

Albert Einstein ha fornito uno degli avanzamenti scientifici più rilevanti di tutti i tempi, con la scoperta della Teoria della Relatività. Concetti fondamentali della fisica e di un'intera tradizione culturale ne sono emersi profondamente mutati. Com'è stato possibile? Qual è l'impatto di questa scoperta rivoluzionaria sul metodo scientifico e, più in generale, sulla concezione di come la nostra mente si costruisce interiormente concetti astratti, teorie e modelli del mondo, che a volte si dimostrano davvero affidabili, ed altre volte clamorosamente superati? Quali sono i rapporti fra scienza e tradizioni culturali? Il presente studio si sviluppa attorno a questi temi, muovendosi fra epistemologia, psicologia del pensiero e sociologia della conoscenza, per tracciare la "anatomia" di una scoperta scientifica divenuta paradigmatica. La convinzione che ne sta alla base è duplice. Se vogliamo mettere a fuoco dinamiche e fondamenti metodologici della scienza, ci è indispensabile investigare le profondità concettuali delle teorie scientifiche, i processi cognitivi con i quali le produciamo e le culture dalle quali le vediamo emergere. Se, d'altra parte, vogliamo capire in generale come funziona la mente umana, è della massima utilità capire meglio proprio quella produzione specifica di cultura che denominiamo ricerca scientifica.

Andrea Cerroni, laureato in fisica, è docente di Filosofia della Scienza all'Università Commerciale "Luigi Bocconi" di Milano e segretario del LaSCoMES, Laboratorio interuniversitario di Scienze Cognitive, Metodologiche ed Economico-Sociali stabilito dall'Università degli Studi di Milano Bicocca, l'Università Commerciale "Luigi Bocconi" e la Fondazione Rosselli di Torino. È autore di pubblicazioni scientifiche sugli aspetti metodologici, cognitivi e sociali della ricerca scientifica.

ISBN 88-7090-418-0



9 788870 904185

Lire 35.000

€ 18.10

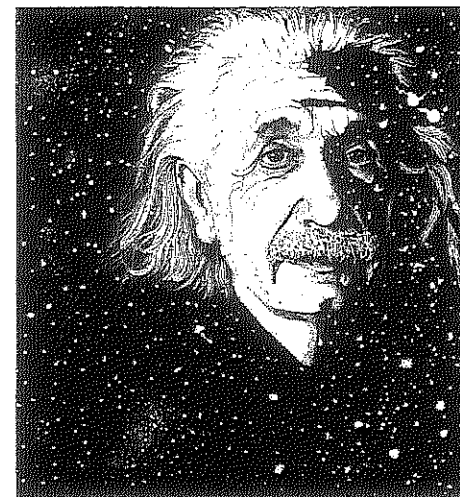
ANDREA CERRONI

CATEGORIE E RELATIVITÀ Metodo, cognizione e cultura nella scoperta di Albert Einstein

ANDREA CERRONI

CATEGORIE E RELATIVITÀ

Metodo, cognizione e cultura nella scoperta di
Albert Einstein



Ed. Unicopli  CUESP

ANDREA CERRONI

CATEGORIE E RELATIVITÀ

**Metodo, cognizione, e cultura nella scoperta
di Albert Einstein**

Ed. Unicopli Cuesp
Milano 1999

a Luisa

Illustrazione di copertina di Lee Bruell

©copyright dell'autore
pubblicato a cura della Libreria universitaria CUESP
via Conservatorio 7, 20122 Milano

Questo libro ha ricevuto il "*Premio Opera Prima*" del Dipartimento di
Sociologia dell'Università degli Studi di Milano

È vietata la riproduzione, totale o parziale, con qualsiasi mezzo effettuata,
compresa la fotocopia, anche ad uso interno e didattico, non autorizzata.

maggio 1999

Cooperativa Universitaria Editrice Scienze Politiche, srl
Sede legale: via Conservatorio 7, 20122 Milano
Sede amministrativa: via della Signora 2, 20122 Milano

Se l'uomo non fosse un essere prevalentemente psicologico ma solo logico, l'astrazione che conduce alla legge d'inerzia avrebbe avuto luogo in modo molto più semplice [...] La storia, ed anche le discussioni odierne, mostrano in modo assolutamente pleonastico che il pensiero non si muove da solo su vie così piane e senza asperità; casi svariati, difficoltà d'ogni tipo in mezzo all'incrociarsi e al contraddirsi delle convinzioni, debbono sollecitare a forza l'astrazione e costringerla.

Ernst Mach [1905]

Questa teoria [della relatività], è chiaro, comporta una profonda trasformazione, tanto nella nostra comprensione della natura, quanto nella nostra concezione di quella comprensione medesima, cioè nella nostra concezione di che cosa è una comprensione scientifica della natura. [...] La morale che vorrei trarre è questa: non si può sperare di comprendere adeguatamente tanto lo sviluppo della teoria della relatività, quanto il positivismo del ventesimo secolo, senza un dettagliato resoconto della loro reciproca interazione. In particolare, non possiamo sperare di progredire oltre i positivisti se ignoriamo le radici delle loro dottrine nella pratica scientifica del loro tempo. L'intimo coinvolgimento del positivismo logico nella fisica del ventesimo secolo è una delle sorgenti principali della sua considerevole forza e vitalità. Ogni filosofia della scienza alternativa deve venire a patti con questa fisica in modo altrettanto vitale.

Michael Friedman [1983]

Ogni passo cruciale della scienza ha costituito una lezione di logica.

Charles S. Peirce [1877]

INDICE

INTRODUZIONE	9
--------------	---

PARTE PRIMA Dai concetti ai processi cognitivi

1. VERSO UN'EPISTEMOLOGIA CON SOGGETTO CONOSCENTE	18
1.1 POPPER E IL MONDO DELLA SCIENZA	19
1.1.1 Individuale e collettivo	25
1.1.2 Storico e astorico	27
1.1.3 Razionale e irrazionale	29
1.2 LA SCIENZA FRA SOGGETTIVO ED OGGETTIVO	34
1.2.1 Distinzione prodotto-processo conoscitivo	34
1.2.2 Oggettività del prodotto	37
1.2.3 L'oggettivo spiega il soggettivo	39
1.2.4 Ulteriori tesi di appoggio	41
1.3 EMERSIONE DEL SOGGETTO CONOSCENTE	43
2. LE CATEGORIE SCIENTIFICHE NELLA PSICOLOGIA DEL PENSIERO	51
2.1 USI E FINALITÀ DELLA CATEGORIZZAZIONE	52
2.2 IL MODELLO CLASSICO DELLA CATEGORIZZAZIONE	59
2.3 ALCUNE DIFFICOLTÀ NEL CONFRONTO SPERIMENTALE	67
2.4 I LIMITI DEL MODELLO CLASSICO	71
3. I PROCESSI COGNITIVI DELLA CATEGORIZZAZIONE	78
3.1 È POSSIBILE CATEGORIZZARE SENZA DEFINIRE?	80
3.2 PROTOTIPI E SIMILARITÀ	86
3.2.1 La tipicità intra-categoriale	86
3.2.2 Il primato tassonomico della categoria di base	88
3.3 DAI CONCETTI AI PROCESSI: COGNIZIONE E CULTURA	90
3.3.1 Definizioni e processi identificativi	91
3.3.2 Il ruolo delle teorie esplicative	93
3.3.3 Conclusione	98

PARTE SECONDA Anatomia di una scoperta scientifica

4. LA GESTAZIONE DI UN PROBLEMA SCIENTIFICO-METODOLOGICO: LA QUESTIONE DELLA RELATIVITÀ	102
4.1 ARISTOTELE. CONCETTO DI RELATIVITÀ E RELATIVITÀ DEI CONCETTI	103
4.1.1 Il concetto della scienza	106
4.1.2 Messa a fuoco sul concetto germinale di specie	112
4.1.3 Relatività in Aristotele	121
4.1.3.1 Relatività in senso oggettivo	121
4.1.3.2 Relatività in senso soggettivo	127
4.1.4 Conclusione	131
4.2 KANT. LA RELATIVITÀ TRASCENDENTALE	134
4.2.1 Il lungo periodo preparatorio	136
4.2.2 La scoperta della relatività trascendentale	139
4.2.3 Il vicolo cieco	142
4.2.4 Naturalizzare il soggetto conoscente	147
5. I PROCESSI COGNITIVI DELLA TEORIA DELLA RELATIVITÀ: LE EURISTICHE DI EINSTEIN	152
5.1 LE DUE TAPPE DELLA RICERCA EINSTEINIANA	153
5.1.1 Teoria Speciale della Relatività	154
5.1.2 Teoria Generale della Relatività	155
5.1.3 Gli obiettivi del programma einsteiniano	159
5.2 EURISTICHE ASTRATTIVE	160
5.2.1 Ragionamento analogico	161
5.2.2 Ragionamento per immagini	165
5.2.3 Esperimento mentale	167
5.2.4 Analisi di un caso limite	171
5.3 EURISTICHE ORIENTATIVE	172
5.3.1 Perfezione interna	175
5.3.2 Spiegare-o-assumere	178
5.3.3 Corrispondenza esplicativa	180
5.3.4 Covarianza/invarianza (relatività metodologica)	185

6. LA CULTURA NELLA SCOPERTA EINSTEINIANA: LO SCENARIO DI UNA "RIVOLUZIONE"	193
6.1 RETROSCENA STORICO-DISCIPLINARE DELLA RELATIVITÀ IN FISICA	195
6.1.1 <i>Modulo geometrico o aristotelico-euclideo.</i>	195
6.1.2 <i>Modulo dinamico o galileo-newtoniano.</i>	197
6.2 MILIEU CULTURALE	200
6.2.1 <i>La critica degli assoluti hegeliani in Feuerbach e Marx</i>	202
6.2.2 <i>Il prospettivismo di Nietzsche</i>	205
6.2.3 <i>La visione relativistica di Simmel</i>	207
6.2.4 <i>La generazione di Einstein</i>	208
6.3 LE RISORSE CULTURALI DELLA FORMAZIONE DI EINSTEIN	211
6.3.1 <i>Profilo biografico degli anni giovanili</i>	211
6.3.2 <i>La contro-comunità svizzera</i>	214
6.3.3 <i>La cultura ebraica</i>	216
6.4 FONTI SCIENTIFICHE DIRETTE	220
6.5 CONCLUSIONE ED ULTERIORI SVILUPPI	224
 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	 228

Introduzione

Questo libro si colloca idealmente all'intersezione di tre discipline tradizionalmente alquanto separate tra loro: filosofia della scienza, psicologia della scoperta e sociologia della conoscenza scientifica.

Nel condurre la ricerca di cui qui riporto i primi risultati, mi sono ripromesso due obiettivi. Il primo è stato quello di cercare, con un'indagine di psicologia cognitiva e di sociologia e storia della scienza, un abbozzo di spiegazione per la scoperta della Teoria della Relatività di Einstein. Il secondo obiettivo, invece, è stato quello di evidenziare il contributo chiarificatore che può venire, da un cambiamento concettuale della portata di quello prodotto da Einstein, a questioni fondamentali di epistemologia e, secondariamente, di psicologia cognitiva, relativamente alla formazione dei concetti scientifici e delle associate teorie.

Si tratta, evidentemente, di due obiettivi fortemente interconnessi, che suggeriscono due letture diverse di questo studio. Essi, comunque, tenderanno a sovrapporsi ogni volta che si cercherà di trarre, dalla spiegazione di un *problem solving* scientifico di successo, qualche indicazione sulla metodologia della scienza, o di interpretare il messaggio della Teoria della Relatività come una lezione di metodo per la costruzione di concetti e teorie affidabili.

Cammin facendo, sono stato spinto ad approfondire la conoscenza dei fermenti presenti nello scenario socioculturale in cui Einstein si è formato ed è giunto alla maturità di ricercatore. Quest'indagine sociologica ha poco più che dischiuso questo argomento tanto vasto e relativamente nuovo. Mi sembra, però, che se ne possa già ricavare una migliore comprensione della scoperta della Relatività, avendo potuto accertare la disponibilità di risorse cognitive critiche per questa "rivoluzione intellettuale".

D'altra parte, anche le potenzialità epistemologiche insite nella scoperta einsteiniana, da tempo riconosciute dalla critica filosofica, non sembrano però essere state finora sufficientemente esplorate. Non soltanto non vi è pieno consenso sul risultato effettivamente raggiunto da Einstein, ma non è neppure univoca l'interpretazione fisica dei suoi principi cardine (*principio di relatività, principio di covarianza generale, principio di equivalenza*) [ad es. Norton 1993]. Se il *principio di relatività*, in prima approssimazione il distillato concettuale della teoria, ha davvero assolto il ruolo di *pietra angolare nella costruzione di una fisica teorica a partire dall'esperienza*

[Tonnelat 1971], una tale mancanza costituisce evidentemente un deficit epistemologico di una certa gravità.

Una triangolazione che utilizzi più discipline tradizionali, quali la filosofia della scienza, la sociologia della scienza e la più recente psicologia cognitiva, può essere non soltanto opportuna, ma davvero decisiva per gettare nuova luce su questa tappa rilevante nella storia della scienza e per apprendere da essa attorno a questioni fondamentali di metodo. Questioni epistemologiche, processi cognitivi della creatività scientifica, tradizioni e processi culturali, di conseguenza, saranno al fuoco della nostra attenzione.

Poiché, però, l'applicazione delle scienze cognitive alla scienza ha storia ancora breve e statuto epistemologico tuttora da precisare, ho ritenuto opportuno dedicare la **Parte Prima** del libro ad alcune questioni metodologiche che riguardano quest'approccio e ad alcuni risultati sulla teoria del concetto, che saranno utili nel seguito.

Nel **primo capitolo**, in un confronto critico con la Teoria dei Tre Mondi di Karl Popper, si tratterà una linea di rotta per un'indagine scientifica nel contesto della scoperta, che lo riscatti da quell'imperscrutabile aura d'irrazionalità *ex-nihilo* in cui è stata avvolto dal senso comune e da tanta parte della filosofia della scienza. Di qui partiremo, quindi, per indagare la formazione dei concetti "ingenui" traendo, ogni volta possibile, delle indicazioni sui concetti scientifici: indagheremo perciò su questioni quali la struttura che possiamo pensare essi abbiano, come sorgano nella nostra mente e come possano mutare.

Nel **secondo capitolo** si analizzerà il cosiddetto *modello classico*, o definitorio, della categoria ed i limiti che si sono venuti palesando ai ricercatori sperimentali nel campo della "conoscenza ingenua", vale a dire al di fuori del terreno propriamente scientifico. La staticità e rigidità di questa concezione, una volta estesa ai concetti scientifici, ci spingerebbero verso un'*incommensurabilità* davvero insuperabile, che non è in grado di dare ben conto dello sviluppo storico reale delle scienze. E saremo quindi portati ad accogliere alcune proposte sollevate dalla critica cognitivista.

Nel **terzo capitolo** si affronteranno alcuni modelli alternativi recentemente avanzati, tutti accomunati da un'attenzione crescente al ruolo delle teorie, più o meno "ingenui", che ai concetti sembrano fornire gran parte del loro significato. Scopriremo, così, una dimensione particolarmente interessante per i concetti scientifici, poiché saremo condotti a circoscrivere ed investigare quel vasto contesto costituito da problemi disciplinari e metodologici e da tradizioni culturali, all'interno del quale lo scienziato conduce il suo pensiero creativo.

Lungo questa prima parte del percorso, conseguentemente, non soltanto ci si allontanerà dalla *statement view* (fondata sulla logica dei predicati ed una formalizzazione assiomatica), andando verso una *model-theoretic view* (fondata su modelli astratti o tipi idealizzati), come già avvenuto nella recente filosofia della scienza. Ma si rivolgerà progressivamente l'attenzione dai *prodotti*, quali termini-concetti e modelli, verso i *processi* attivati dallo scienziato nella formazione di quei prodotti del suo ragionamento. Solo così, mi sembra, si potrà cercare di illuminare ciò che, per dirla con Suppe [1972], era stato davvero oscurato, più d'ogni altra cosa, dalla precedente "visione ricevuta" sulle teorie scientifiche. Si tratterà di compiere, insomma, una traslazione *da una metodologia dei prodotti ad una metodologia dei processi* [Nickles in Nersessian 1992]. Partirà di qui la nostra ricerca sui processi cognitivi elementari ed i metodi d'indagine caratteristici della scoperta di Albert Einstein, ed in particolare sulle euristiche utilizzate in certe tappe chiave del suo lungo ragionamento.

Il bilancio della Parte Prima può così essere riassunto nell'esigenza di superare una doppia linea di tendenza, che molto spesso è data per scontata negli studi epistemologici. Innanzi tutto, nel *contesto della giustificazione* l'affermazione della *theory ladenness* comporta, di solito, una qualche forma di "relativismo" al fondo dei concetti scientifici [p.es. Popper 1934sgg, par.30]. D'altra parte, nel *contesto della scoperta*, ci si arrende costantemente di fronte alla presunta irrazionalità dell'*insight* [p.es. Popper 1934sgg, par.2]. I due fenomeni mi sembrano essere l'uno il riflesso dell'altro, entrambi causati da una ancora insufficiente conoscenza dei processi reali attraverso i quali costruiamo la scienza.

Al contrario forse dell'apparenza, proprio un'indagine psicologica della scoperta scientifica ci si mostrerà una via possibile per esorcizzare due ipostasi dell'epistemologia. Da un lato, il "relativismo assoluto" dell'*escamotage* convenzionalistico, per il quale, non riuscendo a risolvere con approcci tradizionali i problemi generati dall'inserimento del soggetto entro una teoria della scienza, si è tentati di eluderli. E, dall'altro, la concezione "romantica" d'una mente "assoluta", vale a dire priva d'ogni tessuto naturalistico (biologico-evoluzionistico, cognitivo, socioculturale), che allontana in misura incolmabile i suoi prodotti dai suoi processi e rende impossibile un approccio empirico alla conoscenza del soggetto. Otterremo dei suggerimenti promettenti andando ad indagare proprio quella scoperta scientifica che ha storicamente risolto forme paradigmatiche e persistenti, tanto di "relativismo" quanto di "assolutismo", in una teoria scientifica della relatività.

Se può essere condivisibile l'obiezione che il dettaglio richiesto da una completa naturalizzazione dell'epistemologia, a rigore, possa risultare eccessivo per le nostre capacità e, forse, persino per gli stessi obiettivi epistemologici, può essere però possibile individuare un livello di compromesso soddisfacente. Ritengo che le euristiche che incontreremo tra breve possano disegnarne un'accettabile intelaiatura.

Nella **Parte Seconda** verremo, finalmente, alla categoria di relatività. Esamineremo i retroterra metodologici di una ricerca che corre lungo tutta la storia della filosofia e della scienza, i processi cognitivi (presumibilmente) attivati da Einstein per costruire una soluzione temporaneamente soddisfacente, e le fonti culturali alle quali egli può realisticamente aver ancorato il suo stile di pensiero. Cercheremo, insomma, di muovere qualche passo verso una migliore comprensione di questa categoria della scienza contemporanea, e di schiudere la scatola nera in cui si agitano le dinamiche sottostanti il livello dei concetti astratti e delle teorie scientifiche.

Nel **quarto capitolo** seguiremo, per prime, le orme epistemologiche della relatività. Si evidenzieranno le problematiche conoscitive di un programma di ricerca che ha in Aristotele il primo sistematore e in Kant colui che ha tentato una strada senza successo, ma retrospettivamente illuminante sul rilievo epistemologico della relatività. Troveremo, insomma, una continuità problematica assai forte fra queste diverse indagini sullo statuto dei concetti, in particolare sulla categoria di relatività, e la scoperta di Einstein. Complessivamente, emergerà con maggiore chiarezza l'opportunità di approfondire la conoscenza dei processi cognitivi con i quali costruiamo i nostri concetti scientifici ed altri prodotti intellettuali.

Nel **quinto capitolo** seguiremo, quindi, le orme cognitive che, stando a quanto emerge dal materiale pubblicato, ci suggeriscono il percorso intellettuale di Albert Einstein verso la formulazione ancor oggi più accreditata della categoria di relatività in fisica. Emergeranno con particolare evidenza le euristiche che scandiscono le tappe della sua scoperta e ne qualificano gran parte del contenuto metodologico.

Infine, nel **sesto capitolo**, affronteremo le possibili fonti culturali per la definizione di queste euristiche. Il contesto socio-culturale, nel quale quella scoperta ha trovato alimento e sostegno lungo tutto il suo percorso (oltre che ostacoli superati, a volte, a caro prezzo), verrà da Einstein originalmente utilizzato, è questa l'ipotesi che avvanzerò, per costruire uno stile di pensiero particolarmente efficace. L'avvio di una ricostruzione sociologica della sua intera vicenda intellettuale completerà il presente tentativo di spiegazione dei suoi risultati. Il rilievo che la figura di Einstein ha assunto nella fisica

teorica e nella cultura del Novecento, persino per la conoscenza comune, testimonia che la sua scoperta ha investito profondamente l'*universo simbolico* [Berger, Luckmann 1966] contemporaneo. Facendo emergere in piena luce un *tema* [Holton 1973] di ricerca che giaceva da lungo tempo seminascondito nella cultura occidentale e sviluppandolo verso estreme conseguenze in campo fisico, egli ha, infatti, mutato irreversibilmente il nostro patrimonio intellettuale e la nostra immagine della realtà.

Il bilancio della Parte Seconda, dunque, può essere il seguente. Una volta individuato lo spazio problemico prescelto, gli obiettivi e le strategie che Einstein si era prefisso, in relazione alle risorse cognitive disponibili, le sue scelte teoriche risultano molto ragionevoli. Forse, addirittura razionali, se soltanto si abbandonano canoni troppo astratti di Razionalità, per aprire invece all'investigazione empirica del ragionamento umano. Altrimenti, *con i soli strumenti della filosofia della scienza, tali scelte sarebbero classificate come irrazionali* [Viale 1997].

Il programma einsteiniano non risulta, a stretto rigore, *un nuovo programma di ricerca* e tantomeno un'ipotesi davvero *assurda e inverosimile* [cfr. Lakatos 1970], radicato com'è su antichi temi di carattere filosofico prima ancora che fisico. Esso è meglio descrivibile, invece, come il temporaneo approdo di un adattamento cognitivo che ha retto le sorti della scienza. Da Aristotele a Galilei e Newton, e fino al XX secolo, si è guadagnata una progressiva messa a punto di dispositivi euristici fondamentali per il nostro pensiero. Le euristiche qui individuate possono, forse, interpretare per l'epistemologia il ruolo chiave di *processi affidabili per la costituzione delle nostre credenze* [Papineau 1993].

Non sembra, dunque, condivisibile neppure l'affermazione secondo la quale *la teoria di Einstein può essere accettata soltanto se si riconosce che quella di Newton era sbagliata* [Kuhn 1962, 1970]. Proprio al contrario, esiste fra queste teorie successive un tessuto connettivo bidirezionale ed essenziale, tanto in sede di scoperta, quanto di giustificazione, come l'euristica della *corrispondenza esplicativa* evidenzierà.

Con l'euristica di *covarianza/invarianza*, inoltre, ci si mostrerà una via per superare il relativismo grazie al coinvolgimento del soggetto nelle sue stesse rappresentazioni concettuali, ed all'esplicitazione delle modalità empiriche dell'*embodiment* [Lakoff 1987] delle rappresentazioni *nel* soggetto. Se dalla soluzione del problema fisico specifico affrontato da Einstein vogliamo trarre qualche indicazione metodologica generale, sembra emergere un segnale chiaro. Va superata quella concezione della filosofia della scienza in cui *i singoli scienziati, visti come persone reali, sono assenti* [Giere 1988].

Se approfondiremo la nostra conoscenza della natura biologico-evoluzionistica e psicologica del soggetto e del contesto culturale in cui egli vive e ragiona, dovremmo riuscire nel doppio tentativo di superare lo spettro del relativismo *meta-fisico*, trasformandolo in una teoria empirica della relatività, e di abbandonare aspettative "assolutistiche", garantendoci comunque un'affidabile immagine della scienza come solido patrimonio evolutivo. Potremmo, allora, essere in grado di costruire un'epistemologia fondata sulle scienze di cui disponiamo oggi, e da esse, in certo qual modo, garantita.

Scriveva Reichenbach [1928]: *l'unica via per giungere ad una conoscenza oggettiva passa attraverso la consapevolezza cosciente del ruolo che la soggettività ha nei nostri metodi di ricerca*. Ora si tratterà di superare finalmente il livello di una generica presa di coscienza di tale *coinvolgimento* (Elias), e di edificare un'epistemologia fondata sulla congiungente ideale che va, dalle nostre attuali conoscenze sulla natura, tradizionale dominio delle *scienze naturali*, a quelle sulla nostra stessa attività di conoscere, tradizionale dominio delle *scienze umane*. Ci si mostrerà, in effetti, una *coevoluzione fra obiettivi e metodi della scienza* [Shapere in Nersessian 1987] che rafforzerà l'urgenza di superare i dualismi che ancora segnano rilevante parte della nostra cultura.

Superata una visione epistemologica "tutto-e-subito", che voglia chiarire d'un colpo e definitivamente le questioni più complesse sulle quali da lungo tempo ci s'interroga, si potrà utilmente sviluppare una *programmatica bootstrap view* [p.es. Nickles in Nersessian 1987; v. anche Glymour 1980]: apprendere dalla scienza, non soltanto sulla natura e sulla società che ci circondano, ma, una volta che essa venga *naturalizzata*, anche su *come realmente apprendiamo* [Shapere 1984].

Credo che si possa concordare nel definire questo tentativo come esso stesso scientifico, e dunque la conseguente revisione dell'epistemologia come uno studio scientifico della scienza: in questo senso, si potrebbe trattare di una *scienza della scienza* [Giere 1988]. Come vedremo, dopo la scoperta di Einstein, non comprendiamo meglio soltanto alcuni comportamenti dell'universo naturale. Ma siamo effettivamente in grado di muovere anche qualche passo nella conoscenza della natura di quel comportamento particolarmente evoluto che è la nostra stessa comprensione [v. Friedman 1983]. E, dunque, possiamo addentrarci ancora un poco nell'universo, non meno vasto e complesso, della cultura e della scienza. Al livello di dettaglio delle euristiche individuate, riusciamo effettivamente a migliorare il grado di *spiegazione* e di *comprensione* della scoperta einsteiniana e del suo impatto sul nostro *universo simbolico*.

La "classica" dicotomia fra *contesto della scoperta* e *contesto della giustificazione*, dunque, non va superata soltanto per ristabilire una dignità epistemologica per quelle ricerche psicologiche e sociologiche sulla scienza che, per altro, appaiono sempre più ineludibili per la comprensione della scienza, oltre ad essere ormai parte integrante del patrimonio scientifico consolidato. Questa dicotomia, ineccepibile solo ad una prima approssimazione del "problema scienza", si oppone ormai alla fondazione della stessa giustificazione delle teorie scientifiche. La scienza, infatti, non può essere più concepita come un *sistema chiuso* di cui ricercare una giustificazione logico-formale, se neppure la logica sembra più poterlo essere, dovendosi considerare essa stessa come un *sistema aperto* [Cellucci 1998]. Non ci rimane che cercare di spiegarla come prodotto specifico dell'evoluzione del nostro pensiero. Ecco perché, fatta questa precisazione, si può concordare con l'osservazione di Peirce [1877 in 1984]: *ogni passo cruciale della scienza ha costituito una lezione di logica*.

