi casi di rifrazione... Il vantaggio (della legge) consiste nell'alleviamento della memoria.» (34) La possibilità di formulare leggi descrittive di ampi settori di esperienza dipende dalla capacità logica di astrazione.

Il processo astrattivo fa cadere tutto ciò che di particolare, di individuale, vi è nei fatti. Dall'insieme di questi viene estratto solo quanto c'è di comune, di generale, per sostituire all'ingombrante ammasso dei fatti una proposizione che oltre ad occupare minimamente la memoria può essere trasmessa da individuo ad individuo, da generazione a generazione, facendo sì che le medesime esperienze possano essere acquisite senza dover ripetere l'iter generalizzante ed astrattivo: «Quando noi consideriamo per la prima volta un gruppo di fatti esso ci appare multiforme, disuguale, intricato e pieno di contraddizioni. Da principio non possiamo fermare la nostra attenzione se non sopra fatti singoli, senza metterli in correlazione tra loro. Ma a poco a poco noi troviamo gli elementi semplici e costanti del mosaico, che ci permettono di comprendere nel nostro in-

34) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 149.

telleto l'intero complesso di fatti.» (35)

La direzione lungo la quale può avvenire di volta in volta il processo selettivo è storicamente indeterminato in quanto la molla della astrazione è l'interesse dello scienziato: «Non riproduciamo mai i fatti nella loro completezza, ma solo in quegli aspetti che sono *importanti per noi*, in vista di uno scopo nato direttamente o indirettamente da un bisogno pratico.» (36)

Questo interesse pratico che come abbiamo già visto è per Mach sia la causa che lo scopo del sapere, e quindi di quella forma elevata di conoscenza che è la scienza, dipende da fattori psicologici, sociali e, per la scienza, logici. «Il ruolo determinante dell'astrazione nella ricerca è di palmare evidenza. Non è possibile tenere conto di tutti i dettagli di un fenomeno, né avrebbe senso farlo. Noi teniamo conto delle circostanze che ci interessano, e di quelle che sembrano dipendere dalle prime. Il primo compito che si pone lo scienziato è dunque di *fare emergere* nel suo pensiero le circostanze reciprocamente dipendenti, separando tutto ciò da cui l'oggetto dell'indagine sembra indipendente come secondario o indifferente rispetto allo scopo.» (37)

È proprio il carattere selezionante della legge nel corso della storia della scienza, a determinare la modificazione delle concezioni scientifiche: «La legge non può contenere che la nozione sintetica e condensata di un fatto; anzi essa contiene sempre meno del fatto stesso, perché essa non ce ne riproduce se non gli aspetti principali astenendosi dalla enunciazione completa, sia di proposito, sia per necessità di cose.» (38)

Una legge scientifica cioè descrive sempre parzialmente,

35) Ibidem, pag. 149.

36) MACH, *Die Mechanik...*, op. cit., pag. 35.

37) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 135.

38) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 149.

per sua stessa natura. L'andamento dei fenomeni naturali ed è quindi sempre soggetta a subire delle modificazioni o a cadere in disuso quando fatti nuovi o altri aspetti prima non considerati importanti degli stessi divengono (alla luce di scoperte o di interessi e punti di vista modificatisi) rilevanti. «Osservazione e teoria non sono separabili in modo netto perché quasi tutte le osservazioni sono influenzate dalla teoria e la influenzano a sua volta.» (39)

La teoria è secondo Mach l'adattamento delle idee tra loro (40) Infatti egli afferma: «La fisica è l'esperienza ordinata economicamente. Grazie al suo ordinamento non soltanto si può rendere conto di ciò che si è acquistato, ma anche le lacune e le parti che aspettano di essere completate ci appaiono chiaramente come in una buona amministrazione.» (41)

A volte il processo astrattivo avviene in modo inconscio ed inconsapevole. Almeno agli inizi della ricerca scientifica l'uomo si è mosso guidato più da impulsi che da un sentimento cosciente e riflesso di ordinamento delle conoscenze.

Facendo riferimento al problema statico dell'equilibrio sembrerebbe — afferma Mach — che Archimede abbia costruito il sistema razionale della statica facendo ricorso alla sola logica corroborata dalle esperienze, invece i presupposti di partenza sono inconsci e suppongono un deposito di conoscenze pratiche enormi: «... Si dimenticherebbe allora che già nella supposizione da cui si è partiti è compendiata una quantità di esperienze inconscie ed istintive, sia positive che negative. Negative sono per esempio che il colore dei bracci, la posizione dello spettatore, un fenomeno che accada nelle vicinanze del sistema, non hanno alcuna influenza; positive invece che non solo i

39) MACH, *Erkenntnis...*, op. cit., pag. 161.

40) Ibidem, pag. 161: «Indichiamo con il termine teoria l'adattamento delle idee tra loro.»

41) MACH, *Popular...*, op. cit., pag. 152.