Ringraziamenti

Sono molte le persone alle quali devo rivolgere un sincero ringraziamento, alla conclusione di una ricerca iniziata sei anni fa. Innanzi tutto, Riccardo Viale e Paolo Legrenzi, che mi hanno incoraggiato e guidato nella lunga gestazione di questo libro, aiutandomi a definire l'intero percorso. Anche se, com'è ovvio, io sono il responsabile di tutte le opinioni, gli errori e le mancanze che vi compaiono, senza di loro questo libro non ci sarebbe.

Voglio anche ringraziare Nancy Nersessian, Dan Osherson ed Angelo M. Petroni per i preziosi suggerimenti che in più di un'occasione mi hanno voluto fornire, determinando delle svolte nel corso del mio lavoro. A Mauro Protti, che ha avuto sia la pazienza di leggere l'intero manoscritto in forme ancora incomprensibili, sia anche la cura di indicarmi indispensabili approfondimenti in campo sociologico, va un affettuoso grazie. Un pensiero riconoscente va anche ad Achille Tadeini, che tanti anni fa m'introdusse alla fisica, e a mio padre che, contemporaneamente, mi fece scoprire la filosofia.

Ringrazio, poi, tutti coloro che, con il conforto di una parola e, spesso, con il concreto contributo d'idee, mi hanno aiutato a superare le molte difficoltà che mi sono trovato dinanzi: Fabio Alessi, Monica Cerroni, Davide Diamantini, Ciro Frallicciardi, Andrea Ghigo, Laura Macchi, Giuseppe Mantovani, Rino Rumiati, Maurizio Tasseti e Milla Zotti.

Ringrazio, inoltre, gli studenti del Corso di Laurea DES dell'Università Commerciale "Luigi Bocconi", per gli stimoli che mi hanno fornito durante

le lezioni di Filosofia della Scienza e per le tante occasioni d'approfondimento che insieme abbiamo creato in questi anni, facendo così spesso sfumare le distinzioni tradizionali fra didattica e ricerca. Un ringraziamento particolare va a tutto il personale della biblioteca di questa medesima Università, ed in particolare alle signore Anna Vaglio e Maria Luisa Parazzini, che tanto hanno contribuito a migliorare le condizioni del mio lavoro, ed anche al Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano, per avermi accordato il permesso all'uso agevole della loro biblioteca.

Ringrazio, poi, espressamente il Dipartimento di Sociologia dell'Università degli Studi di Milano, per avermi concesso il *Premio Opera Prima* che ha reso possibile la pubblicazione di questo libro.

Prima di chiudere, non posso fare a meno di ringraziare di cuore i miei genitori che, ciascuno in modi diversi e che tanto mi sono cari, ho sempre potuto sentire vicinissimi. A mia moglie, per il tempo che le ho sottratto e i desideri comuni che abbiamo rinviato in questi anni, per le attenzioni che ha voluto porre alla mia ricerca, per i consigli e gli stimoli intellettuali che ha voluto elargirmi con amorevole generosità, non possono bastare i ringraziamenti. Il meno che io possa fare è dedicarle il mio primo libro.

Milano, Febbraio 1999

P A R T E P R I M A

Dai concetti ai processi cognitivi

1. Verso un'epistemologia con soggetto conoscente

La questione: come accada che a un uomo venga in mente un'idea nuova - un tema musicale, o un conflitto drammatico o una teoria scientifica - può rivestire un grande interesse per la psicologia empirica ma è irrilevante per l'analisi logica della conoscenza scientifica [...] Comunque, il mio modo di vedere la cosa - per quello che vale - è che non esista nessun metodo logico per avere nuove idee, e nessuna ricostruzione logica di questo processo. Il punto di vista si può esprimere dicendo che ogni scoperta contiene un "elemento irrazionale" o "un'intuizione creativa" nel senso di Bergson.

Karl Raimund Popper [1934sgg]

È evidente che tutte le scienze hanno una relazione più o meno grande con la natura umana, e anche quelle che sembrano più indipendenti, in un modo o nell'altro, vi si riallacciano. Perfino la matematica, la filosofia naturale e la religione naturale dipendono in certo qual modo dalla scienza dell'UOMO, poiché rientrano nella conoscenza degli uomini, i quali ne giudicano con le loro forze e facoltà mentali. È impossibile prevedere quali mutamenti e progressi noi potremmo fare in queste scienze se conoscessimo a fondo la portata e la forza dell'intelletto umano, e se potessimo spiegare la natura delle idee di cui ci serviamo e delle operazioni che compiamo nei nostri ragionamenti.

David Hume [1739]

Per chi voglia sostenere il valore epistemologico di un'indagine psicologica della conoscenza scientifica, è gioco forza confrontarsi con una lunga ed autorevole tradizione avversa, che ha trovato grande chiarezza e coerenza nel corso del Novecento con Rudolf Carnap e Karl Popper. Ci occuperemo in questo capitolo soltanto di quest'ultimo, ed in particolare la sua Teoria

dei Tre Mondi, poiché nel considerarne le ragioni, troveremo degli spunti utili per l'avvio della nostra investigazione.¹

1.1 Popper e il Mondo della scienza

In un saggio giustamente famoso, intitolato *Epistemologia senza soggetto conoscente*, poi compreso in *Conoscenza oggettiva* [Popper 1968], Popper compie una delle più radicali critiche della psicologia della scienza, aprendo, nel contempo, quella che è una delle più stimolanti e sistematiche panoramiche sulla cognizione, la scienza e la cultura, con la sua teorizzazione dei *Tre Mondi*. Analizzeremo passo passo questo saggio nel presente capitolo, ricorrendo però anche ad altri importanti lavori in cui Popper è andato sviluppando questa teoria nel lungo arco della sua prolifica attività filosofica.

Ma iniziamo con il saggio *Epistemologia senza soggetto conoscente*. Popper esordisce professandosi un realista-pluralista sostenendo la realtà di tre mondi differenti [ivi, §1 pp 150sgg]:

Sin dall'inizio, comunque, mi sta a cuore confessare che io sono un realista: io sostengo, analogamente ad un realista ingenuo, che ci sono mondi fisici e un mondo di stati di coscienza, e che questi due mondi interagiscono. E penso che ci sia un terzo mondo, nel senso che spiegherò qui di seguito più ampiamente. Tra gli abitanti del mio "terzo mondo" ci sono, soprattutto, i sistemi teorici; abitanti ugualmente importanti sono i problemi e le situazioni problematiche. Ma, secondo me, gli abitanti più importanti di questo mondo sono le argomentazioni critiche e ciò che può venir chiamato - in analogia con uno stato fisico o con uno stato di coscienza - lo stato della discussione o lo stato dell'argomentazione critica; e, naturalmente, ci sono (sempre tra gli abitanti di questo mondo) i contenuti delle riviste, dei libri e delle biblioteche.

¹ Come è noto, Popper ebbe una formazione psicologica, essendosi laureato con Karl Bühler. Per uno studio sui suoi esordi come psicologo orientato alla filosofia, e su come in questa fase si possa esser radicato un marcato scetticismo epistemologico per la psicologia nel pensiero del futuro filosofo della scienza, si veda [Kurz 1996].

Secondo Popper, dunque, esistono nella realtà tre "mondi", tutti entro il medesimo universo, eppure ontologicamente ben distinti fra loro, e con importanti "aperture" l'uno verso l'altro. Possiamo qui così caratterizzarli, ricorrendo anche agli altri saggi citati in bibliografia.

Mondo 1: è il mondo concreto, costituito dagli oggetti, campi di forze e stati fisici, e dagli organismi biologici, cervello compreso. Esso è il mondo studiato da scienze come la fisica, chimica, biologia, mineralogia ecc. Esso è, utilizzando un'immagine colorita di Popper, *il mondo delle cose che possono essere prese a calci, sentendo che oppongono resistenza*. Il suo grado di realtà è, insomma, paradigmatico.

Mondo 2: è il mondo costituito dagli stati consci ed inconsci, dalla conoscenza soggettiva, cioè è *conoscenza di un soggetto conoscente*. Si tratta di quella conoscenza che ciascuno di noi *porta nella propria testa*, e che si articola in tre tipologie differenti: la *propria conoscenza di tutti i giorni*, la *propria conoscenza scientifica*, entrambe in gran parte risultato dell'assorbimento di tradizioni e (forse) di pensiero critico, e per ultima la *conoscenza personale*, frutto delle proprie, personali esperienze. Provando a fare un elenco, il Mondo 2 risulta costituito da:

- sentimenti ed esperienze coscienti, quali speranza, paura, piacere, dolore;
- disposizioni innate del comportamento ad agire e reagire in certi modi (aspettative) ed anche loro modificazioni acquisite;
- percezioni e ricordi di cose ed eventi passati;
- esperienze intellettuali, come quella derivante dal comprendere un ragionamento, magari dopo vani tentativi, dunque anche le scoperte scientifiche;
- eventualmente, ammesso che esistano, anche dalle esperienze inconsce, quali proprie convinzioni od aspettative.

Nel Mondo 2 figurano, perciò, tutti gli stati di coscienza e gli stati mentali individuali, e sono eventualmente accompagnati da eventi nel Mondo 1, sul quale esso può agire attivamente, non foss'altro perché proprio in esso si costituiscono le motivazioni o finalità per le nostre azioni. Il Mondo 2 funge, poi, da mediatore fra Mondo 1 e Mondo 3. È oggetto di studio della psicologia, e non interessa l'epistemologo, poiché non si ha a che fare con la *verità* e dunque la preferenza critica, ma soltanto con le *credenze individuali*. Possiamo anche chiamarlo *il mondo della cognizione*.

Mondo 3: inteso in senso stretto, questo è il mondo costituito dalle teorie scientifiche, i problemi e le discussioni critiche e le autocritiche, che si incontrano nell'attività scientifica. Ma inteso in senso più lato, esso comprende anche tutto il mondo astratto, e ancora più. Se nel primo senso, è il mondo della conoscenza oggettiva, cioè *conoscenza senza soggetto conoscente*, e più che altro è di carattere congetturale, nel secondo senso esso è assai variegato, e sfugge ad una rigorosa classificazione (si pensi ai Mondi 4 - 5 ... cui qua e là si trova traccia in Popper). Entrando nel dettaglio, in questo mondo si annoverano:

- gli enti astratti, come ad esempio i numeri;
- i prodotti umani concreti, quali strumenti, prodotti di sintesi chimica, computer, gli edifici ed in generale tutti gli artefatti, intesi svincolati dai loro supporti materiali (Mondo 1);
- le relazioni logiche, come la coerenza;
- gli errori, i miti, i motti di spirito;
- i valori etici, le relazioni sociali e tutte le istituzioni sociali, *tutta* la società, insomma, pur essendo lo stesso Mondo 3 un'istituzione sociale, una *parte* della società, nei confronti della quale si possono nutrire atteggiamenti soggettivi assai divergenti;
- i libri, i giornali e le lettere, tutti intesi nel loro stabile contenuto di conoscenza, non come supporto fisico (Mondo 1), che può andare perduto, né come ricordi o altre esperienze soggettive (Mondo 2). Analogo discorso vale anche per le opere d'arte.

Ma conviene ora affrontare in maggiore dettaglio questo che possiamo chiamare *il mondo della conoscenza e della cultura*, esplorandone più a fondo il significato nell'opera complessiva di Popper.

Il Mondo 3 ha degli antecedenti storici molto vicini. Per Popper, esso è il mondo scoperto o, meglio, intuito da Platone, e da questi, però, interpretato in chiave *essenzialistica*: il mondo degli intelligibili (anche se i *concetti* non sono, per Popper, abitanti particolarmente interessanti), *delle idee nel senso oggettivo ovvero degli oggetti possibili di pensiero* e, generalizzando, di tutti i prodotti della mente umana, di tutti quegli enti nei quali abbiamo, cioè, *iniettato alcune delle nostre idee*. Ed anche il mondo delle *verità in sé* e *proposizioni in sé*, con le loro relazioni logiche reciproche, distinte da Bolzano dal mondo dei *processi pensiero*, con le loro relazioni psicologiche. Ed, infine, il *terzo regno* di Frege, quello costituito dai *contenuti*, e distinto da quello dei *processi mentali*.

Ma l'esempio di abitante del Mondo 3 più spesso portato da Popper, e portato anche a dimostrazione della sua stessa esistenza, è quello dei libri. Scrive fra l'altro [Popper 1997, pp 6-9]:

Né si potrà opporre alcuna obiezione al fatto che certi libri sono, come corpi fisici, assai simili, quasi come possono esserlo due gemelli identici, e che è per questa ragione che vengono spesso identificati; e che noi possiamo sempre descriverli, in quanto oggetti del Mondo 3, come identici, anche se in quanto oggetti del Mondo 1 essi sono corpi differenti (sebbene simili). [...] Ma il contenuto delle affermazioni, delle teorie, dei libri è chiaramente qualcosa di oggettivo, anche se esso può essere afferrato, compreso, valutato in maniera soggettiva. Si può obiettivamente comprendere meglio questa affermazione in quei casi in cui noi dobbiamo faticare per comprendere il contenuto di un articolo difficile: dapprima possiamo non capire niente, del tutto, in un momento successivo possiamo fraintendere. Però, alla fine possiamo, forse, comprendere. Comprendere che cosa? Il contenuto. Naturalmente il contenuto è sempre stato lì.

Ed in effetti, basterebbe pensare, ad esempio, a quanti manuali, fisicamente molto differenti fra loro, possono essere riconosciuti come equivalenti dal punto di vista intellettuale, didattico, formativo, in altre parole identici nel contenuto informativo dei pensieri che vi sono espressi. Molti libri possono apparire fra loro molto differenti (ad esempio, dal punto di vista linguistico), condividendo ciò nondimeno il medesimo contenuto logico, quello che Popper chiama il loro *contenuto problematico* [1974, pp 38-9].

In *Epistemologia senza soggetto conoscente*, poi, compaiono due esperimenti mentali illuminanti [Popper 1968, pp 152-3].

Esperimento 1. Vengono distrutte tutte le nostre macchine e tutti i nostri strumenti, ed insieme tutto il nostro sapere soggettivo, inclusa la nostra conoscenza soggettiva delle macchine e degli strumenti e del modo di usarli. Ma rimangono *le biblioteche e la nostra capacità di apprendere da esse*. È evidente che, dopo tanto soffrire, il nostro mondo potrà di nuovo andare avanti.

Esperimento 2. Come nel precedente esperimento, vengono distrutte macchine e strumenti, e anche il nostro sapere

soggettivo, inclusa la nostra conoscenza soggettiva delle macchine e degli strumenti e della maniera di usarli. Ma questa volta, *vengono distrutte anche tutte le biblioteche*, talché diventa inutilizzabile la nostra capacità di apprendere dai libri.

Ebbene se si riflette su questi due esperimenti, la realtà, il significato e il grado di autonomia del terzo mondo (com'anche i suoi effetti sul secondo e sul primo mondo), possono forse diventare un po' più chiari. Poiché, nel secondo caso, per molti millenni la nostra civiltà non riemergerà.

È non è vero che un libro non sia niente senza un lettore, senza, cioè, qualcuno che lo capisca, che anzi, *un uomo che legge un libro comprendendolo è una creatura rara*. Ma [ivi, p.162]:

È la sua possibilità o potenzialità di venir capita, la sua naturale disposizione a venir capita o interpretata, o mal capita o interpretata erroneamente, che fa di una cosa un libro [...] possiamo immaginare che dopo la scomparsa della specie umana, alcuni libri o biblioteche possano venir rinvenuti da alcuni nostri civilizzati successori [...] Questi libri possono venir decifrati.

Dunque, al libro-di-Mondo 1 (carta stampata) ed al libro-di-Mondo 2 (processi e stati mentali attivati) si aggiunge un libro-di-Mondo 3 (teoria iniettata). Il Mondo 3 è, in effetti, il mondo dei *contenuti di pensiero di un'affermazione*, quello, ad esempio, che un traduttore *cerca di mantenere invariato in una traduzione o di variare il meno possibile e determina i rapporti logici fra le proposizioni o le teorie* [Popper 1997, p.7].

Ma anche ora che stiamo cercando di delimitare il Mondo 3, stiamo producendo suoi nuovi "abitanti". Ed allora il Mondo 3 è incompletabile per sua stessa natura. E ciò, non solo perché *vi saranno sempre infiniti problemi insoluti in aritmetica* (per l'apertura dell'aritmetica dimostrata da Gödel), ma perché lo studioso del Mondo 3 si trova in piena analogia con *un uomo che voglia disegnare una pianta della stanza in cui si trova*: nel momento in cui giunge a dovervi includere la stessa pianta, anche l'ultimo tratto appena disegnato, egli scopre amaramente che si tratta di un compito senza termine. Infine, in posizione di rilievo, nel Mondo 3 Popper colloca, oltre all'attività individuale intenzionale o meno, lo stuolo imprevedibile dei loro

sottoprodotti indiretti, delle conseguenze non intenzionali delle attività individuali, che spesso non sono neppure volute. Tale maggior rilievo è dovuto, tanto a ragioni quantitative (le conseguenze non intenzionali sono sempre in numero esorbitantemente superiore a quelle intenzionali), quanto qualitative, ove almeno si considerino le scienze economico-sociali. Tali conseguenze, infatti, possono benissimo violare tutti gli interessi (consci o meno) dell'individuo. Non vi sono, perciò, regolarità, leggi, metodi, "logiche" per produrre storia, economie, sistemi sociali o culturali, così come non vi sono logiche, metodi, leggi e regolarità nel produrre scoperte scientifiche. Fra queste conseguenze non intenzionali, ve ne sono di *sociali*, che sono cioè frutto di una cooperazione/competizione non preordinata, come abbiamo visto, ma anche di *logiche*, che derivano cioè da una concatenazione deduttiva di proposizioni (magari vere, ma non necessariamente), e che però non sono immediatamente note, o formulate. Ad esempio, i teoremi dell'aritmetica o della geometria che non abbiamo ancora scoperto, abitano di diritto il Mondo 3, come non intenzionali, dato che "automaticamente" (logicamente) deriveranno da teoremi già scoperti. E così vale anche per la critica musicale suscitata, sempre involontariamente, da una canzone.

Quindi, il Mondo 3 fa riferimento al mondo delle produzioni intenzionali e, soprattutto, non intenzionali, cooperative o competitive che siano, purché, comunque, siano "mediate collettivamente". Particolare attenzione meritano le produzioni del *genere* umano (anche se vi si contano pure quelle di "società animali"). Insomma, non ne faranno parte tanto le produzioni *opera di un uomo soltanto* [Popper 1974, p. 214], ma proprio quello "collettive", che vengono storicamente scoperte con gradualità da singoli *individui* soltanto attraverso la costante cooperazione e competizione fra loro. Ed è proprio *nell'interazione con esse, con il loro assorbimento, che noi cresciamo e diventiamo noi stessi*. E quindi, in definitiva, *possiamo esservi inclusi anche noi stessi*.

Ciò che sembra contare in sommo grado è, dunque, proprio questa dimensione cooperativo-competitiva, storicamente collettiva della discussione critico-razionale e della nostra stessa formazione. Ma è possibile spingere l'esame ancora un poco più a fondo, facendo emergere i tre aspetti più salienti del Mondo 3 che lo differenziano dal Mondo 2, e che con ciò aiutano, se non ad intravederne i confini, almeno a coglierne il cuore. Si tratta delle sue tre "dimensioni logiche" fondamentali: sociale, storica e razionale.

1.1.1 Individuale e collettivo

In primo luogo, fra gli abitanti di questo Mondo 3 Popper colloca, per ragioni logico-storiche, il linguaggio. Questo, pur appartenendo, come è evidente, a tutti e tre i mondi, sarebbe infatti il primo prodotto umano o prima istituzione sociale. Primo in ordine di tempo e strumento umano principe, *probabilmente l'unico strumento esosomatico il cui uso è innato o, meglio, geneticamente fondato nell'uomo*, senza il quale *potremmo a malapena dirci uomini*. Ed anzi, proprio nell'interazione con esso, si sarebbero evoluti sia il cervello che la mente dell'uomo, dando dapprima *descrizioni vere*, e poi arrivando a *contare storie*: è allora che il linguaggio divenne veramente umano.

Inoltre, alle tre funzioni "classiche" del linguaggio, che Popper riprende da Karl Bühler, vale a dire *esprimere* emozioni e pensieri come un sintomo esterno di condizioni interne, *suscitare* o liberare reazioni nell'ascoltatore attraverso segnalazioni e *descrivere* situazioni o stati cose, con proposizioni che possono essere vere o false, egli ne aggiunge una quarta, che risulta fondamentale per il suo Mondo 3. Si tratta di una funzione gerarchicamente superiore a queste tre: quella di *argomentare* e, dunque, portare delle ragioni a sostegno di opinioni, così esponendosi al confronto critico di altri e potendolo, a propria volta, condurre verso opinioni proprie ed altrui. Possiamo anche chiamarla la *capacità di convincere*.

È proprio questa quarta funzione esclusivamente umana che ha permesso *l'approccio critico* dal quale ha preso corpo la scienza umana, attraverso quella che possiamo chiamare la "socializzazione della conoscenza", cioè attraverso la discussione. In altre parole, è così che è nato il pensiero inteso in senso oggettivo, cioè come "contenuti oggettivi di pensiero": la dimensione sociale della discussione critica sancisce, dunque, l'oggettività della conoscenza scientifica.

Nel Mondo 3 risiedono, in effetti, tanto i problemi scientifici (innanzi tutto, i problemi del "come e perché" delle regolarità del cosmo), quanto anche lo stato della discussione critica attorno a loro. Ed a partire dai problemi e dalle loro soluzioni (temporanee), dalle teorie e dalle discussioni critiche propri della scienza, si badi, vi rientrano perciò di diritto *tutte le teorie scientifiche*, sia quelle *vere* sia quelle *false*, ed anche le *ideologie*, che da quelle non possono essere distinte con precisione. Quando, ad esempio, Popper rimprovera alla *sociologia della scienza* di trascurare la dimensione sociale della scienza [Popper 1944-5], egli rivela chiaramente che l'intima natura, la

dimensione distintiva (necessaria) del Mondo 3, è proprio quella sociale e non quella di una sua qualche validità intorno a regolarità del mondo.

E per la conoscenza scientifica, l'attività sociale si esplica nell'intervento di quella che i sociologi della scienza chiamano la *giuria di peer*. Le conoscenze che da essa vengono controllate attraverso la libera discussione vengono, poi, sperimentate dall'individuo *come se fossero cose*, ed anzi, proprio nel venire registrate dal nostro cervello, vengono per ciò stesso "incarnate". Divengono quindi reali, e giungono anche a poter mutare gli stessi oggetti del Mondo 1.

Per quanto riguarda, poi, altri abitanti del Mondo 3 inteso in senso più generale, quali i pensieri poetici, le opere d'arte, persino una *ben nota* canzone, la moralità, le relazioni sociali, istituzioni sociali, o le opere tecnologiche ed artefatti umani, ciò che li accomuna tutti è quello di essere, mi sembra, prodotti *culturali, generalmente umani*. Al di là, cioè, delle forme *specifiche* dei processi produttivi che vengano effettivamente attivati per produrli, sia nella dimensione individuale (ragionamento ed azione), relazionale (interazione sociale) o referenziale (attribuzione di significati ad oggetti) da parte del soggetto stesso.

La prima differenza fra Mondo 2 e Mondo 3, insomma, sembra risiedere nel fatto che, mentre il primo è *opera di un uomo soltanto*, il secondo ha una natura intrinsecamente sociale [cfr. Popper 1974].

Ed anzi, seppure con qualche cautela, si può parlare anche di un Mondo 3 prodotto dagli animali, riferendoci alle loro produzioni (non di scarto) quali la tela per il ragno, l'alveare ed il miele per l'ape, il nido per gli uccelli, ecc. Ed infatti, dice Popper, la stessa architettura umana non è forse simile a certe costruzioni degli animali, come i nidi degli uccelli o delle api? È utile notare che, seppure la quarta funzione del linguaggio, e forse anche la terza, non siano svolte dai linguaggi animali, pure essi possiedono un linguaggio, e proprio in ciò si annida il "motore produttivo" del loro Mondo 3, a causa del suo carattere eminentemente sociale. Dunque, è la dimensione *meta-individuale* a sembrare quella decisiva (e a tratti persino quella sufficiente) per l'appartenenza al Mondo 3 popperiano. Ecco perché la psicologia della scienza non ha interesse epistemologico: in quanto prodotto sociale, la scienza è intrinsecamente super-individuale, e dunque scavalca la dimensione studiabile dalla psicologia, perciò non è da questa ricostruibile.

Ed anzi, scrive [Popper 1951-6 vol.I, p.115]:

La teoria soggettivistica della conoscenza fallisce per vari motivi. Anzitutto, assume ingenuamente che tutta la conoscenza

sia soggettiva - che noi possiamo parlare di conoscenza senza qualcuno che conosce, un soggetto conoscente. [...] In antitesi a tutto questo, sostengo che la conoscenza scientifica non è certo la *mia* conoscenza.

Non sembra poco per chi si dichiara un *individualista metodologico*! La risoluzione popperiana dello psicologismo, parte si introducendo un mondo di forme *pre-date* rispetto alla psiche, ma proprio perché in realtà queste antecedenza vale solo per la psiche *individuale*, essa viene in realtà portata a termine soltanto *presupponendo* una "razionalità di comunità", o "comunità degli esseri razionali". Come puntualmente notato da Kuhn [1977], allora, nella dimensione sociopsicologica della scienza vi è, effettivamente, una somiglianza nelle loro concezioni [cfr. Bloor 1974].

Parafrasando la definizione di *comunità* data da Tönnies [1887], potremmo qui parlare di una *perfetta unità del ragionare umano, come situazione originaria o naturale*. Va, inoltre, evidenziata una certa svalutazione del reale ruolo e delle reali capacità del singolo individuo, a tutto vantaggio della collettività, cosa per altro più unica che rara nel pensiero di Popper. Con l'avvertenza che si tratti, va da sé, di una "comunità critico-razionale", fondata sul "contratto socio-cognitivo" di una Razionalità *astratta* da ogni meccanismo soggettivo reale e *svuotata* da ogni contingente contenuto concreto. Ma una tale ipostasi, come insegna molta storia della critica filosofica all'idealismo e le moderne ricerche di psicologia cognitiva, sembra ormai una ipotesi surrettizia.

1.1.2 Storico e astorico

A differenza del Mondo 2, in questo Mondo 3 vi è anche una caratteristica dimensione storica, che però si accompagna indissolubilmente ad una astoricità, anche se a Popper, per la verità, non piace sottolinearlo [Popper 1974, p.204]. Ma esiste innegabilmente anche questa seconda. È per questo che si potrebbe parlare di una certa ambiguità o duplicità nella dimensione logica del Mondo 3. Vediamo.

Innanzitutto, il Mondo 3 ha indiscutibilmente una storia: *la storia delle nostre idee*. Esso è stato originato inizialmente dallo sviluppo di un *linguaggio descrittivo esosomatico* che, al pari di uno strumento manuale, si è poi sviluppato "al di fuori del corpo", e ci ha consentito quindi di condurre il nostro processo di *auto-trascenderci* ad opera della selezione per tentativi

e errori, della critica razionale, che hanno entrambe nella logica il loro organo. Poi, questa concatenazione di problemi, teorie e contenuti oggettivi è andata costituendo, storicamente appunto, l'intero Mondo 3, che ha finito per reagire su noi stessi. Una storia, dunque, fatta di scoperte, creazioni, reazioni. È per questo che si può dire che [Tagliagambe 1991, p.157]:

la conoscenza è inseparabile dal proprio sviluppo o, meglio, *accrescimento*, e che perciò quel che è importante non è un'analisi *statica* dell'atto conoscitivo, ma un'analisi *dinamica* del processo di accrescimento della conoscenza, via approssimazioni successive alla verità.

Questo Mondo, però, ha anche una dimensione reale particolarmente salda, se esso può arrivare ad interagire attivamente con gli altri due Mondi addirittura trasformandoli: direttamente per il Mondo 2, e indirettamente per il Mondo 1, attraverso il Mondo 2. Deve perciò essere dotato di una realtà che prescinde completamente dal Mondo 2. Come vedremo meglio fra breve, Popper afferma che il Mondo 3 viene *scoperto* dagli uomini, in quanto *già esistente*. Noi, forse, faremmo meglio ad osservare, kantianamente, che è soltanto *come se* fosse scoperto, *come se* non avesse una storia. I problemi scientifici, dice Popper, vengono scoperti, ma ciò vuol dire che in qualche modo esistevano logicamente già prima che noi li scopriremmo, e per giunta rimangono da scoprire sempre in quantità infinita, alcuni, anzi, essendo probabilmente irrisolvibili.

Ad esempio, nel Mondo 3 si trovano quei teoremi dell'aritmetica e della geometria che si potranno eventualmente *scoprire* in futuro, vale a dire che potremo un giorno trovare già "belli e fatti", in quanto cioè esistenti già da prima che li scopriremmo, in seguito alla loro "automatica" derivazione dai teoremi fondamentali.

Nel voler distinguere il suo Mondo 3 dal platonico Mondo delle Idee, Popper ribadisce più volte che vi è in esso una evoluzione storica. Vediamo adesso che si tratta di un divenire, però, "autogenerato", dotato di una logica intrinseca, autonoma. Anzi proprio di quella Logica che l'epistemologo, supportato in questo dallo storico della scienza, studia come cosa "altra dagli scienziati", "altra da ogni cornice". La Logica, si sa, non conosce storie: nasce sempre perfetta.

Vi è, dunque, da un lato, una dimensione storica nella conoscenza umana, che come abbiamo visto è accompagnata da un progressivo *distacco ideale*; ma dall'altro non vi è assolutamente storia nei *contenuti* della conoscenza.

La storia è propria degli esseri umani, non dei contenuti dei loro problemi: questi sono "fuori dalla storia", anzi, "al di sopra della realtà": *la verità - quella assoluta - rimane il nostro fine* [Popper 1951-6 vol.I]. Non vi è storia né pluralismo per la verità, secondo Popper. Come aveva già scritto Ortega y Gasset, *poiché la verità è una, assoluta e invariabile, non può essere attribuita alle nostre persone individuali, corruttibili e mutevoli* [Ortega y Gasset 1923]. È per questo che non deve neppure essere possibile rendersi conto di averla, casualmente, raggiunta. Quella della verità della conoscenza è in Popper, dunque, una mera esigenza logica e, forse, paradossalmente, psicologica.

1.1.3 Razionale e irrazionale

Ma come viene condotta la produzione storico-sociale del Mondo 3? È l'attività critica, dice Popper, cioè la discussione razionale svolta all'interno della comunità scientifica da ciascun ricercatore, che, come una "mano razionale ed invisibile", "riscatta" l'opinione personale dall'abisso dell'irrazionalità, dell'incomunicabilità e del relativismo assoluto. Eppure, l'irrazionalismo scacciato dalla porta collettiva, rientra dalla finestra individuale. È per questo che vi è una certa ambiguità persino nella dimensione razionale del Mondo 3.

Innanzitutto, i contesti della *scoperta* e della *giustificazione* "tornano", per così dire, a significati che mettono in risonanza le loro etimologie primigenie (soprattutto aristoteliche): *theoria* come avvistamento ipotetico di una verità, *logos* come sapere discorsivo, sensato e convincente, *sylogismós* come connessione corretta di argomentazioni, *doxa* come rispettabile opinione comunitaria.

Ciò conduce, però, alla puntuale riemersione dei problemi capitali dell'epistemologia, in verità scogli sui quali l'indagine critico-razionale popperiana stessa è inevitabilmente spinta a naufragare: irrazionalità della scoperta intesa come illuminazione; insondabilità del significato, ovvero della coerenza esterna; indimostrabilità della coerenza e completezza interne (alla Gödel); insuperabilità del relativismo sociologico della scienza, ovvero del convenzionalismo della conoscenza e dell'indistinguibilità della scienza dalla cultura.

D'altra parte, la reciproca comprensione linguistica fra gli individui, la possibilità di raggiungere un accordo teorico e, insomma, la possibilità di evadere dalle nostre *prigioni intellettuali* risiede nella capacità razionale di

prenderne consapevolezza attraverso lo *scontro-confronto tra culture diverse* [Popper 1994b]. Ciascuno di noi, individualmente, possiede queste capacità in quanto *anthropos* che, nella suggestiva etimologia platonica [Cratilo 399], *vede e prende consapevolezza di ciò che ha visto*. Così, e solo così, è possibile a ciascuno di noi *rompere quelle catene e trascendere se stesso*. È forse questa, allora, la proprietà che permette agli esseri umani di essere distinti dagli altri animali, che permette cioè l'uso di *anthropos* nella etimologia tradizionale, di colui che ha *sembianze umane*.

Certo, ammonisce Popper, non possiamo mai evitare di ricadere in altre cornici-prigioni linguistiche o teoriche; ma ogni volta è ben chiaro che si tratta di prigioni più ampie di quelle precedenti, e che comunque noi siamo sempre in grado di evaderne nuovamente.

È vero, inoltre, che la nostra possibilità di comprensione reciproca può essere senz'altro facilitata dal fatto che *i nostri meccanismi fisiologici sono il prodotto del nostro sistema genetico*. Ma, per Popper, si tratta di un fatto marginale, se è vero che noi possiamo riuscire a comprendere persino il linguaggio delle api. Infatti, *ci è possibile trascendere anche la nostra fisiologia geneticamente fondata: lo facciamo attraverso il metodo critico* [Popper 1994b].

Una "mano invisibile" vera e propria, dunque, è in azione nella costruzione della scienza: una "mano" che pende inesorabilmente, in quanto *razionale*, verso il disinteresse per la futile ricerca di eventuali "logiche" nelle scoperte storiche; in quanto *storica*, per dirla richiamando Aristotele, pende invece verso conoscenze *per noi convenzionali, e per natura indimostrabili*. Si tratta, dunque, di una conoscenza simile ad un edificio "stabilmente transitorio", ovvero, per usare una famosa metafora popperiana, simile ad una palafitta epistemicamente *instabile*. Non una *episteme*, insomma, ma una vera e propria *doxa*. Scrive infatti altrove [Popper 1963, p.164]:

Infatti, quello che sembrava un evidente dato di fatto, il conseguimento dell'*episteme*, non era tale. Come ora sappiamo, o crediamo di sapere, la teoria di Newton non è più di una meravigliosa *congettura*, una approssimazione sorprendentemente buona; unica in effetti, ma non come la verità divina, bensì solo come l'invenzione di un genio di natura umana; non appartenente quindi all'*episteme*, ma al regno della *doxa*. Con ciò il problema kantiano "Come è possibile la scienza naturale pura" vien meno, e spariscono le più rilevanti difficoltà ad esso connesse.

Ed ancora [ivi, p.180]:

Tutto quello che lo scienziato può fare, ritengo, è controllare le proprie teorie, ed eliminare quelle che non superano i controlli più severi da lui concepiti. Egli, tuttavia, non può mai essere del tutto certo che dei nuovi controlli, o anche un nuovo dibattito teorico, non lo conducano a modificare, o ad abbandonare, la propria teoria. In questo senso, tutte le teorie sono, e restano, delle ipotesi: sono congettura (*doxa*), contrapposta alla conoscenza indubitabile (*episteme*).

Quella "mano" *collettiva* e, ad un tempo, *razionale* ed *irrazionale*, *storica* ed *astorica*, fa sì che dalle argomentazioni critiche in un libero confronto fra individui razionali, si compongano le conoscenze soggettive dei singoli, a formare una *doxa* nel senso (aristotelico ed anti-platonico) di *conoscenza stimata*. Essa è sì, allora, una *conoscenza oggettiva*, e dunque quella propriamente scientifica, ma è anche sempre fallibile e sempre storicamente soggetta a rivoluzioni *gestaltiche* e confutazioni.

È, però, questa argomentazione davvero risolutiva di ogni nostra aspirazione a capire il potere predittivo delle più elaborate teorie scientifiche? È, poi, proprio onesto dire che la teoria newtoniana sia *fallita*, e dunque dimostrata come *doxa*, perché scalzata da quella einsteiniana, da questa essendo stato *dimostrato* che può essere errata? Popper stesso, del resto, concorda che [Popper 1951-6 vol.I, pp 163-4]:

se, nelle scienze empiriche, una nuova teoria di un più alto livello di universalità spiega con successo qualche teoria più vecchia *correggendola*, allora questo è un segno inequivocabile del fatto che la nuova teoria è penetrata più in profondità di quella vecchia. La richiesta che una nuova teoria debba contenere approssimativamente quella vecchia, per valori appropriati dei parametri della nuova, può essere denominata (seguendo Bohr) "principio di corrispondenza".

E se siamo così condotti a rivedere il concetto di fallimento di una teoria scientifica, che cosa rimane del falsificazionismo al di là di un (condivisibile, ma forse persino ovvio) impegno morale per l'uomo di scienza? Non potremmo addirittura sostenere che la teoria più profonda *estende* la validità della vecchia a domini da quella non esplicitamente

contemplati? Basti pensare a quanto accade alla meccanica newtoniana di fronte ad oggetti in moto a velocità dell'ordine di quella della luce, o a distanze tali da noi che questa, pure così "rapida", le percorre in miliardi anni; o a campi gravitazionali intensi e rapidamente variabili come quelli di tanti "mostri del cielo" a noi ora noti. Erano casi, questi, ben al di fuori della *conoscenza di sfondo non problematica* del povero Newton! Ciò nonostante, come vedremo più avanti (v. cap. 5), anche in questi casi la sua teoria continua ad esserci utile per attribuire significati ai termini teorici, per disporre di una analogia per capire cosa sta avvenendo. Anzi, nei casi più vicini a quelli newtoniani (*regioni galileiane*), essa è proprio *dedotta* da quella di Einstein: non è forse Newton, una volta tanto, a potersi sedere *sulle spalle di un gigante*?

Inoltre, sembra anche quanto mai azzeccato il paragone seguente [Tagliagambe 1991, p.150]:

A suo giudizio queste nuove teorie non scaturiscono dall'esperienza, dall'osservazione empirica, ma sono il frutto dell'ideazione di ardite congetture suggerite dalla fantasia, dalla metafisica, dalla constatazione del fallimento di altre teorie. Esse, cioè, alla fin fine nascono da una specie di intuizione che ricorda quella teorizzata dai filosofi spiritualisti, soprattutto da Bergson.

Per di più, sono "intuizioni" che popolano per la maggior parte il Mondo 3. Ed infatti, si provi a leggere in questa ottica il seguente passo [Popper 1977 vol.I, p.62]:

Secondo la mia concezione, possiamo intendere l'atto di afferrare un oggetto del Mondo 3 come un processo attivo. Dobbiamo spiegarlo come l'atto di produzione di quell'oggetto, la sua ri-creazione. Per comprendere una difficile frase latina, dobbiamo costruirla: vedere come è fatta, cioè ri-costruirla, riprodurla. Per capire un *problema*, dobbiamo tentare almeno alcune delle soluzioni più ovvie, per scoprire che falliscono; in questo modo noi riscopriamo che c'è una difficoltà - un problema. Per capire una *teoria*, dobbiamo prima capire il problema che ci si proponeva di risolvere con quella teoria e poi vedere se la teoria va meglio di qualsiasi altra soluzione più

ovvia. Per capire una *argomentazione* piuttosto difficile, come la dimostrazione data da Euclide del teorema di Pitagora (ci sono dimostrazioni più semplici di questo teorema), dobbiamo noi stessi fare il lavoro, prendendo pienamente atto di ciò che è assunto senza dimostrazione. In tutti questi casi la comprensione diventa "intuitiva" quando abbiamo acquisito la sensazione di poter fare il lavoro di ricostruzione ogni qualvolta lo vogliamo.

Si tratta, insomma, nella *comprensione* scientifica come già era avvenuto a proposito della *scoperta* scientifica, di una *intuizione creatrice*. E se la comprensione è un requisito per l'argomentazione critica, non si fa quasi drammatica la posizione di un *razionalista* quale Popper si dichiara? Potremmo allora restituire a Popper la critica, per altro condivisibile, che egli aveva portato alla psicologia deduttivistica [Popper 1930-3, pp 28-9]:

Secondo il punto di vista deduttivistico nessuna via regolare, o razionale, conduce da nuove recezioni a nuove reazioni, a nuove "trovate"; se vogliamo, possiamo dire che il loro venire in essere è *accidentale* e, in ogni caso, sembra contenere un momento *irrazionale*, ossia un momento di scoperta [...].

È chiaro che questa irrazionalità del processo psicologico che porta alla scoperta, e che è però anche a fondamento della giustificazione critica, è direttamente collegata all'irrazionalità nella quale cade Popper, secondo l'analisi penetrante di Newton Smith [1981], a seguito del suo rifiuto categorico dell'induzione. Infatti, anche nel caso dell'accettazione o del rifiuto degli asserti base scientifici, non si tratterebbe per Popper di un arbitrio individuale (singolo scienziato), ma della decisione collettiva di una giuria di pari (comunità scientifica). E qui, ancora una volta [ivi]:

Questo è sconcertante. Se ognuno di noi prende una decisione arbitraria circa il colore di un cigno lanciando una moneta, e se scegliamo su base democratica di addizionare tutti i risultati per ciascun lato, la decisione che ne risulta è tanto arbitraria quanto le decisioni individuali sulla base delle quali la decisione collettiva viene raggiunta. Non è meno infondata. Se noi accettiamo l'affermazione di Popper che è ragionevole affidarsi alla giuria scientifica, questo è probabilmente perché noi stiamo pensando ad ogni membro di quella giuria come se fosse nella

posizione di prendere una decisione fondata non-arbitraria e, ammettendo l'errore individuale, noi pensiamo che questi tenderanno ad elidersi se facciamo una media. Ma per Popper nessuno ha alcuna ragione per la propria decisione. Quindi non vi è ragione per la decisione collettiva.

Per altro, la proclamata *neutralità* di Popper rispetto al problema della scoperta scientifica [Popper 1979, p.21], era solo un artificio. Egli, infatti, anche per quanto concerne la psicologia si sente evidentemente più vicino ad un *deduttivismo* che non ad un *induttivismo* [p.es. *ivi*, p.30].

1.2 La scienza fra soggettivo ed oggettivo

È venuto il momento di tornare al saggio *Epistemologia senza soggetto conoscente*, passando adesso ad affrontare le tre tesi di fondo sulle quali Popper s'impegna subito dopo l'introduzione della teoria dei Tre Mondi.

1.2.1 Distinzione prodotto-processo conoscitivo

Come dovrebbe essere già chiaro, la preoccupazione principale di Popper nel corso di tutto il saggio considerato, ed in effetti anche una delle maggiori in tutta la sua filosofia della scienza, è quella di *vincere la tentazione di interpretare i contenuti di pensiero da terzo mondo come processi di pensiero da secondo mondo* [Popper 1968].

In altre parole, l'invito di Popper è a non interessarci alle *fonti* della conoscenza, ma a concentrarci sui soli suoi *contenuti*, da esse indipendenti in senso assoluto. Scrive altrove [Popper 1951-6 vol.II, p.121]:

un pensiero, una volta formulato nel linguaggio, diventa un oggetto al di fuori di noi stessi. Tale oggetto può venire allora *criticato* intersoggettivamente - criticato da altri come da noi stessi. [...] Finché un pensiero è semplicemente pensato, non può venire oggettivamente criticato. Esso è parte di noi stessi. Per essere criticabile, dev'essere formulato in un linguaggio umano e diventare un oggetto: un oggetto del Mondo 3.

Ecco dunque che il Mondo 3 è un prodotto della mente, anzi il prodotto caratteristico della mente umana, a tal punto che Popper definisce questa

come un organo che produce oggetti dell'umano mondo tre (nel senso più generale) e che con questi interagisce. E non è forse un caso che l'attività che richiede la massima concentrazione alla nostra mente sia il tentativo di afferrare un oggetto del mondo 3, o di produrlo.

Dopo aver ripreso la ben nota distinzione dei due fondamentali significati di *pensiero*, e cioè, con l'esplicito rinvio a Frege, di *atto soggettivo del pensare* e di *contenuto oggettivo del pensato*, la distinzione fra Mondo 2 e Mondo 3 appare come distinzione fra, da un lato, il meccanismo psicologico di elaborazione delle conoscenze (di qualsiasi tipo) e, dall'altro, il loro contenuto teorico-critico (oggettivo). Ciò che davvero conta per la scienza, scrive Popper, è la *preferenza critica, non la credenza* [1968, p.150].

Viene, in altre parole, sostanzialmente ribadita ed elevata a sistema critico la separazione già sancita da Reichenbach fra *contesto della scoperta* e *contesto della giustificazione*, nelle pagine di *Erkenntnis* nel 1930. Da che cosa era stata motivata?

Con la distinzione fra *la maniera di trovare una teoria* e *la maniera di presentarla al pubblico* [Reichenbach 1938, pp 6-7], Reichenbach intendeva rispondere alla "provocazione" sociologica appena allora lanciata da Karl Mannheim nel famoso libro *Ideologia e utopia* [1929sgg]: la sua sociologia della conoscenza voleva, infatti, far assurgere a ruolo di scienza proprio il *condizionamento sociale del sapere*. Questa di Mannheim era un'operazione dagli esiti potenzialmente dirompenti, pur essendo condotta, a sua volta, in risposta al *relativismo dilagante*, con una "riflessione" della scienza su se stessa. Egli intendeva, così, recuperare l'*oggettività e consapevolezza del proprio punto di vista* attraverso il conseguimento di un più alto grado di astrazione [*ivi*, pp 324-7]. Nella concezione di Mannheim, come già in quelle di Ernst Cassirer [1923 vol.III t.2] e di José Ortega y Gasset [1923], la conoscenza della realtà è *collocata*, o, come anche essi dicono, *situata* ovvero *prospettica*. Ma tale determinazione situazionale può essere conosciuta, e già il solo conoscerla porta a guadagnare una *distanza ideale* dalla quale si consegue una migliore comprensione della realtà stessa, *prospettiva dell'osservatore* non esclusa. Inizierà da qui il complesso percorso storico della *sociologia della scienza*, che l'ha condotta fino alla formulazione di un radicale costruzionismo e relativismo sociologici, del cosiddetto *programma forte* di anni recenti [p.es. Bloor 1976].

L'irrigidimento di Reichenbach era un arrocco, dunque, sul contenuto logico intrinseco di una scoperta scientifica, in quanto del tutto svincolato dal contesto (storico-politico-sociale) nel quale lo scienziato lavora. È questa posizione che, come s'è visto, Popper sposa: non v'è né logica della

scoperta, né alcunché d'interesse per l'epistemologo nella genesi delle teorie, ma solo materia per lo psicologo (e, forse, per il sociologo). È nel contesto della *giustificazione* che si trova tutto il cuore dell'indagine epistemologica, cioè a dire i problemi, le congetture, le evidenze, i controlli, le discussioni, le previsioni e le confutazioni che la *logica della ricerca* deve primariamente studiare.²

Ma anche dalla scelta iniziale di Popper, però, derivano conclusioni dirompenti: nella storia della filosofia della scienza, i filosofi dell'"epistemologia tradizionale", ovvero dell'*epistemologia della credenza* (su tutti Descartes, Locke, Berkeley, Hume, Kant e Russell), si sarebbero in realtà occupati soprattutto del Mondo 2, e non del Mondo 3. Dunque, l'epistemologia tradizionale è di fatto *irrilevante per lo studio della conoscenza scientifica*. Per Popper, quel medesimo *distacco* che la conoscenza scientifica del soggetto conoscente riesce a guadagnare dalla sfera soggettiva individuale, come abbiamo visto, è operazione non-individuale, bensì cooperativo-competitiva, e comunque *sociale*, fondata sulla disposizione ad una prontezza a criticarsi reciprocamente. Come scrive altrove [Popper 1944-5, p.136]:

La scienza, e in particolar modo il progresso scientifico, non sono il risultato di sforzi isolati, ma della *libera concorrenza del pensiero*. Poiché la scienza ha bisogno di una concorrenza sempre maggiore fra le ipotesi, e di esperimenti sempre più rigorosi; e le ipotesi concorrenti hanno bisogno, per così dire, di una rappresentanza personale: hanno bisogno di una giuria, e perfino di un pubblico. La rappresentazione personale, per funzionare, deve essere organizzata istituzionalmente. [...] La sociologia della conoscenza non tiene conto del fatto che è proprio il carattere pubblico della scienza e delle sue istituzioni a imporre una disciplina mentale ad ogni scienziato, e a preservare sia l'oggettività della scienza che la sua tradizione a discutere criticamente le nuove idee.

² In effetti, come è risaputo, il titolo originale del primo lavoro di Popper [1934sgg], *Logik der Forschung*, andrebbe tradotto con "Logica della ricerca" o "Logica dell'indagine" invece che, come diffuso a partire dalla prima dedizione inglese (*Logic of scientific discovery*), con *Logica della scoperta scientifica*. Il titolo della traduzione attualmente in circolazione è, a dir poco, fuorviante.

È solo per questa via che la "mano invisibile" di cui parlavamo opera la de-soggettivazione della conoscenza scientifica, "depurandola", per così dire, dai *nostri errori, pregiudizi, sogni e speranze* [Popper 1963, *Introduzione XVII*] in cui è avvolta a livello individuale. Il *processo conoscitivo* viene, dunque, scalzato dalla posizione focale dell'interesse epistemologico da parte del *processo logico-critico*. Questo diviene, così, l'unico processo che merita l'attenzione dell'epistemologo.

Dobbiamo porre l'accento su questo punto, perché il soggetto conoscente compare in tutta quest'analisi entro una dimensione molto particolare: non quella di un "osservatore collocato", bensì quella esclusiva di un critico razionale *ideale* (idealizzato). Benché fallibile, egli è infatti comunque *astratto* dalla realtà, "olimpicamente" partecipante ad una assise razionale ed infallibile (ai soli fini della scientificità della scelta, ovviamente).

Non vorrei però che il lettore cogliesse toni eccessivamente "negativi" di questo rilievo. Al contrario, infatti, intendo proprio raccogliere l'indicazione di massima di Popper sull'esistenza di un "mondo terzo", ma cercando di trovare un altro appiglio che non sia quello della *conoscenza senza soggetto conoscente*. Ciò richiederà, nella Parte Seconda, di riconsiderare alcune delle argomentazioni fin qui esposte, riformulandole sotto il cappello del *problema cardine dell'epistemologia*, che così possiamo porre stringatamente: come è possibile che un qualche ragionamento soggettivo (da Mondo 2, per dirla con Popper) metta capo ad una "conoscenza oggettiva", che cioè riesca a "riguardare" effettivamente degli oggetti (dei Mondi 1 e 2)? Ed esso fa il paio con l'altra domanda che possiamo rintracciare sempre in Popper: come è possibile che una grande opera d'arte trascenda l'artista che l'ha partorita? Siamo, come vedremo, assai vicini al terreno epistemologico investigato da Einstein con la sua Teoria della Relatività.

1.2.2 Oggettività del prodotto

Conseguentemente alla sua linea espositiva, Popper sottolinea la rilevanza del solo Mondo 3 e del suo studio ai fini dell'epistemologia, in quanto questo mondo sarebbe "largamente autonomo" dagli altri due, in particolare dal Mondo 2.

Il lavoro degli scienziati, in particolare, appare ispirato da un intimo desiderio personale, animato da una *credenza soggettiva* (noi, infatti, possiamo chiamare così il *fondamento soggettivo di un'azione*) *concernente ciò che dà a sperare una imminente crescita nel terzo mondo della conoscenza oggettiva* [Popper 1968, pp 156-7].

È questa dunque la molla del progresso scientifico, per Popper, ed essa rafforza la sua convinzione che il centro dell'attenzione dell'epistemologo deve essere posto proprio su tale conoscenza oggettiva, e non invece sui processi (soggettivi) che la producono.

Il Mondo 3, in effetti, rimane sostanzialmente indipendente dagli altri due, proprio perché può essere visto come un prodotto che, una volta esternalizzato, è *autonomo* persino dal suo produttore.

Per esemplificare questa autonomia, Popper porta sovente il caso dei numeri. Essi vengono da lui definiti come *autonomi*, in quanto appartenenti al solo Mondo 3 ed a nessun altro, e perché, in parte almeno, sono addirittura *auto-creantisi*: le loro proprietà non necessitano, in effetti, un nostro intervento, dato che *esistono prima* che noi le scopriamo. E ciò, seppure tanto l'aritmetica quanto la geometria non siano altro che una nostra *invenzione*.

Si può, quindi, riassumere questa seconda tesi nella semplice affermazione dell'importanza maggiore *quasi sotto ogni rispetto* del prodotto rispetto al processo produttivo. E se ho ben compreso, mi sembra che se ne possa dedurre che l'unica credenza soggettiva rilevante è quella nell'esistenza di uno sconosciuto passaggio dal mondo delle credenze soggettive a quello dell'oggettività (comprendente un ampio ventaglio che va dalle spiegazioni mitologiche alle spiegazioni scientifiche). Ma se così fosse, purtroppo, il fondamento del mondo della conoscenza scientifica sarebbe, almeno fin qui, proprio e soltanto in una tale credenza. Una credenza, appunto, soggettiva. Il nuovo quesito con il quale ci lascia Popper, mi pare allora il seguente: può essere questa credenza soggettiva (ben) motivata da ragioni che non siano *esclusivamente* psicologiche (anti-soggettivismo), utilitaristiche (anti-instrumentalismo) o rinviati ad una catena infinita (evitando il regresso all'infinito)? Si riaprirebbe, insomma, il "solito" *trilemma di Fries*. Rammentiamolo per sommi capi, nell'analisi fattane proprio da Popper ai suoi esordi [1934sgg].³

Tre sono le vie logicamente possibili per accettare le asserzioni della scienza:

³ Ma si può risalire utilmente ad Aristotele. Per il *regresso all'infinito* si veda direttamente *An.Post.* B3 90b25ss. Per lo *psicologismo* si consideri che Aristotele non ricorre mai, almeno nei testi a noi pervenuti, all'evidenza intuitivo-sensoriale senza altre argomentazioni. Si veda ad esempio *Metaph.* 999b3, 1009a6-12. Per il *dogmatismo* si veda *Top.* 163b9ss, 306a13ss. e si consideri anche che i principi sono indimostrati e indimostrabili, come ad esempio è detto in 72b 18ss, ma non debbono essere accettati per fede (anche se può essere utili riflettere su 100a30 e sgg). Su tutto si veda [Wieland 1962, pp 75-7].

Prima Via: il dogmatismo. Accettarle, cioè, con atto di fede o remissione.

Seconda Via: il regresso all'infinito. Accettarle, cioè, in base ad altre asserzioni, da accettarsi in base ad altre asserzioni, e così via, come in un castello di carte che si regga su se stesso. Come un "castello in aria".

Terza Via: lo psicologismo. Questa via consiste nel supporre che l'esperienza percettiva possa giustificare logicamente un'asserzione. Il che potrebbe sembrare la via più sicura, se non fosse che in realtà risulta semplicemente impossibile: una asserzione può essere dimostrata logicamente soltanto da altre asserzioni, mai da un *hard fact*.

Per Popper nessuna di queste tre vie è accettabile, a meno di non "trasformare" il dogmatismo in convenzionalismo, il regresso all'infinito in revisione senza fine, e lo psicologismo in un mero sostegno psicologico, tutt'al più soggettivamente motivante. La "soluzione" proposta per questo trilemma classico dell'epistemologia è in realtà un compromesso che, a suo avviso, è giocoforza accettare nella scienza. Consiste nel presumere che, in ogni caso, sia sempre possibile risalire all'indietro quanto si voglia nella catena giustificatrice delle asserzioni di base della scienza, e che ad ogni passo in cui si scelga di fermarsi ciò sia, però, fatto nella consapevolezza della convenzionalità di tale gesto di "desistenza". Ciò che solo ci rimane saldo è il *falsificazionismo*. Ma esso, come abbiamo visto, dinanzi ad un attento studio storico, rischia di ridursi a semplice precetto morale. Nella Parte Seconda andremo alla ricerca di un fondamento oggettivo del processo di scoperta, nella scoperta einsteniana come caso particolare.

1.2.3 L'oggettivo spiega il soggettivo

La terza tesi esposta da Popper è che, non solo la psicologia non è rilevante per una epistemologia oggettivistica, ma è invece proprio l'applicazione di una epistemologia oggettivistica al terzo mondo che *può gettare una luce immensa sul secondo mondo, quella della conoscenza soggettiva, specialmente sui processi di pensiero degli scienziati* [Popper 1968].

Il Mondo 3 è, come abbiamo già visto, autonomo dagli altri. È anzi proprio grazie alla conoscenza oggettiva che ne costituisce la *periferia logica e teorica*, che noi riusciamo a gettare luce sugli oggetti, tanto del Mondo 2 quanto del Mondo 1. Esso serve anche a formarci le nostre stesse conoscenze soggettive di Mondo 2, nonché a trasformare gli oggetti del Mondo 1, producendone eventualmente di nuovi, seppure esclusivamente attraverso la interazione mediatrice del Mondo 2. È, infatti, indispensabile

afferrare o comprendere una teoria (esperienza soggettiva, dunque di Mondo 2) per poter usare una teoria (ente di Mondo 3), ed agire sugli oggetti concreti (di Mondo 1) trasformandoli.

In questo senso, dunque, se il Mondo 3 è *anche* un prodotto del Mondo 2, pure il Mondo 2 è *anche* un prodotto del Mondo 3: la piena coscienza di sé, infatti, è indubbiamente un prodotto retroattivo della creazione delle teorie. Inoltre, la *comprensione*, così importante nelle discipline umanistiche, di fatto riguarda gli oggetti del Mondo 3, e non deve essere vista come *empatia*: ciò la esautorerebbe epistemologicamente, confinandola irrimediabilmente nel Mondo 2.

Analogamente, non deve confondersi neppure il Mondo 3 con il Mondo 1 [Popper 1977 p.60]:

asserisco che la maniera più caratteristica di afferrare gli oggetti del Mondo 3 è nell'avvalersi di un metodo che dipende ben poco, se non per nulla affatto, dalla loro incarnazione [in oggetti di Mondo 1] o dall'uso dei nostri sensi.

Per di più, il Mondo 3 esercita influenze su di noi, in misura anche maggiore di quelle di oggetti di Mondo 1, ed in questo senso si potrebbe forse dire che per noi esso è addirittura "più reale". Usando un'altra espressione colorita di Popper, dei matematici che arrivassero a teoremi falsi (ad es. $5+7=13$), verrebbero *presi a calci dalle leggi dell'aritmetica*.

Fin qui, tutto chiaro. Vi è però una certa consequenzialità storico-evolutiva o ascesa evoluzionistica [Popper 1994a], poco sondata da Popper, che tende a minacciare l'autonomia del Mondo 3. Essa è già riflessa nella stessa numerazione delle tre denominazioni: *prima* è venuto il Mondo 1, *poi* il Mondo 2, ed *infine* si è aggiunto anche il Mondo 3, anche se vi sono molti *feedback*. Ad esempio, la coscienza (Mondo 2) è pre-linguistica, dunque precede il Mondo 3, però è anche vero che la *piena coscienza di sé*, come la chiama Popper, emerge solo con il linguaggio, quindi solo dopo una (parziale) costituzione del Mondo 3. Per tenere a bada questo pericolo potenziale, egli spiega che questa sua terza tesi si può riassumere così: *contrariamente alla prima impressione, noi possiamo apprendere di più sul modo di produzione (production behaviour) studiando i prodotti in se stessi di quanto possiamo apprendere sui prodotti studiando il modo di produzione* [Popper 1968]. È questa la tesi che Popper definisce *anti-behaviouristica o anti-psicologista*. Andrebbe però notato che Popper, nel

criticare la dottrina dell'*essenzialismo*, dieci anni dopo così avrebbe scritto [Popper 1977, pp 17-8]:

Possiamo allora dire che i risultati della fisica moderna lasciano intendere la necessità di abbandonare l'*idea di sostanza o essenza*. Essi avanzano l'idea secondo cui non c'è alcuna entità identica a se stessa che permanga durante tutti i cambiamenti nel tempo (anche se in circostanze "ordinarie" i pezzi di materia si comportano così); non esiste cioè alcuna essenza che sia il supporto o il detentore permanente delle proprietà o qualità di una cosa. Ora (come ha sottolineato soprattutto A.N. Whitehead) l'universo appare non come una collezione di cose, bensì come un insieme di eventi o di processi interagenti.

Perché non cogliere questo come un appello a considerare i *veri oggetti*, gli abitanti di qualsiasi dei tre mondi reali, ed a maggior ragione, sembrerebbe, proprio quelli del mondo della conoscenza oggettiva, come *processi*, ed anzi, proprio come quei processi che mettono capo agli "oggetti" medesimi? Ma come conciliarlo, nel caso, con la separazione introdotta fra processo e prodotto a proposito del Mondo 3?

Se non vogliamo lasciare l'intero mondo dell'uomo al di fuori di ogni investigazione scientifica (psicologia, sociologia, politologia, ecc.), e mettiamo invece in questione ogni dualismo cartesiano-popperiano, la visione processuale individuata chiarissimamente da Popper ci potrà essere d'aiuto per volgere il problema dei concetti della scienza verso i processi sottostanti.

A questa ed alle due tesi precedentemente esaminate, Popper aggiunge poi tre ulteriori *tesi di appoggio*, che in certa misura portano a chiarimento alcuni dei problemi cardine del nostro lavoro.

1.2.4 Ulteriori tesi di appoggio

Terminiamo la nostra analisi del saggio *Epistemologia senza soggetto conoscente* con queste tesi aggiuntive [Popper 1968, p.157]:

La prima di esse è che il terzo mondo è un prodotto naturale dell'animale uomo, paragonabile ad una tela di ragno.

La seconda tesi di appoggio (una tesi pressoché cruciale, io penso) è che il terzo mondo è largamente *autonomo*, anche se

costantemente noi agiamo su di esso ed esso agisce su di noi: è autonomo a dispetto del fatto che sia un nostro prodotto e che abbia un forte effetto di *feed-back* su di noi; vale a dire su di noi *qua* abitanti del secondo ed anche del primo mondo.

La terza tesi di appoggio sostiene che la conoscenza oggettiva cresce attraverso questa interazione tra noi stessi e il terzo mondo e che si dà una stretta analogia tra la crescita della conoscenza e lo sviluppo biologico, e cioè l'evoluzione delle piante e degli animali.

La prima tesi è, dunque, una ulteriore sottolineatura del fatto che il Mondo 3 è un prodotto *naturalmente umano*, ma certo non sulla linea del processo di *naturalizzazione dell'epistemologia* inaugurato da Quine [1969], come viene chiarito dalla seconda. Questa, infatti, afferma l'assenza di *modulazioni specifiche* provenienti "dal basso" fra gli abitanti di questo mondo: questi sono dotati di una vita propria, autonoma, assolutamente irrelata. Fra le dinamiche della scienza e della natura, diciamo così, non vi è che un'analogia un po' vaga⁴. E fin qui Popper non ci ha aggiunto niente di nuovo. Ma viene adesso all'esempio del libro, da noi già incontrato all'inizio di questo capitolo, concentrandosi sul rapporto epistemologico scrittore-libro-lettore.

Dopo aver criticato l'opinione "secondo la quale un libro non è niente senza che ci sia un lettore", ribadisce che il contenuto di un libro è un *libro in sé*, dotato di una sua realtà indipendente. Vorrei a questo proposito fare un'osservazione.

Si ponga mente per un attimo a quel caso di oggetto di Mondo 3 che è un'opera d'arte. Prendiamo, ad esempio, un indiscusso capolavoro letterario quale *Il processo* di Franz Kafka. Non avendo esperienza della burocrazia di *certe società umane*, si riuscirà davvero a catturare il suo *contenuto oggettivo*? Cioè, al di là di eventuali conoscenze logicamente necessarie alla comprensione dell'opera, si riuscirebbe davvero a coglierne il significato artistico senza che si siano fatte *certe* esperienze di Mondo 2?⁵ E, soprattutto

⁴ E neanche il saggio *La teoria del pensiero oggettivo* in [Popper 1968] serve a dissipare questa sensazione.

⁵ Non so se il lettore avrà la mia stessa sensazione, ma, forse, il "contenuto oggettivo" dettagliato delle opere d'arte tende per noi ad intorbidirsi, man mano che ci allontaniamo dal tempo in cui furono concepite, e una parte almeno del contenuto pregnante scivola verso il fascino dell'enigma evocato da un mito recondito. Anche se, forse, ne guadagniamo in capacità di prenderne sufficiente distacco per renderlo oggetto di critica storica spassionata, magari giungendo persino ad espanderne il contenuto oltre i confini della sua stessa nascita dalla mente dell'autore. Ma anche questo, dopotutto, non conferma la prima sensazione?

se conveniamo che *la scienza, dopo tutto, è una branca della letteratura* [Popper 1968], perché mai l'esser compreso dovrebbe essere confinato entro l'ambito della *possibilità accidentale* (essere *comprensibile*), e non essere invece un indizio (forte) di un ancoraggio *reale* dell'opera letteraria (essere *prodotto* da una comprensione e *finalizzato* ad un'altra comprensione)? È fra teorie scientifiche e tele di ragno, canzonette, usanze e letteratura non cala sulla via dell'epistemologo una "notte in cui tutte le vacche sono nere"? E non potrebbe illuminarci proprio un'indagine sui processi diversi con i quali "si viene al Mondo 3"?

Ma allora, come vedremo nella Parte Seconda, diverrebbe sostenibile una naturalizzazione forte della conoscenza scientifica, che veda nel centro della scienza il *soggetto conoscente*, come nella mela il suo seme generatore.

1.3 Emersione del soggetto conoscente

Nel Mondo della scienza, dunque, Popper mette capo ad una dicotomia irresolubile (o, forse, sarebbe meglio dire che *vi parte*), tanto da professarsi esplicitamente *dualista cartesiano* [Popper 1974, p.206].

Come abbiamo appena visto, il termine "conoscenza" si sdoppia in due termini che si riferiscono a due "cose" di natura diversa [Popper 1968, p.169]:

1. Conoscenza soggettiva, consistente in certe disposizioni innate ad agire [credenze], e nelle loro modificazioni acquisite.
2. Conoscenza oggettiva, come, per esempio, la conoscenza scientifica, consistente in teorie congetturali, in problemi aperti, in situazioni problematiche e in argomentazioni [e non idee consce o pensieri intesi in senso soggettivo].

Vediamo ora alcune considerazioni critiche.

1) È innanzi tutto impossibile, rimanendo all'interno di questa dicotomia, *stabilire donde derivi la percezione del problema stesso* nel Mondo 3 [Tagliagambe 1991]. Si tratterà mica di un "miracolo" di tipo speculativo?

2) Per di più la conoscenza cosiddetta *oggettiva* è perseguita da un atteggiamento che così Popper ha "definito": *ciò che distingue l'atteggiamento razionale è semplicemente l'apertura alla critica* [Popper 1951-6 vol.I]. Non è un po' poco per l'epistemologo?

3) È assai consequenziale, poi, il ragionamento con cui si chiude *Il cammino della scienza* [Popper 1934sgg], con cui Popper lega la convenzionalità delle

asserzioni scientifiche ad una "assoluta certezza" che risiede *solo esclusivamente nelle nostre esperienze soggettive di convinzione, nella nostra fede soggettiva*. Sembra, dunque, che dobbiamo lasciare, da una parte, i nostri frutti "più umani" (Mondo 3) in preda all'attività di una soggettività razionale ma insondabile, e, dall'altra, le nostre attività psichiche (Mondo 2) private di ogni aspetto razionale ed in preda a brade *fedi soggettive*. Ma non è questa una situazione teorica che sancisce (inconsapevolmente) la specifica frattura culturale di una situazione storica assai contingente (per quanto plurisecolare)?⁶

5) L'intero ragionamento epistemologico di Popper, poi, ci lascia come unica attività certificabile quella di professare una *fede*, e semmai di "battere i pugni sul tavolo", parafrasandone una famosa espressione. Non ci è, però, possibile davvero motivare, *absit iniuria verbis*, le nostre motivazioni, né superarle, né controbattere quelle altrui. Ma se il dibattito critico può così facilmente diventare una finzione scenica, ci possiamo davvero ritenere soddisfatti sul piano epistemologico?

6) Non è forse "grave" che una moderna filosofia della scienza sia, a dir poco, scettica sul contributo che può derivarle dalle scienze di cui dovrebbe innanzi tutto difendere la dignità conoscitiva, e non cerchi di corroborarsi, invece, avvalendosi proprio delle scienze cosiddette "riflessive", quali la psicologia della cognizione, la sociologia della cultura, la storia della scienza?

7) Inoltre, se sembra indiscutibile che la ricerca inizi sempre da problemi, sarebbe anche opportuno riuscire ad individuare, all'interno di tutti i possibili problemi, dei tratti che differenzino i problemi *scientifici*, o almeno ben posti (ci accontenteremmo anche di meno che un criterio di demarcazione). Come amava dire Boltzmann, infatti, *porsi un problema scientifico è già iniziare a risolverlo*. Del resto, i maggiori problemi, nella scienza come nella vita, sono proprio quelli che non riusciamo neppure a formulare. In altre parole, i problemi scientifici, proprio nel loro esser formulati come tali, potrebbero essere già "impostati" per la soluzione (o, se si vuole, per una soluzione, senz'altro temporanea, la soluzione *scientifica* *datata e localizzata* del problema posto). Ma in questo caso, il problema della scienza sarebbe quello di riuscire a porsi, di volta in volta, il problema "giusto" e, per l'epistemologia, di chiarire i presupposti che costituiscono tale "giustezza". Ma qui non è forse imprescindibile l'indagine scientifica

⁶ Il dogmatismo s'annida dove meno te lo aspetti. E il richiamo a Hume diventa un imperativo metodologico.

sulle categorie del pensiero per andar oltre il vecchio e logoro dogmatismo kantiano?

La posizione di Popper qui esaminata, a questo punto, non mi pare più oltre sostenibile. Ma, e su questo sembra difficile dargli torto, cogliere l'appello dell'epistemologo alla psicologia non è facile. Non esiste a tutt'oggi una via pacifica alla conoscenza scientifica. Due sono i primi rischi da cui guardarsi. Innanzi tutto, uno *psicologismo ingenuo* non può essere una base epistemologica plausibile [Cassirer 1923 vol.III t.2, p.173]:

Ogni percezione come tale è data direttamente soltanto a un osservatore e nelle particolari condizioni di spazio e di tempo in cui questo si trova. Non è affatto evidente, anzi inizialmente non si vede affatto, come essa possa uscire da questo isolamento, come possa "collegarsi" ad altre percezioni.

Le asserzioni della scienza sono quanto meno *linguistificazioni*, dunque di natura *diversa* da una percezione. Devono essere compilate, inoltre, all'interno di un linguaggio (non necessariamente una lingua naturale) che è almeno logicamente precedente all'esperienza medesima, cui, kantianamente, *darà (una certa) forma*.⁷

Per riprendere proprio le fila della ricerca kantiana, sembra invece utile considerare questo passaggio di Popper [1977 vol.I, p.150]:

Ritengo che queste considerazioni rivelino come l'io non sia un "ego puro" [...], cioè mero soggetto. È invece incredibilmente ricco. Come fa il pilota, l'io osserva e nello stesso tempo intraprende delle azioni. Agisce e subisce; rammenta il passato e progetta e programma il futuro; è lì che aspetta e che dispone. Contiene in rapida successione, o tutti in un volta, desideri,

⁷ Che cosa rimane, però, della rivoluzione kantiana dopo il *toque* ultimo che Popper gli dà [Popper 1969, p.329]: [Kant] *suppone, correttamente a mio avviso, che il mondo quale lo conosciamo è una nostra interpretazione dei fatti osservabili, alla luce di teorie che inventiamo noi stessi. Come dice Kant: "Il nostro intelletto non trae le sue leggi dalla natura ... ma le impone alla natura". Anche se ritengo sostanzialmente corretta questa affermazione kantiana, essa mi sembra tuttavia un po' troppo radicale, e vorrei quindi formularla nella seguente forma modificata: "l'intelletto non trae le proprie leggi dalla natura, ma cerca di imporre ad essa - con variabili possibilità di successo - le leggi che liberamente inventa"*. Ma come poteva per Kant la conoscenza scientifica mai essere *oggettiva ed universale* in questi soli termini? Prima di un ritorno a Hume, servirà dunque un ritorno a Kant ed al suo "vicolo cieco" (v. cap. 4.2).

progetti, speranze, decisioni di agire e una coscienza vivida di essere un io che agisce, un centro di azione. E tale egoità (*selfhood*) l'io la deve in larga misura all'interazione con le altre persone, con gli altri io, e con il Mondo 3. E tutto ciò interagisce strettamente con l'enorme "attività" che si svolge nel suo cervello.

Se ci ancoriamo saldamente a questo testo illuminante, possiamo delineare un'intera nuova linea di ricerca, direi "non-popperiana", con la quale possiamo superare anche il *razionalismo astratto*. Infatti, soltanto se l'io conoscente non è *mera soggettività*, ovvero *soggetto assoluto*, esso può diventare *oggetto* di conoscenza *oggettiva*. E la sua attività tipicamente *soggettiva* di costruttore del Mondo 3, conseguentemente, non potrà più essere investigabile in maniera *assoluta*, cioè considerandola come prodotto dato, ma come prodotto *specifico* di processi *specifici*. Dovremo prendere le misure alla nostra ragione nel suo concreto operare, e non in astratto.

Secondo questa linea, che intendo sondare nel prosieguo di questa ricerca, il mondo della scienza (Mondo 3) non sarà scindibile dagli altri in maniera *assoluta*. Per comprendere il Mondo 3 (scienza) dovremo, allora, comprendere come funziona il Mondo 2 (mente) e, in prospettiva, anche il Mondo 1 (cervello).

Ma il problema epistemologico chiave che dovremo risolvere sarà quello di superare la dicotomia classica fra *relativismo soggettivistico* ed *oggettività assolutizzata*. Questi due poli, infatti, così come vengono posti, sono inconciliabili, antagonisti. Pare esservi, infatti, come in un gioco di tiro alla fune, da una parte, il *relativismo assoluto* che irrimediabilmente emerge da ogni referenzialità ad un soggetto, e, dall'altra, una *oggettività astratta* totalmente fuori portata umana (tanto che, persino una volta raggiunta, non saremmo neppure in grado di riconoscerla). La scienza ci si mostra, dunque, collocata proprio nello scomodo mezzo: in balla di uno strattone, o di qui, o di lì, *tertium non datur*.

Popper, come sappiamo, scelse la seconda alternativa, destinando l'oggettività a rimanere solo un *bersaglio irraggiungibile* [Popper 1968, p.85], da postulare più che altro come un'esigenza logica (di natura non troppo dissimile, dunque, dal *noumeno* kantiano): quasi un incontaminato, poetico asilo di fronte ad una Razionalità ormai perduta. Ma, come lo stesso Popper ci insegna, la riflessione scientifica sulla scienza non può non trasformare un rassicurante asilo intellettualistico in un inquieto laboratorio critico. La secca in cui si scopre (o riscopre) il poeta non può proprio essere accettata come definitiva dall'epistemologo, né tantomeno essa può essere

considerata un risultato con ambizione di scientificità.⁸ E qui inizia, dunque, la nuova partita teoretica, dall'esito finale assai incerto. Per quanto riguarda le questioni più strettamente attinenti all'epistemologia, possiamo riassumere così il problema che dovremo fronteggiare: è possibile "cavalcare la tigre" della presenza del soggetto senza finire in un relativismo soggettivistico?

Per Popper, ai fini dell'oggettività della *doxa*, è indispensabile che il soggetto, almeno quando fa scienza, riesca a produrre una conoscenza che prescinda da sé, una conoscenza in grado di sopravvivere senza soggetto conoscente. Quasi che trattare del soggetto volesse dire *diffalcare un ulteriore impedimento*, per dirla con Galilei. Come se, tirare in ballo il soggetto mandi all'aria la presunta purezza dell'oggettività. E se invece noi rovesciassimo il discorso, cercando di costruire una dottrina sperimentale della *relatività-ad-un-soggetto-reale* della conoscenza (Mondo 3), ed una dottrina storica di una *oggettività evolvibile* (Mondo 1 e Mondo 2), ovvero sufficientemente potente da evolvere se stessa in una forma originale di soggettività? Se, cioè, riuscissimo ad illuminare nelle scienze naturali il ruolo *oggettivo* di un soggetto osservatore-descrivente, e nelle scienze umane il frutto di un particolarissimo ente naturale, in continua evoluzione *soggettiva*, non si potrebbe forse azzardare la chiudibilità della forbice dualistica? Questa sarebbe una ideale ripresa di quella "dottrina del punto di vista" già incontrata in Cassirer, Ortega y Gasset e Mannheim.

Se si può, poi, continuare a concordare con Popper nonostante tutte le difficoltà che s'incontrano nell'argomentarlo, che "nella scienza noi cerchiamo la verità" [Popper 1968], o più precisamente la verosimiglianza, che le è, però, indissolubilmente connessa [ivi], bisognerà riuscire a fondare la scienza su qualcosa di più di un precetto morale e diradare quella diffusa aura poco razionale che avvolge la conoscenza e la cultura.

Un percepts-cosa non è "incorniciato-imprigionato" in una solitaria, data, esterna eternità; ma esso reca *anche* tratti della nostra propria esperienza, così come *anche* tratti di una realtà che da noi prescinde e che possiede

⁸ Scrive Italo Calvino [1988, pp 96-7]: *la fantasia dell'artista è un mondo di potenzialità che nessuna opera riuscirà a mettere in atto; quello di cui facciamo esperienza vivendo è un altro mondo, che risponde ad altre forme d'ordine e di disordine; gli strati di parole che s'accumulano sulle pagine come gli strati di colore sulla tela sono un altro mondo ancora, anch'esso infinito, ma più governabile, meno refrattario a una forma. Il rapporto tra i tre mondi è quell'indefinibile di cui parlava Balthus: o meglio, noi lo diremmo indecidibile, come il paradosso d'un insieme infinito che contiene altri insiemi infiniti. Oltre all'analogia fra questi tre mondi e quelli di Popper, si nota anche un'impasso conoscitivo davvero simile.*

proprie *particolari* dinamiche. Vi è, insomma, una dimensione in cui esso è *oggetto vissuto*, ed un'altra in cui è un *soggetto* di un'evoluzione possibile, ed anzi, probabilmente, *effettivamente* avvenuta in qualche caso in passato. Analogamente, noi stessi non siamo "incorniciati-imprigionati" entro una solitaria, coscienziale, intangibile bolla solipsistica; ma siamo *anche* oggetti di qualcos'altro e di qualcun altro, abbiamo, cioè, vie naturalistiche di dialogo col mondo e fra noi, e di costruzione di modelli mentali.⁹ Vi è, perciò, una dimensione in cui noi siamo liberi osservatori ed un'altra in cui anche noi siamo *anche* oggetti naturalistici. Non ci esauriamo, certo, in questa dimensione concreta, ma neppure la nostra visione di un oggetto o le leggi di Newton, del resto, si esauriscono in un nostra mera ipotesi astratta. Conoscere oggettivamente comporterà, *de jure*, il riconoscimento delle vie con le quali un soggetto *come noi*, nelle *nostre* precise condizioni, è venuto *de facto* conoscendo e, più in generale, vivendo. Sarà necessario, infatti, rendere esplicita la dimensione psicologia della conoscenza e, più in generale, il suo radicamento nel riferimento dell'esperienza e della biologia del soggetto. La *relatività* della nostra conoscenza ci si mostrerà più avanti (cap. 5), con paradossalità soltanto apparente, come la *condicio sine qua non* della sua *affidabilità*.

Altrimenti, siccome di una psicologia, come di un punto di vista, non si può fare a meno, finiremo sempre per presupporre proprio ciò che, al contrario, volevamo ricavare. Così scrive al proposito Legrenzi, molto lucidamente [Legrenzi 1975, p.91]:

è bene tener presente un passo di Köler [1969]: "Anni fa la gente non sapeva che si deve nettamente distinguere tra percetti-cose ed oggetti fisici. Allora un percetto-cosa era al tempo stesso un oggetto fisico; eliminando dal primo alcune aggiunte soggettive quel che rimaneva era la cosa fisica". Parafrasando questo passo potremmo dire: "Anni fa la gente non sapeva che si deve nettamente distinguere tra processi di pensiero e strutture logiche. Allora un processo di pensiero era al tempo stesso una struttura logica; eliminando dal primo alcune aggiunte soggettive, quel che rimaneva era la forma logica".

⁹ Non dobbiamo, forse, riscattare il corpo e la nostra sensibilità nella tradizione occidentale? In un certo senso, non ci siamo mai destati dal sonno dogmatico; è ancora dunque il tempo di un ritorno a Hume.

Non si tratta, dunque, di "depurare" la soggettività delle descrizioni, né di "depurare" la contingenza dei ragionamenti, ed espellere ciò che *di fatto* è, poi, la nostra vita. Ciò si farebbe di un'incrostazione superficiale. Ma descrizioni e ragionamenti andranno, al contrario, iscritti proprio nel *core* dell'agenda di ricerca dell'epistemologia contemporanea, quale fuoco problematico primario e cartina di tornasole per gli stessi *science studies*. A questo indirizzo ci volgeremo, senza più quindi respingere aprioristicamente dall'epistemologia quelle caratterizzazioni della "conoscenza del mondo" che sono, in realtà, caratterizzazioni del modo *specifico* di un *particolare* soggetto cosciente di stare realmente a *questo mondo*. Ma, al contrario, cercheremo di estendere a questo stesso soggetto i metodi di studio consolidati nelle tradizioni delle discipline scientifiche storicamente costitutesi. Terremo anche presente che, anche qui e più in generale, si possa convenire con della Volpe [1950, 1969, pp 268-9]:

per fare ciò è giocoforza porsi il problema logico-gnoseologico del rapporto di pensiero e realtà o rapporto ragione-materia e non sacrificare alla paura della metafisica questo e altri problemi che non sono più, se pur lo sono mai stati, prerogativa della metafisica, mentre par difficile contestare che essi appartengano comunque a ogni filosofia degna del nome: in quanto scienza che col metodo il più antidogmatico possibile intende eliminare e risolvere il numero maggiore possibile di presupposti o dati altrimenti inspiegati e attingere così la maggiore unità possibile delle cose.

Nel tentativo di acquisire nuove delucidazioni sulle condizioni alle quali una *doxa*, ovvero opinione stimata, possa aspirare ad essere la nostra episteme, ovvero conoscenza *localmente salda*, seguiremo il suggerimento di Ortega y Gasset [1923, p.91]:

Ed è proprio questo ciò che non va: è inaccettabile sia l'assolutismo razionalista - che salva la ragione e annulla la vita - sia il relativismo che salva la vita facendo evaporare la ragione. La sensibilità dell'epoca che ora comincia è caratterizzata dalla sua ribellione a questo dilemma: non possiamo prendere posizione in modo soddisfacente per nessuno dei suoi termini.

I passi della nostra indagine andranno, allora, alla volta di una ragione *de facto* a dimensione umana e di una relatività *de jure* dell'episteme, alla ricerca di quella che possiamo chiamare una *episteme relativistica*. Ci limiteremo, nei prossimi due capitoli, al solo primo scoglio che si para dinanzi a questa linea di ricerca, e cioè, al vecchio *problema degli universali*.

Se le asserzioni scientifiche devono valere "per più percezioni", e non solo quella parziale che tutt'al più ci può motivare, esse devono contenere termini che è gioco-forza siano linguisticamente universali e non nomi singolari di istanze sensoriali, sempre essenzialmente contraddistinte dalla loro unicità ed irripetibilità: si tratta della *trascendenza inerente ad ogni descrizione* [Popper 1934sgg, par. 25, ed anche Popper 1963].

Ma hanno le nostre descrizioni, ed i termini categoriali in particolare, un qualche particolare statuto epistemologico? Più in generale, attraverso quale processo mentale ci costruiamo i concetti, ovvero quelli che in antichità si chiamavano "universali"? Per rispondere a questa domanda dobbiamo esaminare gli studi recenti della psicologia sperimentale sulla *categorizzazione*. Vi scopriremo una tendenza emergente verso un approccio processuale che, nella Parte Seconda ci condurrà ad investigare come *case study* i ragionamenti euristici di uno scienziato: Albert Einstein. Vedremo come cognizione "di Mondo 2" e cultura "di Mondo 3" ci daranno una prima spiegazione di una teoria "di Mondo 3".

2. Le categorie scientifiche nella psicologia del pensiero

[...] chi proprio ora scorge un oggetto per lui nuovo, in lui si mettono in moto una quantità di rappresentazioni, che, per la parziale somiglianza con quello, vengono in parte riprodotte.

Fra loro, come le determinazioni, oscilla quel nuovo, come il determinabile; e nasce la domanda: che è questo?

Johann Friedrich Herbart [1816]

Lo studio della categorizzazione concettuale, cioè dei procedimenti di elaborazione, apprendimento e comunicazione dei concetti e di classificazione ed identificazione di istanze individuali¹⁰, è di grande interesse per la psicologia del pensiero. Per iniziare ad esaminare il contributo della psicologia sperimentale allo studio epistemologico delle categorie scientifiche, conviene accogliere la seguente definizione [Bruner *et al.* 1956, p. 15]:

Categorizzare è rendere equivalenti cose distinguibilmente differenti, aggregare gli oggetti, gli eventi e la gente intorno a noi in classi, e rispondere ad essi nei termini della loro appartenenza ad una classe, anziché della loro singolarità.

Conseguentemente, sembra fondamentale esaminare [ivi, p. 11]:

ciò che avviene, quando un essere umano intelligente cerca di analizzare l'ambiente in classi significative di eventi, in modo

¹⁰ Per individui possiamo, per il momento, intendere: a) istanze considerate elementari (una sedia in quanto elemento di una specie di mobili, una farfalla in quanto elemento di una specie di animali *et sim.*), b) aggregati comunque complessi, in quanto vengano, però, trattati come entità singolari (una sedia intesa come composta di più parti funzionalmente legate, una farfalla intesa come indivisibile organismo vivente *et sim.*), c) quantità di materia di medesima composizione chimica (dell'oro, dell'aria *et sim.*). Ulteriori specificazioni verranno fornite più avanti.

che possa finire col trattare come equivalenti cose che si possono distinguere come diverse.

Ma nel caso delle *categorie della scienza* le cose sono assai complicate proprio da quell'espressione, in apparenza innocua, "in modo che" che qui compare: quali sono, infatti, le condizioni di *adeguatezza empirica* di una categoria scientifica?

Gli stessi Bruner *et al.*, del resto, così concludevano la loro ricerca sui concetti [ivi, p. 357]:

Abbiamo trovato più significativo considerare un concetto come una rete di inferenze da segno a significato, mediante le quali si va al di là di un insieme di proprietà criteriali *osservate*, presentate da un oggetto o evento, verso l'appartenenza dell'oggetto o evento ad una classe, quindi verso inferenze addizionali circa altre proprietà *non osservate* dell'oggetto o evento. [...] la definizione operativa di un concetto è la rete di inferenze che entrano o possono entrare in gioco grazie ad un atto di categorizzazione.

Noi, però, non formuliamo tutte le inferenze possibili, né tutte le inferenze sono egualmente argomentate nella scienza. E la ricerca proprio di quei processi che producono le inferenze della scienza ci guiderà per tutta la presente ricerca. Per uscire però dal generico e per cominciare a diradare le nebbie che avvolgono le categorie, affrontiamo due questioni fondamentali che subito si pongono: in quali contesti ci imbattiamo nell'uso di una categoria e con quali conseguenze per la nostra conoscenza?

2.1 Usi e finalità della categorizzazione

Iniziamo chiedendoci quale sia l'uso che normalmente facciamo delle categorie¹¹, sin dalle attività quotidiane.

¹¹ Nel prosieguo del nostro lavoro, incontreremo dei termini che, benché di assai difficile e tuttora discussa definizione, rendono sin d'ora opportuna una precisazione che si mostrerà più chiara nel seguito. Partiamo, innanzi tutto, dall'esistenza di *oggetti* che possono essere naturali (es.: un sasso, un cane, una molecola d'acqua, ecc.) o artificiali (es.: una sedia, un'automobile, un bicchiere di coca-

Le categorie compaiono in moltissime attività umane, e risulta perciò difficile ogni classificazione troppo rigida. Possiamo articolare l'uso della categorizzazione in quattro macro-attività¹²: categorizzazione semplice, categorizzazione complessa, significazione linguistica e composizione di stati cognitivi.

La *categorizzazione semplice* è l'uso precipuo di una categoria, con il quale assegniamo ad un'istanza singola (*individuo*) un doppio legame di *appartenenza estensionale* ad una classe-riferimento e di *rappresentanza intensionale* di un concetto-senso, entrambi connessi ad una categoria in semplice isolamento definitorio, ovverosia una categoria generica (*genere*), sia questa naturale (es.: *mammifero*), artificiale (es.: *automobile*) o astratta (es.: *numero*). Ad esempio, diciamo che una particolare automobile è *membro* della classe delle automobili ed è un'istanza del concetto di automobile.¹³

La seconda macro-attività che, per contrasto, possiamo chiamare *categorizzazione complessa*, è un ampliamento della precedente. Essa consiste nell'assegnare un'istanza ad una categoria complessa, cioè una categoria (*specie*) che, in quanto più specifica del caso precedente (essendo essa logicamente scomponibile in una serie di categorie più semplici dal punto di vista intensionale e più ampie da quelle estensionale), ci costringe a stabilire immediatamente delle relazioni fra categorie. Anche in questo caso si possono avere categorie naturali (*uomo* = mammifero, bipede, a stazione

cola, ecc.), ma anche astratti (es.: un numero, un concetto, una metafora, un insieme o una proprietà di oggetti, ecc.) o, infine, degli accadimenti (es.: un evento, un'azione, ecc.). Possiamo ipotizzare che alcuni di tali *oggetti* costituiscano delle *classi* (generi, specie, varietà ecc.), nella misura in cui esistano dei legami di parentela di qualche tipo fra di essi, dovuti tipicamente a processi ad essi sottostanti, dotati di regolarità. Ma il cervello entra ogni volta in contatto con tali *oggetti* soltanto attraverso l'esperienza personale, con la mediazione dell'esperienza socialmente codificata (lingua, cultura, abitudini, educazione, formazione specialistica). Sono le "rappresentazioni mentali di questi oggetti" ("oggetti") che vengono memorizzate nella memoria a lungo termine. Esse sono, dunque, *embodied* nella natura delle capacità biologiche umane e dell'esperienza condotta entro un dato mondo fisico e sociale [Lakoff 1987]. Individuando dei legami fra gli "oggetti", possiamo stabilire delle parentele, ovvero delle "classi" (e non necessariamente delle intere tassonomie) che chiameremo *categorie*. Un *concetto* non è che l'esito temporaneo di una *categoria* mentalmente attivata in un certo contesto, ed avrà, quindi, una parte delle informazioni indipendente dal contesto ed una parte dipendente dal contesto [Barsalou 1982]. Possiamo dunque pensare ad una *categoria* come ad una sorta di raccordo cognitivo fra *oggetti* e *concetti* (per il tramite dei legami stabiliti fra gli "oggetti" e fra questi e gli oggetti).

¹² Sviluppo qui piuttosto liberamente l'impostazione comune a Rey [1983] e Medin e Smith [1984], cercando di adattare i loro contributi al nostro tema della categorizzazione nella scienza.

¹³ Nella Parte Seconda ci troveremo ad affrontare assai più diffusamente la distinzione fra categorie di genere e categorie di specie, nel capitolo dedicato ad Aristotele.

eretta...), artificiali (*utilitaria* = automobile di piccola cilindrata, piccole dimensioni...) o astratte (*numero intero* = numero divisibile soltanto per 1 e per se stesso). Possiamo però anche intendere l'appartenenza ad una categoria come la disposizione ad un comportamento regolato da una legge scientifica, proprio per la generalità con cui stiamo qui operando con il termine categoria. Ad esempio, se un oggetto *così e così* viene fatto cadere in un campo gravitazionale dato, allora esso si viene a trovare in una condizione di *moto* (moto generico), ma più specificamente il suo moto appartiene alla categoria *moti uniformemente accelerati* (moto specifico) e se vogliamo, alla sotto-categoria di quelli aventi esattamente *una certa accelerazione*.

Con la *significazione linguistica*, poi, si intende quell'uso comune della categoria, assai difficile da delimitare, che ne permette la messa in relazioni con altre, secondo relazioni linguistiche di sinonimia/antinomia, somiglianza/differenza, analogia, implicazione semantica ecc. Ad esempio, si tratta di quella parte del significato del termine "automobile" per cui, secondo il *Vocabolario della lingua italiana* Zingarelli, la categoria associata, *automobile*, ha relazioni quali:

- sinonimia con l'espressione "*veicolo*, generalmente a quattro ruote, mosso da un proprio motore per lo più a combustione interna e destinato al trasporto su strada di un numero limitato di persone";
- somiglianza con la categoria *fuoristrada*;
- antinomia con la categoria *camion* (almeno in certi contesti, si pensi ad esempio ad alcuni cartelli stradali);
- e può essere anche messa in relazione con altre categorie quali motore, portiera ecc.

Infine, abbiamo una quarta macro-attività: la *composizione di stati cognitivi*. Si intende con essa l'uso di una categoria che ci permette di esprimere delle credenze o preferenze soggettive. Ad esempio, c'è chi ritiene le *automobili* responsabili dell'inquinamento delle città; c'è chi preferisce l'*automobile* alla *motocicletta*; c'è chi ritiene le *automobili* classificabili in *n* fasce di mercato, a seconda delle *n* preferenze per *stili di vita* dei loro proprietari o potenziali acquirenti, ecc.

Le ricerche sperimentali si sono concentrate prevalentemente sulle funzionalità che una categoria attiva nelle prime due macro-attività cognitive qui considerate, che sono per altro le uniche entro le quali ci muoveremo in questa sede, perché di maggiore interesse per la psicologia della scienza.

Passiamo ora ad esaminare l'altra questione accennata, e cioè quali sono le principali conseguenze di tali usi delle categorie, sempre tenendo fermo il nostro focus sulla conoscenza scientifica.

Chiediamoci dunque a che cosa servono le categorie. Non è meno difficile rispondere a questa seconda domanda, perché è quasi impensabile una qualunque attività umana consapevole, e fors'anche inconsapevole, che possa fare a meno di categorie percettive o concettuali. Sempre in vista delle categorie scientifiche, possiamo isolare alcune funzionalità particolarmente evidenti e rilevanti: riduzione della complessità, identificazione di oggetti/eventi, istituzione di reti relazionali e comunicazione categorizzata.¹⁴ Abbiamo, innanzi tutto, la possibilità di operare una *riduzione della complessità ambientale*, e in certa misura "dominare" la *rapsodia delle percezioni* (Kant), pur potendo anche incorrere in vistosi errori. Con questa *economia cognitiva* [Rosh 1978] diviene anche possibile, comunque, rompere l'*escalation* psicologica del *coinvolgimento*, guadagnando tanto in conoscenza dei processi, quanto in autocontrollo emotivo. Può quindi iniziarsi quel *distacco* psicologico primario senza il quale non può aversi alcuna riflessione razionale, e tantomeno l'inizio di una riflessione scientifica [Elias 1983]. Le categorie ci forniscono, insomma, le basi per la *nostra stabilità del mondo* [Smith, Medin 1981], e forse costituiscono addirittura i tasselli più elementari della memoria semantica. Si può dire che una *spiegazione nomologico-deduttiva* sia un particolare raffinamento di questa funzionalità, con il suo ricondurre un caso particolare e sempre variabile, sotto una più stabile *legge di copertura di forma universale*.¹⁵ Ma una domanda che sembra ineludibile, è se tale costruzione abbia qualche fondamento nella realtà. Se, insomma, quei raggruppamenti di ritagli-oggetti che sono significati dalle categorie e che si stagliano sullo "sfondo" del mondo percepibile, di per sé infinito, rispecchino delle regolarità disposizionali o no.

In secondo luogo, grazie alle categorie risulta possibile operare una *identificazione di oggetti/eventi*, e cioè riconoscere "cose nuove" come analoghe ad altre già incontrate in passato, e dunque membri di una classe già nota, e regolare conseguentemente le nostre azioni. Essa ha a che fare strettamente con l'induzione o, per dirla con Nelson Goodman, con la

¹⁴ Quanto segue è in parte una rielaborazione di Bruner *et al.* [1956, per cui v. anche Kanizsa *et al.* 1983].

¹⁵ Assieme a condizioni iniziali particolari ed altre ipotesi ausiliarie come osservato in [Popper 1934sgg] ed [Hempel 1965].

proiezione da un qualunque insieme di dati ad altri [Goodman 1955, 1983]. Essa dunque permette, fra l'altro, un "completamento" delle scarse informazioni già disponibili circa tale "nuova" istanza, sotto forma di estrapolazione ipotetica di conoscenze pregresse. Inoltre, la nostra idea di conoscere una "cosa" è spesso molto vicina al possederne una attribuzione categoriale, al sapere "di che tipo è", e cioè ad avere una sua collocazione entro un sistema di categorie. Anche perché questo ci permette di effettuare delle previsioni circa i suoi possibili e più probabili comportamenti in futuro.¹⁶ Scrive, ad esempio, Dewey [1938, p.313]:

Un singolare inteso come mero questo pone sempre un problema. Il problema viene risolto accertando cosa esso sia - cioè, la specie alla quale appartiene. [...] La descrizione è qualificazione dell'oggetto singolo come oggetto di una specie.

Anche senza giungere ad estremi misticismi di tipo linguistico, che richiamano alla mente il pensiero magico diffuso anticamente o tuttora fra popolazioni primitive, come anche le superstizioni in cui ci imbattiamo quotidianamente alle nostre latitudini culturali, nominare è comunque per noi essenziale.

La spiegazione *nomologico-deduttiva*, e dunque la conoscenza che ad essa mette capo, risponde anche a questa esigenza. È evidente, infatti, la potenza previsiva che tale modello di spiegazione può rappresentare. Di fronte ad un oggetto/evento riconosciuto come appartenente ad una data classe per la quale vale una legge scientifica, si potranno attendere legittimamente delle altre caratteristiche aggiuntive, dei comportamenti, delle evoluzioni "standard". E dunque si potrà andare *oltre l'informazione data* [Bruner *et al.* 1956], nella presupposizione di validità di una ineliminabile clausola *ceteris paribus*.

Inoltre, noi ordiniamo le categorie in reti di relazioni astratte, e ciò, probabilmente, già in corso di elaborazione ed apprendimento: abbiamo, cioè, l'istituzione di *reti di relazionalità intercategoriale*. Proprio riflettendo su queste reti, distinguiamo due "tipologie di diversità" che le cose e gli eventi possono manifestare e che è bene tener distinte sin da ora. La prima, consiste in quella *diversità₁* che oggetti/eventi presentano quando li

¹⁶ Tale valore predittivo fu evidenziato già da Aristotele nel suo concetto di *ousia*, come meglio vedremo nella Parte Seconda.

riconosciamo come membri di due *diverse* categorie (ad es. : un'automobile ed una motocicletta), mentre la seconda, in quella *diversità₂* che essi presentano quando li riconosciamo come *membri diversi* di una medesima categoria (ad es. : due automobili di stesso modello, versione, allestimento, colore...). La differenza logico-psicologica di queste due diversità è testimoniata sperimentalmente anche dalle differenti tendenze che si registrano nel confronto intracategoriale e in quello intercategoriale. Si assiste infatti ai due fenomeni opposti della *assimilazione intracategoriale* (abbattimento della *diversità₁*) e del *contrasto intercategoriale* (esaltazione della *diversità₂*).¹⁷

Ma queste due tipologie di relazioni funzionali fra "dati oggettivi" sono a loro volta dei concetti, presuppongono delle categorie, seppur di tipo prettamente relazionale. Possiamo, in certo modo, considerarle degli *oggetti di secondo grado*, ed anzi, da un punto di vista logico, esse sono i capostipiti di una serie sterminata di "oggetti" di questo nuovo tipo, che popolano tutte le teorie scientifiche. E la scienza, da questo punto di vista, non è che un *particolare intreccio fra "oggetti di primo ordine" ed "oggetti di secondo ordine"* [Cassirer 1910]. Se il compito dello scienziato è quello di *creare un ordine nei fatti* [Poincaré 1902], compito ineludibile per l'epistemologo diviene quello di individuare la specificità di questo *intreccio ordinatore* di categorie e di categorie di categorie che distingue, se la distingue, la scienza da altre forme di conoscenza. E inoltre, resta anche da valutare in che misura la scienza riesca effettivamente a fare ordine nel mondo in cui siamo immersi, noi assieme alle nostre produzioni intellettuali.

La quarta ed ultima funzionalità indotta dalla categorizzazione degli oggetti/eventi che qui consideriamo è quella manifestata in ogni occasione di comunicazione linguistica, per la possibilità che essa fornisce di intendere con un segno-nome una classe di ritagli-oggetti, e che chiamiamo *comunicazione categorizzata*. Le categorie permettono, insomma, all'individuo di parlare non solo un *idioletto*¹⁸, ma una vera e propria *lingua*

¹⁷ Tajfel ha messo per la prima volta in rilievo le due differenti tendenze in un contesto di categorizzazione sociale fra *ingroup* ed *outgroup*, evidenziando quindi alcune (forse fondamentali) sorgenti cognitive per i pregiudizi sociali [Tajfel 1959]. Di qui egli ha poi esteso la sua indagine trovando evidenze simili anche in altri contesti [Tajfel 1969; Tajfel, Wilkes 1963]. Le *prospettive degli insider e degli outsider*, per usare i termini di Merton [1972 in Merton 1973], e cioè, rispettivamente, le dottrine socio-culturali condivise dagli appartenenti ad un movimento sociale (*verità-insider*) in contrapposizione a quelle degli esclusi (*non-verità-outsider*), potrebbero essere utilmente riconsiderate alla luce di questo fondamentale effetto cognitivo.

¹⁸ Si tratta della "lingua" parlata da un solo individuo, ammesso che ciò sia effettivamente possibile senza alcun coinvolgimento di altri, cosa della quale si potrebbe dubitare seguendo il famoso argomento di Wittgenstein sul *linguaggio privato* [1945-49] e le riflessioni etnolinguistiche *ante litteram* di Maupertuis [1748].

condivisa da altri. Solo così può avvenire uno scambio informativo fra soggetti. Alle categorie dobbiamo, dunque, ascrivere un ruolo determinante nel (parziale) superamento dell'irriducibilità delle differenze nelle conoscenze individuali, della ineliminabile personalità di ogni esperienza. Esse, dobbiamo riconoscere, realizzano un "ponte intersoggettivo" così importante per la conoscenza scientifica, anche se non vogliamo qui aderire ad un radicale convenzionalismo istituzionalizzato. Se senza categorie non sarebbe possibile un linguaggio (quale noi lo intendiamo in senso pieno del termine, cioè un linguaggio di comunicazione interpersonale), ciò implica che le categorie costituiscono la base intellettuale della cultura comune, poiché forniscono la *strutturazione in schemi del mondo* [Bruner 1990], e dunque il fondamento del *patrimonio simbolico comunitario*.

Esaminate queste funzionalità delle categorie, va ora rimarcato, ancora con Bruner *et al.* [1956], il ruolo chiave giocato dall'apprendimento linguistico delle categorie nel corso del processo di *socializzazione* primaria e secondaria, ed in certa misura addirittura presupposto da tutte le funzionalità qui esaminate. Si può addirittura convenire che è *stranamente difficile recuperare l'innocenza preconettuale* [ivi, p. 85]. Ma perché una tale "stranezza"? Quanto è *fondante* per il conoscere (per ogni forma di conoscenza, non solo per quella scientifica, ma forse persino per la percezione) la categorizzazione? E per quanto riguarda la scienza, fino a che punto la teoria e la classificazione (perceptiva e concettuale) *costituiscono* la nostra "base empirica"? In questa riproposizione del problema teorico-fattuale, che tanta parte ha avuto nella filosofia della scienza degli ultimi cento anni, cioè a partire almeno da Mach, Poincaré e Duhem, e poi con Popper, Hanson, Kuhn, Lakatos e Feyerabend fino ai giorni nostri, le categorie risaltano certamente come *fondamentali* per la conoscenza.

Esse forniscono delle pre-condizioni per una *minore necessità di apprendimento costante* [Bruner *et al.* 1956, p. 31], permettendo l'accumulazione organizzata ed il riutilizzo, anche a fini previsionali, delle conoscenze pregresse, proprie o altrui. Di conseguenza, dalle categorie dipendono anche la concentrazione della nostra attenzione, la non saturazione della nostra memoria e l'economia delle nostre capacità cognitive attraverso la *dimenticanza selettiva*, e in generale ciò che costituisce quell'*insostituibile, felice dono del dimenticare* [Cassirer 1910]. La stessa *primitiva distinzione* fra diversità intracategoriali e diversità intercategoriali, come abbiamo visto, prelude alla formazione dei concetti funzionali. Ecco allora che è facile ravvisare il ruolo cognitivo svolto dalla categoria nelle due "fasi" dell'*information processing* della nostra mente [Simon 1977, §5.2].

Infatti, sia nella *familiarizzazione* (immagazzinamento di informazione della memoria a breve termine in un simbolo indicizzato, che viene posto nella memoria permanente) che nella *dimenticanza selettiva* (cancellazione dell'informazione residente nella memoria a breve e mantenimento di quella posta nella memoria a lungo termine) la categoria sembra essere una *guida euristica*, rispettivamente, su cosa e come conservare e cosa, invece, dimenticare rapidamente. Le categorie, insomma, sembrerebbero costituire una sorta di sistema di riferimento ed orientamento per i processi cognitivi, ad un livello assai basilare della cognizione umana.

In particolare, poi, la categoria propriamente scientifica verrà configurandosi nel corso della nostra analisi come il risultato di un incremento di *stabilità* ed *affidabilità* nelle categorie "comuni": con caratteristiche tanto *diacroniche*, nel riconoscimento dell'identità tipologica delle rappresentazioni di un "medesimo" oggetto/evento nel corso del tempo, quanto *sincroniche*, nella rappresentazione di oggetti/eventi diversi da parte di un "medesimo" soggetto, e infine *intersoggettive*, nella rappresentazione da parte di diversi soggetti del "medesimo" oggetto/evento. Si ricordi d'altronde l'etimo greco di *episteme*, che la vuole, appunto, *conoscenza (più) salda*.

2.2 Il modello classico della categorizzazione

Ci si pone ora il problema di come venga *costruito* un concetto. Prenderemo dapprincipio in considerazione, emblematicamente, quelle categorie che istituiscono delle classi di oggetti naturali od artificiali, che vengono espresse da un *nome comune* (nella supposizione che qualunque linguaggio possa effettivamente essere utilizzato), e stringeremo progressivamente il fuoco sulle specificità della *categoria scientifica*.

Più in particolare, ci concentreremo sin d'ora sulle prime tre finalità ora esaminate, e solo in via subordinata si potranno trarre delle conseguenze anche per la quarta. Inoltre, rimarranno del tutto fuori dalla portata di questa analisi gli usi prettamente linguistici (*significazione linguistica*) o concernenti gli stati cognitivi (*composizione di stati cognitivi*). Ma veniamo subito agli studi teorico-sperimentali sulla categorizzazione.

La situazione che si è oggi venuta a creare vede in sostanza una contrapposizione fra una tradizione "classica" centrata sulle *caratteristiche specifiche* del concetto, da un lato, ed una serie di "modelli" alternativi, fra

cui spicca il “modello per prototipi” centrato su alcuni *esemplari tipici*, dall'altro. Cominciamo con il cosiddetto “modello classico”, cioè con il modello che vanta ascendenze filosofiche più antiche, seguendo le linee espositive tradizionali della letteratura psicologica, e rinviando maggiori dettagli sui suoi fondamenti storico-filosofici alla Parte Seconda.

In ambito psicologico questo modello venne formulato per la prima volta da Wundt nel 1894, e venne ripreso dopo una trentina d'anni, con particolare incisività sperimentale, dal lavoro di Clark Hull [1920] nell'ambito del (neo)behaviorismo. È proprio questo il luogo classico per una prima descrizione del modello. Il già citato lavoro di Bruner *et al.* [1956] fornisce, per altro, un'esposizione molto più articolata del modello inteso nel suo senso più ristretto, cioè nel senso in cui solitamente ci si riferisce ad esso in ambito psicologico. Ma l'esposizione più ampia e sistematica, e che possiamo definire ormai canonica, è costituita dall'esposizione di Smith e Medin [1981]. È complessivamente a queste esposizioni che ci riferiremo per individuare il cuore teorico del modello e per tentarne una estrapolazione verso i terreni della categoria scientifica.

Per **modello classico** della categorizzazione in psicologia si intende una rappresentazione che vede il suo nucleo fondante in una lista rigida di *caratteristiche definitorie*, usualmente poche, e tutte, comunque, parimenti *essenziali*. In questa ottica, non siamo affatto interessati ai *processi* effettivi di apprendimento categoriale e neppure alle *procedure* effettive di identificazione delle istanze di un concetto come appunto tali. Siamo, invece, soltanto rivolti a quella *condizione* necessaria e sufficiente affinché sia possibile attribuire (veridicamente) al soggetto di una nostra proposizione l'appartenenza a tale concetto-predicato. Per così dire, “l'essenza” della concezione di questo modello è tutta racchiusa in questa affermazione [Bruner *et al.* 1956, p. 18]:

la categorizzazione che fissa l'identità di un individuo attraverso mutamenti e la categorizzazione che aggruppa più individui, dipendono insieme da ciò che Michotte [1950] discute come la presenza di un *cachet spécifique* o qualità essenziale.

Con un tale approccio, però, lungi dall'esaurirsi, i problemi in effetti si spalancano in ogni direzione.

Cos'è, infatti, *essenziale* per un individuo? Cosa va inteso esattamente per *identità* (e *veridicità*)? Cosa può essere *soggetto* di predicati? Cosa viene, poi, realmente *predicato* di un soggetto: una proprietà costitutivamente

necessaria del soggetto oppure delle nostre rappresentazioni utili soltanto per intenderci fra noi?

In questa sede, non si cercherà di dare risposta a domande tanto fondamentali. E, per ora, ci limitiamo ad affrontare una questione molto più limitata: quali sono, innanzi tutto, le *caratteristiche* di una categoria che dobbiamo considerare? Bruner *et al.* indicano *una qualsiasi distinguibile caratteristica di un evento, che è suscettibile di qualche variazione discriminabile da evento a evento* [1956, p. 50]. Ma se vogliamo esaminare più da vicino le caratteristiche definitorie, ci accorgiamo ben presto che esse devono godere di certe proprietà (*caratteristiche?*). Così possiamo riassumere queste “caratteristiche delle caratteristiche” - *absit iniuria verbis* - secondo il presente modello.¹⁹

Il modello è costruito attorno al requisito della *necessarietà e sufficienza* delle caratteristiche che costituiscono il nerbo definitorio della categoria. Più precisamente, qualunque cosa siano esattamente, esse devono essere *singolarmente necessarie e congiuntamente sufficienti*, tanto per la definizione del concetto associato alla categoria, quanto per l'identificazione dei membri dell'associata classe. Dunque, ogni membro della classe cui la categoria si riferisce deve possedere ciascuna delle caratteristiche definienti e, viceversa, ogni individuo che mostri tutte le caratteristiche definienti della categoria deve appartenerele. In altre parole, ogni membro della classe deve “portare” ciascuna delle caratteristiche definienti, ed il concetto espresso dalla categoria deve “esaurirsi” nella semplice congiunzione logica di tali caratteristiche.

La categoria risulterà, quindi, logicamente definita dalla congiunzione delle sue caratteristiche definitorie:

$$\text{Cat} = \{ C_1 \wedge C_2 \wedge \dots \wedge C_i \wedge \dots \wedge C_n \}$$

In questo modo si realizzano subito, però, una serie di nessi logici rilevanti. Innanzitutto, scatta un nesso di *implicazione semplice* fra l'essere elemento di quella classe raffigurata dalla categoria (A) ed avere una di quelle proprietà (B): “se A, allora B”, intesa quale *implicazione materiale*, e dunque logicamente in tutto equivalente all'implicazione “o $\neg A$, oppure anche B”.

¹⁹ L'esame che segue prende l'avvio dal lavoro di Smith e Medin [1981], proponendone alcuni approfondimenti ed ulteriori specificazioni.

Secondariamente, compare anche un nesso *condizionale congiuntivo*: “se fosse A, allora sarebbe B” (senza impegno alcuno sulla realtà o falsità contingenti della condizione in premessa) ed uno di tipo *condizionale controfattuale*: “¬A, ma se fosse stato A, allora sarebbe stato B” (con impegno dunque sulla falsità contingente della condizione in premessa).

Tali tre nessi, con l’aggiunta della condizione di *sufficienza*, sono ora riassumibili in un unico nesso di *doppia implicazione*: “se e solo se A, allora B”, fra l’aver tutte quelle caratteristiche e l’essere elemento della classe.

È palese che qui si presuppone, almeno in linea teorica, l’*indipendenza* fra loro delle proprietà espresse dalle caratteristiche definienti, non foss’altro per ragioni di semplicità. Ma v’è di più.

Se qualcuna di esse, infatti, fosse esprimibile come “combinazione lineare” delle altre, andrebbero sollevati seri dubbi sul nostro grado di conoscenza (definizione) delle caratteristiche stesse. Se è possibile costruire una relazione fra una caratteristica definiente C_k e le $n-1$ caratteristiche definienti rimanenti:

$$C_k = \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{ki} C_i$$

con coefficienti α_{ki} opportunamente fissati (ed eventualmente tutti pari a 1 o 0), sorge il sospetto di non aver colto qualche legame costitutivo delle caratteristiche C_i .

Facciamo un esempio. Supponiamo che sia significativo considerare la classe costituita dagli individui che mostrano le seguenti *caratteristiche definienti* (cioè singolarmente necessarie e congiuntamente sufficienti):

C_1 = saper miagolare

C_2 = esser nero

C_3 = esser gatto

C_4 = avere quattro zampe

come classe di riferimento per una categoria naturale. E supponiamo adesso, per semplicità, che C_1 e C_4 siano dipendenti dalle altre tramite una relazione lineare del tipo:

$$C_1 = \alpha_{12} C_2 + \alpha_{13} C_3 + \alpha_{14} C_4$$

$$C_4 = \alpha_{41} C_1 + \alpha_{42} C_2 + \alpha_{43} C_3$$

Si può concepire una serie di α_{ij} che possa significare, in parole povere, che tutti i gatti e solo loro miagolano ed hanno quattro zampe, diciamo, *per natura* (e non *per accidente*). Ascoltando qualcuno parlare (p.es. un

bambino, uno straniero non familiare con la lingua italiana, ecc.) di *gatto con quattro zampe che sa miagolare* non solleva forse il dubbio di cosa egli avrà davvero colto dei gatti, del miagolare e dall’aver zampe? Quali processi di familiarizzazione e dimenticanza selettiva possono averci indotto a considerare separatamente *gatto* e *miagolare* ed *avere quattro zampe* come caratteristica definiente? Per essere un gatto nero che miagola possiamo dire che è, infatti, sufficiente esser gatto ed esser nero, ovvero miagolare ed esser nero (ma in questa seconda espressione, direi, meno sensatamente e con maggiori possibilità di errori e fraintendimenti). Il concetto ridondante di *gatto che sa miagolare ed ha quattro zampe*, allora, non è proprio riducibile all’esser gatto, miagolare ed aver quattro zampe; ma deve anche comportare una “strana” comprensione del senso dell’esser gatto. Se è un gatto, probabilmente miagolerà e avrà quattro zampe, e, probabilmente, se miagola ed ha quattro zampe, sarà un gatto.²⁰ In altre parole, il concetto collegato alla categoria in questione non può ritenersi colto nella sua “essenzialità” definitoria, in quanto le caratteristiche che definiscono la categoria che lo istituisce sembrano non esser colte nella *loro* “essenzialità” definitoria: abbiamo colto il concetto in collegamento con caratteristiche che, però, non abbiamo ben colto!

Va da sé che un rigoroso controllo dell’indipendenza di tutte le caratteristiche definienti è di fatto impossibile, sia perché una *induzione perfetta* in generale è irrealizzabile, sia perché l’informazione racchiusa in una ineludibile *clausola ceteris paribus* deve essere sempre considerata come caratteristica latentemente presente in ogni definizione.²¹

Altre due caratteristiche delle caratteristiche considerate dal modello sono degne di menzione. Innanzi tutto l’*annidamento fra insieme e suoi sottoinsiemi*.

Tali caratteristiche, infatti, devono essere tutte *singolarmente annidate come necessarie* (ma, evidentemente, non anche sufficienti) fra le caratteristiche necessarie e sufficienti degli *individui* che compongono sotto-classi della classe data, e che sono esprimibili attraverso sotto-categorie della categoria iniziale. Si può anche ipotizzare la presenza di altre categorie, con la prima “imparentate” quali *specie* entro un medesimo *genere*, in quanto condividano una parte almeno delle caratteristiche necessarie di questo.

²⁰ Faccio qui uso del concetto di “probabilità” cui Aristotele si riferiva con l’espressione *per lo più* (v. cap. 4.1).

²¹ Si pensi al problema in apparenza banale posto da una buona imitazione del gatto. Nel capitolo 4.1 torneremo sul concetto di proprietà caratteristica che emerge in Aristotele.

Poi, vi è la *riassuntività rappresentativa* che una categoria deve possedere per fornire rappresentazioni concettuali di una classe intera, e non semplicemente di una serie limitata di suoi esemplari o sue sottoclassi. Le sue caratteristiche debbono essere il risultato di una *astrazione da* (= eliminazione di) variazioni giudicabili trascurabili in quanto poco "caratterizzanti" (secondo criteri che non è quasi mai facile stabilire). La rappresentazione mentale che può corrispondere, inoltre, non è necessario che corrisponda, né effettivamente, né potenzialmente, ad un'istanza concreta. Possono venir trascurate caratteristiche che potrebbero effettivamente verificarsi in particolari condizioni, o che potrebbero essere addirittura necessarie all'esistenza stessa di una istanza concreta di quella classe. Ad esempio, non è particolarmente rilevante che per costruire il concetto di *gatto* si specifichi la presenza di un certo organo, magari effettivamente vitale per ogni gatto che sia, sia stato o sarà realmente esistente: di un tale organo il parlante può persino ignorare la presenza, pur potendosi dire, ciò nondimeno, che egli "possiede con chiarezza" il concetto di gatto.

Ma, visto che non ogni cosa può essere considerata ragionevolmente come una delle caratteristiche per il modello qui considerato, chiediamoci almeno di quali tipologie queste possano essere.

Innanzitutto potrà trattarsi di *caratteristiche materialmente strutturanti*, ovvero riconducibili alla presenza di elementi materiali o loro proprietà sensorialmente rilevabili, comunque oggetto diretto o indiretto dei nostri sensi [Hempel 1952]. Si badi che definire i criteri di accettabilità o "bontà" di un elemento materialmente strutturante, affinché si tratti di una caratteristica entro la definizione di una categoria, diventa subito un grande problema concettuale. Non appena si superi la soglia di complessità di *individui* elementari (punto, retta, numero intero ...), infatti, possono essere attribuite pressoché infinite proprietà, con gradi di sofisticatezza progressivamente crescenti o, semplicemente, aggiungendo "visioni" ritagliate da angolazioni diverse (già dietro ad una particella *elementare* si celano complesse teorie in corso di evoluzione). Quali elementi strutturali sono caratteristiche essenziali e quali no, se tutti gli elementi contribuiscono alla costituzione materiale di un *individuo*? E non è forse ogni caratteristica definitoria di una categoria, già di per se stessa una categoria, se deve pur sempre esprimere un concetto ed avere una classe di applicazione? Per poter definire univocamente una categoria in termini di necessità e sufficienza bisognerebbe, allora, disporre di una conoscenza *attuale* di infinite "matrjoske": se ogni livello simboleggia una maniera di intendere una categoria, dentro ciascuno sono racchiuse infinite sottocategorie tutte da conoscere contemporaneamente. Il che, come è ovvio, non può mai essere realizzato compiutamente.

Oppure, potrà trattarsi di *caratteristiche disposizionali*. Non tutte le caratteristiche con cui è utile costruire classificazioni, infatti, sono direttamente osservabili ad un dato istante. Gli oggetti possono esibire "essenziali" proprietà o comportamenti soltanto in determinate circostanze, e non sempre. Si pensi, ad esempio, al concetto *oggetto magnetico*, le cui istanze manifestano la propria caratteristica specificatrice solo in certe condizioni (elettromagnetiche), e possiamo solo parlare di una stabile *disposizione* a manifestarla [Hempel 1952]. Ciò nondimeno tali caratteristiche possono rientrare a buon diritto entro una classificazione significativa del mondo dell'esperienza. Addirittura, Popper [1934sgg] arriva a ritenere che gli universali siano tutti, e dunque in particolare anche gli universali della scienza, caratterizzabili come *disposizionali*, e quindi, possiamo presumere, costituiti da caratteristiche di questo (solo) tipo.

Altri concetti, poi, sono definibili a partire da grandezze misurabili, come nel caso di "corpo di una certa lunghezza", oppure "di una certa massa", o anche di "elettrone" ecc. In questo caso, si parla di *caratteristiche teoriche*, e l'interpretazione operazionistica delle grandezze alle quali si riferiscono, e quindi la riduzione delle categorie a caratteristiche direttamente osservabili, presenta gravi difficoltà [Hempel 1952]. Si può, infatti, sostenere che un tale tentativo, in realtà, non faccia che presupporre la definizione della grandezza da definire attraverso la misura, in una petizione di principio. Tutto ciò diviene chiaro via via che si considerino termini di astrazione crescente, o che si rifletta sull'impossibilità logica di ridurre teorie ad osservazioni empiriche, e quindi di distinguere logicamente fra proposizioni teoriche e proposizioni cosiddette empiriche [Popper 1934sgg; Lakatos 1970].

Vi sono poi anche delle *caratteristiche relazionali* [Hempel 1952]. In quest'ultimo caso si tratterà, invece, di caratteristiche che riguardano interdipendenze e/o simmetrie fra elementi materiali strutturanti, disposizioni o grandezze teoriche. Dunque, proprietà "formali" e comunque non oggetti diretti dei nostri sensi.²²

Va poi aggiunto che già Bruner *et al.* [1956] ritenevano di dover considerare all'interno del modello, non soltanto il *ricorso ad un criterio ultimo*, pragmaticamente definiente, ma anche altri criteri, per sopperire alla *vaghezza ed equivocità* delle categorie. Essi annoveravano, infatti, anche il

²² Vedremo nel Capitolo 4 come Cassirer abbia notevolmente approfondito la natura di queste seconde caratteristiche, giungendo, attraverso una vasta critica della teoria "classica", astrattiva o sostanziale della categoria, ad una teoria *prospettica* o *funzionale*, fornendo, fra l'altro, anche una linea investigativa sulla categoria scientifica che sarà utile riprendere.

controllo attraverso la *coerenza* delle tassonomie in cui le categorie vengono inserite come costituenti, il controllo attraverso il *consenso* entro un gruppo sociale di riferimento, nonché l'*accettazione personale*, in virtù di una certezza soggettiva sostenuta solamente da una convinzione *affettivamente* radicata.

Quel che possiamo dire è che la scelta delle caratteristiche da considerare definitorie secondo il modello classico non sembra, dunque, potersi esaurire in una valutazione rigorosa (né probabilistica in senso bayesiano); ma sembra dover fare appello ad altri criteri di accettazione, ben più complessi e meno facilmente formalizzabili.²³

In buona sostanza, la rappresentazione "classica" di una categoria consiste nella semplice congiunzione identificante di (pochi) tratti caratteristici *indipendenti, singolarmente necessari e congiuntamente sufficienti* presenti negli *individui* entro un dato gruppo. Essa prende anche il nome di *dottrina dell'elemento comune*, poiché il procedimento astrattivo che viene utilizzato per l'identificazione delle caratteristiche definienti il concetto, comporta una graduale "perdita" (*astrazione*, o meglio sarebbe dire "estrazione") di dati particolari appartenenti soltanto a certi *individui* della classe di riferimento, in favore del mantenimento di solo alcune caratteristiche manifestate da tutti gli *individui* che la costituiscono, dette, appunto, *elementi comuni*. Una formulazione precisa di questa "origine" astrattiva-estrattiva del concetto si trova già in Wundt [cit. in Kanizsa *et al.* 1983] che parla di:

una procedura mediante la quale certe parti costituenti vengono eliminate da un'idea composta o da molte di queste idee, così che quello che rimane viene memorizzato come l'insieme di caratteristiche di un concetto.

Ma Wundt non condusse esperimenti sul processo reale con cui i concetti vengono effettivamente costruiti. A far questo era bloccato dal suo dubbio radicale circa l'applicabilità del metodo sperimentale ai processi di pensiero per la loro, per altro innegabile, "intimità", che a suo parere li celerebbe all'investigazione da parte di uno sperimentatore esterno. Una fase

²³ Dobbiamo qui tralasciare l'approfondimento di questi aspetti assai interessanti. Ci limitiamo a rinviare alla analoga polemica di lunga data e tuttora in corso a proposito della scelta delle ipotesi scientifiche fra autori quali Salmon [ad es. 1990], che sostengono la possibilità di *criteri probabilistico-bayesiani*, e i loro critici [ad es. Glymour 1981; Cohen 1992], che invece sostengono l'intervento di criteri di accettazione del tutto differenti, basati sulle *credenze soggettive*.

sperimentale sulla categoria si aprì, così, soltanto molto più tardi, nel corso degli anni Venti/Trenta del XX secolo, con Hull, Smoke e pochi altri. Di conseguenza, il modello classico, che per altro proveniva da discussioni plurisecolari in sede filosofica, stentò a confrontarsi con i processi psicologici effettivi sul piano dell'indagine empirica. Poterono, così, prendere corpo versioni scientificamente poco fondate.

Smoke diede una efficace immagine parodistica di un soggetto che cerchi di cogliere un concetto entro una serie di stimoli, secondo il modello classico del concetto [1932, p. 171]:

Chi deve apprendere [un concetto] finisce per assomigliare a un bombardiere nemico alla ricerca di una fortificazione o di una batteria mimetizzata. Quando costui ha separato la componente [porzione della costellazione degli stimoli] dal suo contorno mimetizzante ed è capace di chiamare col suo nome l'"elemento" quando gli viene presentato, si ritiene che abbia formato il concetto. È proprio questa la tesi cui ci siamo opposti.

È subito chiaro, infatti, il problema fondamentale di una tale concezione della categoria, di fronte alla estrazione delle caratteristiche specifiche o tratti caratteristici: cos'è che ci spinge a chiamare *albero* quell'oggetto particolare e non anche l'acqua che le sue radici metabolizzano continuamente, l'anidride carbonica che le sue foglie respirano o l'energia solare che viene trasformata in energia chimica al suo interno ...? Oppure quella particolare sequenza temporale di occupazioni dello spazio della foresta, o il semplice far ombra a quel modo? E non potremmo chiamare albero, parafrasando Quine [1969, p. 38], quei segmenti temporali degli alberi, o quelle parti-non-staccate-di-albero fatte così e così? Questa è, obiettivamente, una difficoltà del modello.

Vediamone ora altre, riscontrabili nei primi lavori sperimentali sulla categorizzazione.

2.3 Alcune difficoltà nel confronto sperimentale

Il merito di avere condotto per primo degli studi sperimentali "controllati" e sistematici sulla formazione dei concetti, come s'è detto, spetta ad Hull. Egli, nel suo lavoro pionieristico del 1920, concepì una situazione in cui

venivano *simulate* le condizioni in cui si trova un soggetto che, secondo il modello "classico" della categoria, elabora un concetto.

In questo lavoro, con le parole del suo autore, si affrontava il problema della "evoluzione del concetto". Sarebbe, però, meglio dire che il vero oggetto d'esame era il *conseguimento* del concetto, dato che una struttura "concettuale" era preventivamente inserita nel contesto sperimentale dallo sperimentatore, ed ai soggetti toccava solo scoprirla. Comunque, in questi esperimenti si studiava l'elaborazione psicologica che il soggetto compie a partire da *elementi comuni* rintracciati entro le *costellazioni di stimoli visivi*, ognuna di queste potendo essere assunta come un "oggetto".

Concretamente, Hull predispose alcune liste di ideogrammi cinesi, ognuna delle quali era caratterizzata dal fatto che gli ideogrammi che ne facevano parte condividevano un tratto grafico comune, specifico di quella lista. Hull sosteneva, poi, che tale tratto comune *era un concetto*. E ciò, dal punto di vista filosofico, sembra quantomeno incauto.

Gli rimproverava, comunque, Smoke [1932, pp 170sgg.]:

Il fatto è che, semplicemente, le situazioni della vita di tutti i giorni non presentano "elementi comuni" nelle costellazioni di stimoli. Nessuno che abbia appreso "cane" ha mai trovato un "elemento comune" presente in tutte le costellazioni di stimoli, mediante le quali ha imparato. La questione cruciale è che le costellazioni di stimoli che precedono la formazione del concetto "cane", non contengono alcun indice, punto, croce o altro segno che sia, tale da corrispondere al significato della parola "cane", e da poter essere considerato un elemento comune a tutti i cani, ma non condiviso dalle costellazioni di stimoli che stanno alla base della formazione di altri concetti. [...] Gli esempi validi del concetto hanno qualcosa in comune, com'è ovvio se vogliamo che formino una classe e che quindi il soggetto possa apprendere il corrispondente concetto. [...] Ma non si tratta di un "elemento comune", cioè una porzione invariante della costellazione di stimoli presente in tutti i membri che costituisce il concetto [...] Dal momento che [...] questi] sono troppo diversi l'uno dall'altro per essere accomunati da qualcosa di così semplice.

Le assonanze fra queste critiche e le critiche che da sempre sono state mosse alla conoscenza per induzione sono palesi.

Un confronto utile a capire la precarietà della concezione di Hull può venire fatto, ad esempio, con quella di Mach [1905]. Se, da un lato, si può ritenere che la prima ben si sposasse con il "sensismo" proprio dell'approccio empiriocriticista, d'altro lato ne rimaneva cospicuamente indietro per quell'idea machiana di *elemento delle sensazioni*, tutt'altro che "elementarista", che avrebbe fatto di Mach proprio uno dei due precursori diretti della *Gestaltpsychologie*, assieme a von Ehrenfels. Mach, infatti, sosteneva la presenza entro tutte le nostre sensazioni di forme complesse ed irriducibili (in questo senso "elementari"), autonome rispetto ai loro elementi costitutivi. Questa concezione mette capo ad una rivitalizzazione del *fenomenismo kantiano*, non foss'altro per quel superamento della tradizionale separazione fra soggetto ed oggetto della conoscenza, che esso, nel ben noto modo "trascendentale", implica. Ma nella concezione machiana sono già presenti i germi di quella *psicologia delle forme*, alla quale la dottrina eccessivamente riduttiva dell'*elemento comune* di Hull porgerà inevitabilmente il fianco. Non insisteremo oltre, perciò, sugli esperimenti di Hull.

Gli esperimenti condotti da Smoke [1932], invece, si focalizzarono sulla misurazione della velocità di apprendimento di concetti costituiti da disegni geometrici. I soggetti venivano chiamati ad alzare la mano nel momento in cui ritenevano di aver appreso la categoria, dopo aver esaminato per un certo tempo la serie di disegni, di alcuni dei quali gli veniva detto essere esempi validi e, di altri, esempi non-validi (per violazione di una qualche caratteristica) del concetto in questione. Essi alzavano la mano e lo sperimentatore segnava il tempo impiegato. Delle prove di esplicitazione della definizione, completavano il quadro sperimentale. Il risultato fu che venivano riconosciuti come istanze del medesimo concetto anche stimoli *tutti diversi* fra loro, cioè senza alcun elemento costitutivo *comune*, qualora fosse appena rilevabile la costanza di una certa *relazione* fra gli elementi costitutivi. Non solo elementi comuni, ma anche relazioni invarianti, dunque, venivano considerati dai soggetti. Egli ne concludeva che il problema della formazione dei concetti è molto più complesso di quanto non pensasse Hull.

Così riassumeva i risultati dei suoi esperimenti ed evidenziava i tre fenomeni, a suo giudizio, inspiegabili dalla dottrina di Hull. Spesso i soggetti che riuscivano a discriminare correttamente fra esempi validi e non-validi del concetto, davano delle definizioni errate (solitamente troppo restrittive). La *esplicitazione verbale* della categoria, perciò, si aveva quasi sempre *dopo* il conseguimento della capacità ad *operare praticamente* con

essa. In questo caso sembrerebbe che l'*expertise* categoriale si costruisca in due tappe: la *competenza metacognitiva*, necessaria a comunicare ad altri in modo che essi possano comprendere ed insita nella esplicitazione verbale, giunge a manifestarsi soltanto *dopo* che è stata conseguita la *competenza operativa* o *pragmatica* ad applicare le *strategie di riconoscimento e recupero*, se poi davvero sopraggiunge.²⁴ In ogni caso, se ne conclude che *discriminare non è definire*.

In secondo luogo, si poteva rilevare che, nel corso del processo di formazione dei concetti, i singoli disegni venivano *pre-aggruppati* in piccoli sotto-gruppi, fra loro "vicini", prima di giungere all'identificazione del concetto. Quasi ad evidenziare una articolazione interna del concetto medesimo, non spiegabile con caratteristiche rigidamente necessarie e sufficienti.

Infine, di fronte a nuove stimolazioni, si manifestavano delle riorganizzazioni relativamente rapide di ciò che si ritiene essere il concetto. Una sorta di "riaggiustamento del tiro" che potrebbe essere chiamata una *comprensione intelligente*. I concetti, insomma, non sarebbero statici, ma sembrerebbero conservare costantemente un legame ombelicale con il corso delle esperienze pregresse e i contesti attivi, che li renderebbe dinamici.

Dai tempi di Hull e Smoke in poi, non si ebbero grandi sviluppi di una teoria psicologica delle categorie fino agli inizi degli anni Settanta. Fu per opera di Eleanor Rosch, Edward Smith e collaboratori, che si aprì di fatto una svolta sul millenario problema della "natura degli universali". Un vento completamente nuovo prese a spirare, dapprima fra i soli addetti ai lavori e poi, in anni recentissimi, con eco più vasta, sulle polverose diatribe che erano andate via via alimentando gran parte del corso stesso della storia della filosofia.

Sembra vi sia, dunque, qualcosa da rivedere entro il modello classico della categoria, basato sul rispetto normativamente rigido di certe date caratteristiche, singolarmente necessarie e congiuntamente sufficienti, in quanto ciò ammetterebbe per principio soltanto una risposta binaria al quesito di appartenenza: sì/no, appartiene/non-appartiene, ha/non-ha tutte le caratteristiche definienti. Ma vedremo che il significato reale dei risultati sperimentali non è, però, del tutto inquestionabile.

²⁴ Per un'analisi dell'*expertise* si rinvia a [Rumiati, Bonini 1996].

2.4 I limiti del modello classico

Quale che sia la conclusione che si può trarre da questi esperimenti, i limiti che affliggono il vecchio modello classico della categoria rimangono, comunque, molti. Proviamo a farne una rassegna critica, certamente non completa, ma che sia almeno mirata al nostro obiettivo della *categoria scientifica*.

♦ *Statuto dei tratti caratteristici*. Innanzi tutto, come abbiamo già visto, sembra difficile stabilire quali, fra moltissime caratteristiche presenti in un qualunque *individuo* siano effettivamente necessarie a caratterizzare un agglomerato, appunto, come una *specie* in senso proprio. E non sono, forse, *paritariamente tutte* le caratteristiche mostrate da un *individuo*, egualmente necessarie per individuarlo come tale [Hempel 1952]? Che dire, poi, di quelle caratteristiche che, pur sembrandoci assai tipiche (ad es., per un uccello, volare), non sono però comuni a tutti gli individui del medesimo *genere* (polli, pinguini e struzzi non volano, pur essendo inopinatamente uccelli): andrebbero per ciò stesso ignorate completamente? E cosa ne rimarrebbe eventualmente di un tale concetto?²⁵

Nel caso della biologia, persino avendo una conoscenza esatta dell'intero DNA di un dato animale, che possiamo presumere stabilisca tutte le proprietà fenotipiche da riportare in una "buona" tassonomia, non sembra potersi risolvere definitivamente il problema di una sua assegnazione inequivoca a (tutta) una *specie*. Infatti, il DNA di ciascun *individuo* differisce da quello di tutti gli altri appartenenti alla medesima *specie*, genitori compresi. Come sceglierne, dunque, solo una *porzione*, eventualmente comune a tutti, per definire su di questa una *specie*? Senza un *fondamento* per tale scelta, non si finisce forse per presupporre, in realtà, proprio quel che si voleva ricavare?

Più in generale, dunque, torna l'antico problema: cosa c'è dietro un tratto caratteristico? Una qualche *essenza* trascendente della "cosa" oppure un semplice *nome* della "cosa"? E in questo secondo caso, come va inteso tale *nome*: come un *predicato* da noi "gettato" a copertura linguistica degli *individui* particolari, uniche entità effettivamente esistenti in realtà, oppure

²⁵ Tacciamo in questa sede delle difficoltà connesse a: *politiopia* (differenze morfologiche "secondarie", quali dimensioni fisiche, colore della pelle o piumaggio, ecc.), *dimorfismo sessuale* (differenze morfologiche maschio/femmina), *polimorfismo* (stadi distinti nella vita di un medesimo individuo) e relativamente alle cosiddette *specie sorelle* (con caratteristiche morfologiche ed anatomiche indistinguibili, ma non incrociabili riproduttivamente).

come un *concetto* esistente nella nostra mente ed ancorato alla nostra esperienza? O che altro?²⁶ Inoltre, l'individuazione della caratteristica o delle caratteristiche alle quali può inequivocabilmente essere attribuita la proprietà di essere condizione sufficiente per essere istanza di un concetto, comporta che venga scelta una clausola *ceteris paribus* davvero ampia, se si vuole garantire il mantenimento della condizione di sufficienza in *tutti* i concreti casi possibili di istanza del concetto dato.

♦ *Caratteristiche funzionali.* In secondo luogo, si può imputare al modello classico, o almeno ad alcune sue versioni antiquate, di trattare esclusivamente caratteristiche strutturali, e non anche funzionali o relazionali, quali si riscontrano, ad esempio, in categorie di oggetti artificiali, dove la funzione risiede principalmente nel progetto, ovvero nel fine del progettista. Nell'esposizione che abbiamo appena visto, in parte ripresa proprio da Smith e Medin, questa critica sembrerebbe eliminata in partenza.²⁷

♦ *Concetti disgiuntivi.* Un'altra critica che viene mossa a questo modello di categoria si appiglia alla impossibilità logica di costruire un concetto che, definita da proprietà singolarmente necessarie e congiuntamente sufficienti, sia contemporaneamente (in parte) *disgiuntiva* (in senso strettamente inclusivo). Questa è senz'altro una critica corretta, si tratta soltanto di vederne il rilievo. Tornando al formalismo già introdotto, consideriamo che, nell'ambito delle n caratteristiche C_i ve ne siano due (C_a e C_b) disgiuntive. Allora, la definizione avrà la forma seguente:

$$\text{Cat} = \{ C_1 \wedge \dots \wedge (C_a \vee C_b) \wedge \dots \wedge C_n \}$$

Se le due caratteristiche sono disgiuntive, è necessario che *o l'una o l'altra* siano proprietà comuni a tutti gli individui della classe di riferimento. E dunque, per qualche *individuo* avremo

$$C_1 \wedge \dots \wedge C_a \wedge \dots \wedge C_n$$

e per qualche altro, invece,

²⁶ Una esauriente rassegna sulle varietà storiche di "nominalismi" e di "realismi" è in [Armstrong 1978].

²⁷ Per la verità non condivido la rapidità con la quale Smith e Medin [1981, p. 26] attribuiscono la paternità di questa critica a Cassirer [1910] e liquidano conseguentemente la transizione cassireriana dai concetti-sostanza ai concetti-funzione come superflua.

$$C_1 \wedge \dots \wedge C_b \wedge \dots \wedge C_n$$

Ma allora le caratteristiche considerate non sono più *singularmente necessarie* e, a stretto rigore, non si può più neppure parlare di dottrina dell'*elemento comune*. Va però notato che non è del tutto chiaro se caratteristiche in disgiunzione reciproca facciano davvero parte della *definizione* di un concetto, e non siano piuttosto delle *procedure di identificazione* di un *individuo* come istanza del dato concetto [Smith, Medin 1981, pp 28-9]. È forse possibile, allora, considerare non totalmente insoddisfacente che le categorie considerabili dal modello classico siano non-disgiuntive.

Per di più, c'è da tener presente che *nella nostra cultura la gente non gradisce i concetti disgiuntivi e non è abile nell'usarli* [Bruner et al. 1956, p. 95]. Effettivamente, come molti studi hanno illustrato, le deduzioni che contengono congiunzioni sono generalmente più facili da condurre rispetto a quelle che contengono disgiunzioni.²⁸ Pur non essendo ancora chiaro a cosa tale difficoltà psicologica vada attribuita²⁹, essa potrebbe esser posta in relazione con il bisogno di attivare, dinanzi a caratteristiche disgiuntive, procedure d'identificazione particolarmente complesse, poco familiari entro

²⁸ Un'eccezione può forse essere, nel caso di giudizio probabilistico, la ormai famosa *fallacia della congiunzione* nell'analisi di Tversky e Kahneman in [Kahneman et al. 1982]. Si vedano, però, le critiche al presunto cartiere "paradigmatico" di un tale risultato nella penetrante critica di Mosconi in [Legrenzi 1994, pp 458-9], e le ambiguità referenziali delle domande poste negli esperimenti sollevate da Politzer e Noveck [1991], sulla scorta di un approccio attento alle *implicature conversazionali* [Gricè 1989]. Su tutto ciò si veda l'efficace panoramica in [Grotto 1994].

²⁹ Ricordiamo qui che la teoria dei modelli mentali di Johnson-Laird sembra dar conto di queste peculiarità, ricorrendo al numero di modelli che la disgiunzione richiede vengano esplicitamente prodotti nella mente del ragionatore [Johnson-Laird 1993]. Per darne un'illustrazione potremmo dire che, nel caso di una congiunzione fra C_a e C_b avremmo:

$$C_1 \dots C_a C_b \dots C_n$$

Nel caso di una disgiunzione esclusiva, invece, avremmo:

$$C_1 \dots C_a \dots C_n$$

$$C_1 \dots C_b \dots C_n$$

Infine, nel caso di una disgiunzione inclusiva, il caso più "faticoso", avremmo:

$$C_1 \dots C_a \dots C_n$$

$$C_1 \dots C_b \dots C_n$$

$$C_1 \dots C_a C_b \dots C_n$$

Dalla teoria di Johnson-Laird discende immediatamente che le tre deduzioni presentano difficoltà crescenti.

la nostra cultura o troppo dispendiose per le capacità computazionali della nostra mente.

♦ *Casi non chiari.* In quarto luogo, possiamo chiederci quali siano i "contorni" delle categorie e quanto nettamente definiti. Una *definizione* costituita da proprietà necessarie e sufficienti esclude casi ambigui: o un'entità è istanza del concetto oppure non lo è. Ma è facile raccogliere evidenze dissonanti con una simile nitidezza delle categorie, se non proprio in grado di confutarla. Si pensi ai frequenti errori di attribuzione categoriale in cui cadiamo; o al contrario, ai casi di corretto uso della categoria senza che siamo in grado di esplicitare le caratteristiche definitorie; alle lacune nelle tassonomie costituite da gerarchie di categorie; e soprattutto alla *vaghezza* di tante nostre categorie dell'uso corrente, ma persino del pensiero scientifico. A questo proposito, basta pensare, ad esempio, ai diversi colori (le cui denominazioni, numerosità e sfumature hanno una forte variabilità intersoggettiva e interculturale) per rendersi conto di quante siano le categorie vaghe o *sfumate* che utilizziamo. Ma su questo punto torneremo più approfonditamente nel prossimo capitolo, dove vedremo che, invece di rigettare definitivamente il modello classico, alcuni hanno suggerito una via di riesame.

♦ *Livelli di aggregazione.* È forse ancor più difficile tener conto dell'obiezione che può essere fatta a proposito di quale sia il *livello di aggregazione* al quale fissarsi per "individuare gli individui" - *absit iniuria verbis* - sui quali posizionare un livello saldo per la spiegazione scientifica. Un approccio tradizionale è quello dell'*olismo metodologico*, secondo il quale ci sarebbero *emergenze* esplicative che fanno sì che le leggi del livello "superiore" non siano assolutamente deducibili da quelle dei livelli "inferiori", in quanto diverse e da queste indipendenti. L'approccio opposto è, invece, quello dell'*individualismo metodologico*, secondo il quale solo una *riduzione* esplicativa al livello "inferiore" può condurre ad una spiegazione scientifica per fenomeni che si osservano a livello "superiore". Nelle scienze sociali, in cui tale contrasto è eclatante, ci si può chiedere quale dovrebbe essere il livello ove rintracciare gli elementi *individuali*: quello dei *fatti sociali* durkheimiani, che *emergono* rispetto al substrato psicologico, biologico e fisico del singolo individuo, oppure, all'opposto, quello dei singoli individui intesi come *agenti* di una *sociologia comprendente* weberiana, per la quale i *fatti sociali* non sono che conseguenze (intenzionali e non intenzionali) di aggregazioni delle *azioni individuali* che compongono e costruiscono la società? E in questo caso, poi,

quanto bisogna muoversi entro la struttura psicologica dell'agente: magari fino ad un substrato neurocognitivo e fisiologico? È chiaro che vi è qui una gran parte del materiale oggetto della discussione che ha animato ed anima tuttora la questione dei fondamenti delle scienze economico-sociali.³⁰

♦ *Prototipi & familiarità.* È da considerarsi ormai appurato che la nostra mente riconosce più facilmente e prontamente come appartenenti ad un dato *genere*, alcune sue particolari *specie* a scapito di altre, pur non essendo evidenziabile, dal punto di visto logico-definitorio, alcuna differenza *logica* nei differenti casi.³¹ È chiaro, ad esempio, che parlando di *uccelli* (*genere*) si pensi più facilmente a *merli* o *falchi* o *specie* simili, piuttosto che a *polli*, *pinguini* o *struzzi*, pur essendo, notoriamente, *uccelli* anch'essi. Si potrebbe obiettare che *uccelli*, proprio in quanto *genere*, è ben meno definito di una sua qualunque *specie*, ma ciò, pur essendo condivisibile³², non eliminerebbe le differenze cui qui accenniamo. È chiaro anche che, pensando alla *specie merli*, non si pensi a *quel merlo* a cui eventualmente sia stata amputata una zampa, o al *pulcino* ancora nell'uovo, o a dei *resti decomposti* di un merlo.

Vi è, indubbiamente, un'area semantica che viene immediatamente attivata nella memoria e che non per questo esaurisce *tutti* gli *individui* (*specie*) che pure saremmo in grado di riconoscere come membri della *specie* (*genere*) considerata. Questa vaga *aria familiare* (Wittgenstein) che viene condivisa da tutti gli *individui* (*specie*) di una medesima *specie* (*genere*), andrebbe allora a sostituire la rigida definizione proposta dal modello classico della categoria, come vedremo meglio nel prossimo capitolo. Ma ci si potrebbe chiedere se non sarebbe meglio distinguere fra *struttura interna* di una categoria e *procedure di identificazione* categoriale, e solo a queste seconde limitare l'applicazione di criteri di similarità, mantenendo per la prima qualcosa di molto vicino al modello classico.

³⁰ Un originalissimo approccio a queste problematiche è quello di Simon. In particolare [Simon 1969, 1981] mostra come sia possibile analizzare singoli livelli indipendentemente dai microlivelli sottostanti, a patto che le interazioni fra di essi siano deboli e lente. Ciò può permettere di considerare i singoli livelli come sistemi quasi-isolati, sui quali quindi si può concentrare l'attenzione del ricercatore. È questo un approccio che cerca di coniugare esigenze riduzionistiche con esigenze olistiche, e che Simon chiama *olismo pragmatico* [ivi, p. 208], in una nuova concezione di totalità: le *strutture complesse gerarchiche*. Tutto sommato, sembra ancora inesplorata la portata epistemologica di questo approccio.

³¹ L'uso che qui si fa dei termini *specie* e *genere* va inteso nel senso tecnico che abbiamo introdotto, e non nel senso proprio della tassonomia biologica.

³² Si confronti il differente significato comunemente attribuito ai termini *generico* e *specifico*.

♦ *Matrice culturale.* Un legame di dipendenza molto complesso ed interessante lega le categorie di uso più comune alle culture entro le quali esse sono apprese, formulate ed utilizzate. Esse hanno un tale radicamento linguistico e culturale, che per soggetti diversi, i medesimi oggetti possono essere considerati articolati in tassonomie categoriali diverse. Allora, per la categoria scientifica, s'impone di rintracciare una base plausibile per un accordo pragmaticamente utile e intersoggettivamente stabile circa tali tassonomie.

Brown in [Bruner *et al.* 1956, *Appendice*] passa in rassegna i risultati delle ricerche condotte da linguisti antropologi quali Sapir, Whorf, Lee, Benedict fra i tanti. Ne conclude che, se si concorda con Kluckhohn e Kelly sulla definizione di cultura come [ivi, p. 444]:

l'insieme di tutti quegli schemi storicamente creati per vivere, siano essi espliciti o impliciti, razionali o non razionali e che esistono in un tempo qualsiasi come guide potenziali del comportamento umano

allora [ivi pp 448-9], diversi gradi di *disponibilità* di esempi di un concetto effettivamente registrati nell'esperienza locale, e quindi in diverse culture e diverse storie individuali, danno una diversa codificazione categoriale ed una diversa base per la loro stessa struttura di *arie di famiglia* o *similarità*.³³ Vi può quindi essere un legame fondamentale fra l'*euristica della disponibilità*, che si fonda sulla quantità di istanze facilmente richiamabili alla mente, e l'*euristica della rappresentatività*, appena incontrata [sulle due euristiche fondamentali v. Kahneman, Tversky 1972; Tversky, Kahneman 1973; Kahneman, Slovic, Tversky 1982]. Ad esempio, la *familiarità* che abbiamo appena introdotto andrebbe comparata istanza per istanza, proprio attraverso l'attivazione di semplici criteri propri dell'*euristica della rappresentatività* [Tversky 1977], in congiunzione con l'uso di conoscenze più sofisticate, organizzate in *teorie* esplicite o in strutture più genericamente *schematiche* [Nisbett, Ross 1980]. Vedremo meglio nel prossimo capitolo il ruolo che la cultura può giocare nel processo di categorizzazione.

³³ Recenti studi di Atran [1997] sembrerebbero dimostrare l'esistenza tanto di invarianze quanto di variabilità interculturali nelle classificazioni biologiche ingenui (*folk biology*) che potrebbero aprire utilmente la filosofia della scienza ai risultati delle indagini di *antropologia cognitiva* [es. D'Andrade 1995] e di *psicologia evolutivista* [es. Barkow, Cosmides, Tooby 1996].

♦ *Oggetti artificiali.* Infine, osserviamo che sono stati fin qui considerati principalmente *tipi naturali*, quali le *specie* biologiche, esclusivamente per ragioni semplicità. Nel caso di categorie di oggetti artificiali, ad esempio, la funzionalità, progettualità o intenzione del progettista o anche la semplice potenzialità per l'utilizzatore possono essere considerate complessivamente, in qualche modo, un "equivalente" del DNA. Anche qui, però, si tratterebbe di caratteristiche che non dirimerebbero comunque gli aspetti problematici di fondo del modello classico. Chi di noi saprebbe, infatti, esprimere il concetto di *sedia* in termini di una congiunzione di proprietà singolarmente necessarie e congiuntamente sufficienti capace di distinguere ogni sedia da ogni sgabello, poltrona, sedile... ?

Ma, per la verità, può sembrare che un bilancio di tutte le obiezioni che sono state sin qui sollevate a danno del modello classico sia che: *serie critiche empiriche sono state sollevate contro la visione classica dei concetti naturali - abbastanza serie da farci avere serie riserve su questa visione, ma non abbastanza da dire che la visione andrebbe a questo punto scartata* [Smith, Medin 1981]. Qualche ulteriore motivo di insoddisfazione verrà, però, mostrato nel prossimo capitolo.

Per quanto riguarda i concetti scientifici ci sembra necessario sottolineare, sin d'ora, che la staticità definitoria di una concezione classica del concetto scientifico ci costringerebbe a concepire teorie scientifiche fondate su diversi concetti, come fra loro irrimediabilmente incommensurabili [Shapere 1966 in Hacking 1981; Nersessian in Nersessian 1987; Nersessian in Giere 1992]. Ma se, al contrario, ci mettiamo sul cammino irto di ostacoli di un "rilassamento" delle condizioni di significatività dei concetti scientifici, senza perdere con ciò stesso la capacità semantica che essi indubbiamente hanno, siamo condotti proprio ad investigare le dinamiche storiche delle teorie scientifiche che ad essi, al contrario, forniscono gran parte del loro significato e potere esplicativo. Nel prossimo capitolo vedremo alcuni tentativi di un tale "rilassamento", uno dei quali, quello condotto da Barsalou, si presenta al momento più promettente nel descrivere le dinamiche cognitive della nostra mente.

3. I processi cognitivi della categorizzazione

SOCRATE [...] *che cosa è scienza secondo te?* [...]

TEETETO *Ritengo, allora, che siano scienze tutte le cose che uno può imparare da Teodoro, le nozioni di geometria e tutte le discipline che tu hai appena elencato. Inoltre anche l'arte del calzolaio e i mestieri degli altri artigiani, sia nel loro insieme che singolarmente, penso che non siano altro che scienze.*

SOCRATE *Mio caro, ti è stata chiesta una cosa e tu, con nobile generosità, invece di una singola risposta, ne dai molte e di ogni tipo. [...] E allora chi non sa cosa sia scienza, non capirà nemmeno l'espressione scienza delle scarpe. [...] È ridicolo, dunque, rispondere con il nome di una qualche scienza, se qualcuno domanda cosa sia scienza. La risposta è sulla scienza di qualcosa, mentre la domanda era tutt'altra. [...] Allora abbi fiducia in te stesso e credi che Teodoro non ha parlato a vanvera. Metticela tutta e cerca di cogliere la definizione, oltretutto del resto, anche di cosa sia scienza.*

Platone [Teeteto]

Il modello classico del concetto che abbiamo appena esaminato è molto radicato nella tradizione filosofica, vantando nobili ascendenze nell'antichità greca. In particolare, Platone ne riconduce l'origine a Socrate, nel passo sopra citato [145e-147c, pp 41-5].

Quel passo proseguiva concludendo che avere scienza di qualcosa vuol dire [208c-d]:

essere in grado di indicare un segno che distingua ciò che è oggetto di indagine da tutto il resto [...] se tu cogli, di ciascuna cosa, la diversità in base alla quale essa differisce dalle altre, come dicono alcuni, ne coglierai la spiegazione; quando ne afferri un carattere comune, avrai la spiegazione di ciò che partecipa di quel carattere comune.

E questa è proprio la definizione classica: per genere comune e differenza specifica, in base ad elementi comuni singolarmente necessari e congiuntamente sufficienti. Ma l'argomento socratico-platonico si presta ad una critica fondamentale, che possiamo attribuire, nelle sue linee fondamentali, ad Aristotele.

È davvero realistico ritenere che informazioni circa le conoscenze dei calzolari non portino ad alcuna conoscenza su cosa vuol dire aver conoscenza in generale? Se così fosse, infatti, bisognerebbe chiedersi da dove avremmo mai acquisito questa conoscenza, visto che dal mondo esterno non riceviamo che informazioni circa conoscenze di qualcuno³⁴. Che cosa sarebbe una conoscenza generale che dovesse prescindere da ogni conoscenza specifica, cioè da conoscenze possedute specificamente da qualcuno circa qualche cosa? Detto altrimenti: è mai possibile che conoscere, ad esempio, il miagolare di un certo gatto, non porti ad alcuna conoscenza sul miagolare e, viceversa, che vi sia una conoscenza del miagolare dei gatti che prescinda da qualsiasi gatto? Come facemmo da bambini ad apprendere davvero il "miagolare" se non ascoltando almeno qualche gatto miagolare, e che cosa dà ogni volta realtà al "miagolare" se non qualche gatto che miagola? Forse, allora, chiedere il significato in generale del termine conoscenza può apparire davvero una "fallacia filosofica": la *fallacia del chiedere niente-in-particolare* [Austin 1940 in Austin 1961].

Già Aristotele aveva individuato un simile quesito come esito di una concezione fallace, in quanto il pensiero è sempre pensiero-di qualcosa [p.es. in *De part. anim.* I 1 641b 1-4], ovvero pensiero relativo-a qualcosa. Egli aveva anche osservato che la nostra conoscenza è sempre conoscenza nostra, ovvero pensiero relativo-a qualcuno, come vedremo nel prossimo capitolo.

Inoltre egli aveva pure visto molte omonimie di cose diverse ovvero, detto altrimenti, molte polisemie del medesimo termine di uso comune, ed in *primis* per il termine *essere*. E proprio di questo termine, ad esempio, egli non diede, propriamente, una definizione, bensì, come è ben noto, preferì raccogliere innanzi tutto i quattro significati correnti, individuando quel *focal meaning* [Owen 1960 cit. in Düring 1966, p. 670] attorno al quale essi sono centrati, cioè quello di *ousia*. Ed alla fine della sua analisi determinò il rapporto di ogni altro termine relativamente a questo.³⁵

³⁴ Non consideriamo, qui, la ben nota soluzione di Platone.

³⁵ Rinviamo alla Parte Seconda una ulteriore discussione di questo termine. Aggiungiamo soltanto che questo procedimento è canonizzato in [*Metaph.* IV 2].

Ma allora, proprio al contrario di Socrate, potremmo dire che chi non sa cosa sia neppure la *scienza del calzolaio* (o qualche altre *specifiche* conoscenza chiamata scienza), cioè chi non ha alcuna conoscenza delle *occorrenze* del termine *scienza*, tantomeno capirà il *concetto* medesimo di *scienza*.

Nella concezione socratico-platonica la definizione di un termine-concetto è totalmente svincolata dalle occorrenze che ne abbiamo nelle nostre esperienze. Categorie e processi sono separati, ed anzi proprio contrapposti. Dopodiché, come ben sappiamo, non rimane alcun processo empirico in grado di spiegare come si colga un concetto, ma solamente intuizioni, illuminazioni, reminiscenze ... Nella concezione che possiamo chiamare aristotelica, invece, colui che possiede una qualche conoscenza di istanze del concetto potrà cercare di scoprire induttivamente la struttura di questo nella traccia delle proprie esperienze. Con ciò, però, non potrà mai giungere all'ideale di astratta perfezione della concezione classica (definitoria). Non può certo trattarsi, infatti, di un compito induttivamente esauribile: si può soltanto trattare di una vera e propria *ricerca senza fine* (Popper). Ricordando un attributo del Mondo 3 di Popper, la ricerca attorno ad un concetto, di fatto, lo muta.

3.1 È possibile categorizzare senza definire?

Sul modello classico già Aristotele portò un contributo molto interessante, come vedremo meglio più avanti. Ma non fu che durante gli anni Trenta del XX secolo che una teoria alternativa iniziò ad affacciarsi. Wittgenstein ne condusse, infatti, una critica radicale, che tuttora rimane il punto di partenza delle riflessioni degli psicologi della categorizzazione. Innanzi tutto, in [1930-3, Parte I vi 76, p.85], egli critica il Socrate platonico di non vedere, nell'enumerazione delle scienze che Teeteto porta ad esempio, neppure un passo preliminare verso la risposta alla domanda: che cos'è scienza? Poi così scrive [ivi 77, pp 86-7]:

Parliamo del fenomeno spaziale e temporale del linguaggio, non di una non-cosa fuori dallo spazio e dal tempo. [...] Riflettendo sul linguaggio e sul significato possiamo facilmente arrivare a pensare che, propriamente, in filosofia si parli di parole e di proposizioni non già in un senso assolutamente casalingo, ma in un senso sublimato, astratto. - Come se una determinata

proposizione non fosse, propriamente, ciò che un uomo qualsiasi pronuncia, ma fosse un'entità ideale (la "classe di tutte le proposizioni che hanno il medesimo significato", o cose del genere). [...] In filosofia non possiamo neppure raggiungere una generalità maggiore di quella che raggiungiamo in ciò che diciamo nella vita e nella scienza. Anche qui (come in matematica) lasciamo tutto com'è. [...] Si dice: ciò che importa non è la parola, ma il suo significato; e così dicendo si pensa al significato come a una cosa della stessa specie della parola, seppure distinta dalla parola. Qui la parola, lì il significato. Il danaro, e la vacca che ci si può comperare (ma, d'altra parte: il danaro e la sua utilità).

Molti concetti, osserva Wittgenstein, sono *vaghi*, ad esempio: regola, linguaggio, proposizione, numero, pianta, sedia [1930-3, Parte I vi 69-74], matematica [1937-42, IV 46]. Ed anzi il medesimo concetto di "concetto" è un concetto *vago* [1937-42, V 49]³⁶. Ma giunge, a questo punto, un passaggio che ha segnato il riferimento concettuale del modello per prototipi, nel corso delle sue *Ricerche filosofiche* [1945-9, I 67, 71]. Qui, infatti, Wittgenstein introduce una sorta di vocabolario che ha segnato una sostanziale innovazione ed influenzato grande parte degli studi linguistici e sociologici sul tema della categorizzazione. Vediamone i principali costituenti.

Con la denominazione di *aria di famiglia* [*family resemblance*] Wittgenstein individua una doppia natura dei concetti: la comunanza di qualche aspetto rilevante (*somiglianza*) e però anche la mancanza di nettezza proprio di questi aspetti comuni (*vaghezza*). L'esempio più ampiamente citato da Wittgenstein è quello dei giochi [ad es. *ivi*, I 66-7, pp 46-7].³⁷

Considera, ad esempio, i processi che chiamiamo "giuochi". Intendo giuochi da scacchiera, giuochi di carte, giuochi di palla, gare sportive, e via discorrendo. Che cosa è in comune a tutti questi giuochi? - Non dire: "Deve esserci qualcosa di comune a tutti, altrimenti non si chiamerebbero 'giuochi' - ma *guarda* se ci sia qualcosa di comune a tutti. - Infatti, se li osservi, non

³⁶ Sul concetto di *vaghezza* si vedano [Williamson 1994] e [Bonini et al. (forthcoming)].

³⁷ L'importanza ascritta da Wittgenstein ai giochi è palesata dall'intero paragrafo della *Grammatica Filosofica* volto a confutare la visione della matematica come un gioco [1930-3, Parte I iii 11].

vedrai certamente qualche cosa che sia comune a tutta una serie. Come ho detto: non pensare, ma osserva! - Osserva, ad esempio, i giuochi da scacchiera, con le loro molteplici affinità. Ora passa ai giuochi di carte: qui trovi molte corrispondenze con quelli della prima classe, ma molti tratti comuni sono scomparsi, altri ne sono subentrati. Se ora passiamo ai giuochi di palla, qualcosa di comune si è conservato, ma molto è andato perduto. Sono tutti 'divertenti'? Confronta il giuoco degli scacchi con quello della tria. Oppure c'è dappertutto un perdere e un vincere, o una competizione fra i giocatori? Pensa allora ai solitari. Nei giuochi con la palla c'è vincere e perdere; ma quando un bambino getta la palla contro un muro e la riacchiappa, questa caratteristica è sparita. Considera quale parte abbiano abilità e fortuna. E quanto sia differente l'abilità negli scacchi da quella nel tennis. Pensa ora ai girotondi: qui c'è l'elemento del divertimento, ma quanti degli altri tratti caratteristici sono scomparsi! E così possiamo passare in rassegna molti altri gruppi di giuochi. Veder somiglianze emergere e sparire. E il risultato di questo esame suona: vediamo una rete complicata di somiglianze in grande e in piccolo.

Ecco, dunque, che l'analogia che Wittgenstein trova più calzante è quella della rete di somiglianze costituita dai tratti somatici dei membri di una famiglia: corporatura, tratti del volto, colore degli occhi, modo di camminare, temperamento, ecc. C'è da chiedersi come sia possibile tracciare i confini di un gioco, che cosa sia ancora un giuoco, e che cosa non lo sia più. Come faremo allora a spiegare a qualcuno che cos'è un giuoco? [ivi, p.48]:

Io credo che gli descriveremo alcuni *giuochi*, poi potremmo aggiungere: "questa, e simili cose, si chiamano 'giuochi'". E noi stessi, ne sappiamo di più? Forse soltanto all'altro non siamo in grado di dire esattamente che cos'è un giuoco? - Ma questa non è ignoranza. Non conosciamo i confini perché non sono tracciati. Come s'è detto, possiamo - per uno scopo particolare - tracciare un confine. Ma con ciò solo rendiamo il concetto utilizzabile? Niente affatto! Tranne che per questo scopo particolare. [...] Si può dire che il concetto di 'giuoco' è un concetto dai contorni sfumati. "Ma un concetto sfumato è davvero un *concetto*?" [...] [Eppure] proprio così si può spiegare che cosa sia un giuoco.

Ma com'è, allora, che si apprende che cos'è un gioco? Attraverso *esemplari*, risponde Wittgenstein, cioè esempi portati all'interno di *giochi linguistici*: dunque, *la parola deve avere una famiglia di significati*.

Sui *giochi di palla* Wittgenstein ritorna anche in [1930-3, I 32, p.34], ove conclude: *ma è forse chiaro, qui, dove si debba tracciare il confine?* Analogamente avviene anche per la parola *regola*, che *mi è concesso impiegare senza prima tabulare le regole dell'uso di questa parola. E queste regole non sono super-regole* [ivi, I 72, p.80]. E dunque, in definitiva, [1951]:

Un significato di una parola è un modo del suo impiego. Perché è quello che impariamo quando la parola viene incorporata per la prima volta nel nostro linguaggio. 62. Per questa ragione tra i concetti 'significato' e 'regola' sussiste una corrispondenza. [...] 65. Quando cambiano i giuochi linguistici cambiano i concetti, e, con i concetti, i significati delle parole.

Waisman, fra i fondatori del *Circolo di Vienna*, proprio ispirandosi a Wittgenstein, così proponeva a riguardo del concetto di numero [Waisman 1936, pp 254sgg]³⁸:

Lo strano della situazione è questo: qualunque sistema di condizioni si ponga, non si è mai sicuri di aver circoscritto con esso in maniera esatta il concetto di numero; chi ci garantisce infatti che non vengano scoperti nuovi tipi di numeri, i quali non soddisfino più alle nostre condizioni? [...] Noi saremo certo ben disposti a riconoscere che i concetti di "numero cardinale", "numero intero", "numero razionale", sono esattamente circoscritti, poiché ognuno di essi si trova definito da un suo speciale tipo di calcolo. Ma se ci si chiede che cosa si intenda in generale per numero non potremo far nulla di meglio che rispondere: sotto il concetto di numero cadono tutti gli enti ora ricordati, e tutti quegli altri che sono in qualche modo analoghi a essi (dove studiatamente lasciamo imprecisato il tipo di analogia). Se si obietta che nella matematica tutti i concetti vanno definiti in modo chiaro e preciso, osserveremo che il

³⁸ Cfr. [Wittgenstein 1937-42, Parte V 49, p.255].

matematico non ha bisogno del concetto generale di numero. Quando mai, infatti, compare questo concetto nelle nostre dimostrazioni? Innanzi alla domanda "Che cosa è un numero?" ci si comporta proprio come innanzi alla domanda: "Che cosa è un punto?" Per rispondere a quest'ultima si comincia con una precisazione: la parola "punto" ha il medesimo significato nella geometria euclidea del piano, e nella geometria euclidea dello spazio? No certamente; per essa valgono infatti nell'ultimo caso più regole che non nel primo. Questa parola ha dunque un significato ben preciso soltanto entro una determinata geometria. [...] In breve, il voler intendere in maniera così lata il concetto di numero, è pura questione di sentimento e di tradizione. [...] il significato della formula " $1+1=2$ " consiste proprio nell'insieme dei suoi rapporti con la nostra lingua parlata, e questa pure è tutta un nesso di segni e operazioni. [...] se tagliamo tutti i fili che connettono [l'aritmetica] alla lingua parlata, allora otteniamo senza alcun dubbio un puro e semplice gioco. [...] Manca] l'inserzione delle regole di calcolo in un nesso sintattico più esteso.

Ma di che tipo di *nesso* potrà trattarsi se dovrà essere, contemporaneamente, *sintattico* e *più esteso*? Non è già questa fuoriuscita da una *logica del concetto puro* una fuoriuscita irrimediabile da ogni *logicismo* e, dunque, da ogni "sintatticismo di segni e operazioni", verso una assai più estesa dottrina *dei sentimenti e delle tradizioni* che, però, ancora oggi ci manca del tutto?

Cosa rimane più, a questo punto, di quel canone fondamentale della teoria classica del concetto che è l'obiezione di Socrate a Teeteto? Possiamo, forse, metterla in questo modo. La domanda socratica sul concetto A, inteso come concetto generale, genera ricerche specifiche da cui emergono molteplici, specifiche risposte a, le quali, proprio in quanto specificazioni, rinviano al concetto questionato A, modificandolo, però, in A', in conformità con la modifica del nostro sistema di conoscenze. Il forzare il concetto A a "diventare" A', però, viene a scontrarsi con la vecchia struttura concettuale o gioco wittgensteiniano in cui era inserito A. E dunque, di primo acchito, la serie di risposte a, non viene concepita come risposta al quesito: *che cos'è A?* Il che, filologicamente, è corretto, poiché in effetti si tratta di una risposta (parziale) alla domanda: *che cos'è A'?* Ma non è questa, forse, la inevitabile dinamica di ogni e qualsiasi apprendimento, e

per altro anche il principale motore del cambiamento concettuale?³⁹ È chiaro, però, qual è il problema che rimane ancora insoluto.

Come scrive Austin [1940 in Austin 1961, p. 74], se per i *teorici della similarità* tutte le cose chiamate con uno stesso nome debbono essere simili ad un modello, od essere, comunque, tutte più simili tra loro di quanto ciascuna di esse lo sia rispetto a qualcosa d'altro, *ciò è ovviamente falso: i diversi significati si collegano tra loro simultaneamente in tutti i diversi modi possibili*.⁴⁰ Kuhn [1962, 1970], proprio riprendendo da vicino la concezione wittgensteiniana di *reti di somiglianze ed esemplari*, ed applicandola alla risoluzione di problemi scientifici, finiva del resto su posizioni tendenti all'irrazionalità del mutamento concettuale nella scienza. Ma, allora, come elaborare un nuovo modello più realistico e meno irrazionale della costruzione di concetti, senza dunque ricorrere a definizioni *ultimative*? Tornando a Waisman, l'unica strada disponibile sembra quella di iniziare a studiare la reale *psicologia* della produzione soggettiva del concetto, e non quella logicamente ed astrattamente "perfetta", tenendo anche conto della produzione *sociale* di tradizioni categoriali. L'obiettivo, allora, diviene quello di individuare dei criteri di razionalità effettivamente attivati, sia nella scelta delle classificazioni, sia nel loro mutamento in coincidenza con "rivoluzioni scientifiche".

39 Vi è qui un tentativo molto differente rispetto alle soluzioni ripetutamente tentate di fondare le categorie, con variabilità non radicali, su *definizioni operative* relative alle applicazioni (Bridgman), *definizioni ostensive* (Russell), *relazioni simbolico-funzionali* (Cassirer), *regole semantiche* (Carnap), *definizioni coordinative* dirette del concetto con l'estensione (Reichenbach), *regole di corrispondenza* (Nagel) ovvero *principi ponte* (Hempel). Si vedano utilmente [Suppe 1977, pp 17-27] e [Peruzzi 1983].

40 Il tentativo di rendere logicamente il criterio di similarità come fondamento del concetto naufraga non appena si consideri *la difficoltà della comunità imperfetta* [Goodman 1951]. Nel tentativo di sviluppare l'approccio di Carnap alla similarità, Goodman si imbatte nella seguente difficoltà: è possibile costruire facilmente gruppi di cose per le quali, sebbene ogni paio di esse abbia in comune una qualità, e dunque siano per ciò stesso simili, nessuna qualità sia comune a tutte le cose del gruppo, e dunque non si abbia un elemento comune su cui fondare un concetto secondo il modello classico. L'unica possibilità che Quine trova di uscire da questa difficoltà sta nel presupporre che, se la similarità è una questione di grado e si impara per tentativi ed errori, esista però *uno standard di similarità in qualche senso innato* [Quine 1969, pp 141sgg]. Torneremo su questo punto a proposito del ruolo delle teorie sulla categorizzazione.

3.2 Prototipi e similarità

Come abbiamo visto in questo e nel capitolo precedente, già all'inizio degli anni Settanta si erano accumulati fondati sospetti, se non proprio accertate evidenze, che avevano messo in questione la visione classica del concetto, sia da parte di filosofi che di psicologi. Venne anche avanzata l'ipotesi di una dominanza, quantomeno psicologica, di alcune istanze particolarmente *tipiche* del concetto sulle altre, da parte di filosofi [Putnam 1970a; 1975a]⁴¹, linguisti [Lakoff 1972; Labov 1973], matematici [Zadeh 1965] ed antropologi [Berlin, Kay 1969]. Ma fu in particolare con i lavori di Eleanor Rosch e collaboratori che una prospettiva costruttiva nuova si venne delineando. Essi infatti studiarono sistematicamente sia l'organizzazione intracategoriale (*dimensione orizzontale*) che la struttura tassonomica intercategoriale (*dimensione verticale*) delle categorie, evidenziando due fenomeni fondamentali.

3.2.1 La tipicità intra-categoriale

Il primo fenomeno a comparire negli esperimenti concernette la struttura interna dei concetti di uso comune (mobilio, frutta, animali, ecc.).⁴² In una serie di esperimenti sulla tipicità di certe istanze di un concetto, venivano confrontate le *graduatorie di tipicità* prodotte da un campione di soggetti; ed in un'altra ne venivano misurati i *tempi di categorizzazione* per ciascuna di tali istanze. È bene soffermarsi sul dettaglio di un tipico esperimento per entrambe le serie di esperimenti.

Riportiamo di seguito la parte più rilevante delle istruzioni fornite ai soggetti sperimentali in esperimenti del primo tipo [Rosch 1975, p. 198]:

Questo studio ha a che fare con ciò che abbiamo in mente quando usiamo parole che si riferiscono a categorie. Prendiamo la parola *rosso* come esempio. Chiudete gli occhi ed immaginate un rosso vero [*true red*]. Ora immaginate un rosso aranciato ... immaginate un rosso porpora. Sebbene voi possiate ancora nominare il rosso arancio o il rosso porpora con il termine *rosso*,

essi non sono buoni esempi di rosso (come chiari casi di ciò cui *rosso* si riferisce) come il caso di rosso "vero". In breve, alcuni rossi sono più rossi di altri. Lo stesso è vero di altre categorie. Pensate ai cani. Tutti voi avete qualche nozione di che cosa sia un "vero cane" [*real dog*], un "cane cane" [*doggy dog*]. Per me un *retriever* oppure un *pastore tedesco* sono un vero cane canino, mentre un *pechinese* è un cane meno cane. Notate che questo tipo di giudizio non ha niente a che fare con quanto vi piaccia la cosa; a voi può piacere un rosso porpora più di un rosso vero, ma ancora potete riconoscere che il colore che a voi piace non è un rosso vero. Voi potete preferire possedere un *pechinese* senza pensare che esso sia la razza [*breed*] che meglio rappresenta ciò che la gente intende [*mean*] con caninità [*dogginess*].

Su questo modulo vi viene chiesto di giudicare quanto sono buoni esempi di una categoria varie istanze della categoria.

Nell'esaminare quanto ogni istanza era soggettivamente un buon esempio del concetto, attraverso il punteggio attribuito da diversi soggetti, emergevano valutazioni molto costanti.

Nella seconda serie sperimentale, invece, veniva sottoposta all'attenzione del campione una lista di concetti naturali, espressi da nomi comuni (parole singole) quali *passero*, *falco*, *anatra*, ecc. (*specie S*), che avevano la proprietà fondamentale di appartenere notoriamente ad un medesimo concetto più esteso, in questo caso esprimibile con il termine *uccello* (*genere G*). Ai soggetti veniva quindi chiesto di fornire una risposta alla domanda: "Un S è un G?", e si prendeva nota dei tempi impiegati a rispondere. La velocità di risposta, se sufficientemente stabile entrò un campione di soggetti statisticamente significativo, avrebbe fornito una misura della "tipicità" di quella *specie* entro quel *genere*, almeno nel giudizio di quei soggetti in quel contesto.

Esperimenti di queste due tipologie vennero successivamente condotti utilizzando *generi* molto diversi fra loro, come ad esempio mammiferi, alberi, frutta, verdure, sport, colori, mobili, strumenti da falegname, veicoli, armi, vestiti, giocattoli, parentele. Vennero, a volte, anche utilizzate figure invece che parole, per indicare i concetti. Complessivamente, si vide che i tempi di classificazione variavano sempre fra le *specie* all'interno di un medesimo *genere*, secondo delle palesi regolarità fra gran parte dei soggetti intervistati.

⁴¹ Lo studio filosofico delle categorie si configura nell'ambito del dibattito sui *tipi naturali*, che coinvolse principalmente Quine, Goodman, Kripke e lo stesso Putnam.

⁴² Questa è l'interpretazione standard dei risultati di Rosch, che è stata però riveduta anche dalla Rosch medesima, come si vedrà fra breve, in uno dei prossimi paragrafi.

Si ebbero, così, evidenze di una struttura graduata di membri più o meno tipici del concetto, che Rosch e Mervis [1975] riconobbero fondata sul numero di proprietà condivise: per un individuo tipico questo numero è maggiore, minore essendo invece il numero di proprietà condivise da questo con membri qualsiasi, istanze di altri concetti.

3.2.2 Il primato tassonomico della categoria di base

Il secondo fenomeno messo in luce dagli esperimenti di Rosch concerneva invece lo status privilegiato di un certo livello di categorizzazione all'interno di una intera tassonomia. Da ripetuti esperimenti, infatti, emerse l'esistenza di un livello di base di astrazione al quale gli oggetti concreti del mondo vengono più naturalmente categorizzati [Rosch, Mervis 1975]. La spiegazione di questo fatto si chiarisce pensando ad una tassonomia come la seguente:

LIVELLO 1: Mobili-e-arredi (*furniture*)

→ LIVELLO 2: *Sedie*

→→ LIVELLO 3: sedie-da-cucina
sedie-da-salotto
sedie-da-ufficio

→ LIVELLO 2: *Tavoli*

→→ LIVELLO 3: tavoli-da-cucina
tavoli-da-pranzo
scrivanie

→ LIVELLO 2: *Lampade*

→→ LIVELLO 3: lampade-da-tavolo
lampade-alogene
plafoniere

Si può vedere facilmente che al Livello 2 gli oggetti che istanziano il concetto possiedono (a) un maggior numero di proprietà in comune fra loro e (b) un minor numero di proprietà in comune con gli oggetti che istanziano concetti ad entrambi gli altri livelli. Possiamo, ad esempio, pensare un

numero maggiore di casi in cui dei *tavoli* possono essere fra loro sostituiti garantendo la medesima utilità, rispetto a quanto non possiamo solitamente fare sostituendo dei *tavoli* con dei *tavoli-da-cucina* od anche con dei *mobili-e-arredi*. Dunque, tanto ai livelli superiori (*sovraordinati*) quanto a quelli inferiori (*subordinati*) si ha una minore capacità di suggerire (*cue validity*)⁴³ rispetto al Livello 2 (*categorie di base*): ai primi, perché si riescono a specificare un minor numero di attributi condivisi dalle istanze, che risultano molto più eterogenee; ai secondi, perché cognitivamente "ridondanti" in quanto le istanze condividono molti attributi comuni, e le differenze risultano di secondaria importanza in molte applicazioni. Come scrive Rosch, dal punto di vista psicologico ci sarebbe un *livello di base dell'astrazione al quale gli oggetti concreti del mondo sono più naturalmente suddivisi in categorie [ivi]*. Si trovano livelli di base non soltanto negli artefatti umani di cui abbiamo qui visto un esempio, ma anche nei *tipi naturali* (tigri, mucche, acqua, oro, ecc.), nelle *azioni* (correre, camminare; mangiare, bere), nelle *proprietà* (alto, basso; duro, morbido, pesante, leggero, caldo, freddo) e nei *colori* (nero, bianco, rosso, verde, blu, giallo) [Lakoff 1987]⁴⁴.

Dunque, al Livello 1 si trovano classi molto generali ed estese che, pur riassumendo molto efficacemente, specificano insufficienti informazioni a riguardo dei loro membri; al Livello 3, invece, se ne trovano molte di più, molto più particolari e ristrette, in grado di differenziarli molto più dettagliatamente, ma, spesso, eccessivamente. La categorizzazione al Livello 2 è, insomma, il risultato di una ottimizzazione *satisficing*, di "bilanciamento cognitivo" fra i requisiti, in tensione reciproca, che possiamo denominare *riassuntività* e *differenziazione*. Se aumentare le estensioni dei concetti che consideriamo, vuol dire poter disporre di un minor numero complessivo di concetti per descrivere l'intero mondo d'esperienza (*efficienza cognitiva*), aumentare la differenziazione vuol dire poterne descrivere più finemente le istanze (*efficacia cognitiva*).

Il rilievo psicologico fondamentale delle categorie di base rispetto alle altre è sintetizzato in questi quattro aspetti fondamentali dell'uso delle categorie [Rosch et al. 1976; Lakoff 1987]:

- ♦ *Percezione*: similarità nella forma complessiva percepita, capacità rappresentativa di un'unica immagine mentale, rapidità ad identificare l'appartenenza di un individuo;

⁴³ Per *cue validity* si deve precisamente intendere, secondo Rosch, la probabilità condizionale che un oggetto sia istanza di un concetto se possiede quegli attributi *cue*.

⁴⁴ Varianze di ordine culturale circa le categorie di base sono avanzate da [Atran 1997].

- ♦ *Funzionalità*: similarità delle azioni motorie utilizzate in connessione con le sue singole istanze (generalità del *programma motorio*);
- ♦ *Comunicazione*: brevità dei lessemi primari, precedenza nell'apprendimento linguistico dei bambini, precedenza nell'accesso al vocabolario di una lingua straniera, maggior diffusione dell'uso delle proprietà caratteristiche attribuite alle sue istanze in contesti molto generali e semanticamente neutri;
- ♦ *Organizzazione della conoscenza*: quantità degli attributi delle sue istanze immagazzinate in memoria.

Vi sono, però, delle evidenze per una dipendenza dell'abilità a categorizzare dall'esperienza personale. Ad esempio, un musicista ha certamente una capacità a individuare gli attributi specifici di strumenti musicali, molto più sviluppata rispetto a dei non musicisti. Ciò ha condotto alcuni ricercatori a suggerire che le stesse differenze fra concetti si affinano con l'*expertise*.⁴⁵ Un'altra dipendenza era, del resto, già stata ipotizzata da Berlin [Berlin *et al.* 1974] relativamente a sovra- o sotto-utilizzazioni di particolari classificazioni, almeno in parte indotte dal contesto eco-culturale. Ecco, dunque, che lo studio della cognizione ci spinge a considerare la formazione e le dinamiche della conoscenza e della cultura.

3.3 Dai concetti ai processi: cognizione e cultura

Mentre tutti i ricercatori concordano ormai sull'esistenza di prototipi cognitivi, attorno ai quali vanno a distribuirsi mentalmente le istanze meno tipiche di un concetto, ancora rimangono indecisi dagli esperimenti e di controversa interpretazione teorica sia lo statuto epistemologico dei prototipi, che le concrete modalità operative del criterio di similarità. Ed in particolare tre sono le principali questioni tuttora aperte.

In primo luogo, non si sa bene come intendere il prototipo centrale di una categoria: come un esemplare che condivide il maggior numero di proprietà caratteristiche con le altre istanze del concetto (*modello del prototipo* in senso stretto), oppure come un'astratta collezione delle proprietà caratteristiche statisticamente più frequenti fra i suoi esemplari (*modello della frequenza delle caratteristiche*)? E qual è il rilievo da dare ai prototipi: quello di una intelaiatura portante e costitutiva del concetto; quello di un

⁴⁵ Su questo si veda l'ampia rassegna condotta da Benjafield [1992].

mero epifenomeno di processi identificativi più fondamentali; oppure quello di una struttura intima ed essenziale del mondo dell'esperienza?

In secondo luogo, non si sa bene come viene condotto il giudizio di similarità per classificare un'istanza in una categoria: si stima, forse, una "distanza cognitiva" complessiva dal prototipo di quella categoria, in comparazione con quelli di altre? Oppure, semplicemente, si conta il numero delle proprietà caratteristiche condivise con i prototipi di varie categorie e si sottrae il numero di quelle non condivise, scegliendo la categoria con il punteggio più elevato? O si mettono a contrasto proprietà condivise e non condivise con degli opportuni "pesi cognitivi"? O in quale altro modo ancora si giudicano simili due entità differenti?

Non è neppure chiaro, infine, il ruolo delle teorie (quelle "ingenue" ed implicite, o quelle esplicite della conoscenza sistematizzata) e dei contesti eco-culturali nei giudizi di prototipicità e similarità. Qual è il loro rilievo per la solidità o coerenza interna di un concetto e per l'attribuzione di rilevanza di una proprietà, per l'effettiva implementazione di un concetto "attorno" ad essa, a scapito delle infinite altre possibilità *in abstracto*?

Come si vede, alcuni dei limiti che avevamo trovato nel *modello classico* sopravvivono tuttora come domande aperte per il *modello per prototipi*.⁴⁶ Nei prossimi paragrafi ci occuperemo degli aspetti di tali questioni che maggiormente attengono alle categorie della scienza.

3.3.1 Definizioni e processi identificativi

Cominciamo innanzi tutto con una precisazione: la concezione dei prototipi che abbiamo appena visto non è più universalmente condivisa [Rosch 1978; Osherson, Smith 1981; Armstrong *et al.* 1983; Williamson 1994].

Se in molti giudichiamo, ad esempio, "più dispari" i numeri 3 e 7 rispetto a 109 e 2003, come effettivamente è stato riscontrato [Armstrong *et al.* 1983,

⁴⁶ Un'altra famiglia di modelli che è stata elaborata nell'ambito della psicologia cognitiva è quella dei *modelli per esemplari* [p.es. Nosofsky 1986]. Si tratta di modelli che prevedono la memorizzazione degli esemplari concreti esaminati ed il loro uso comparativo nel giudizio di appartenenza categoriale. Un'altra famiglia ancora è quella dei *modelli computazionali* che vedono il concetto come una struttura simbolica (*frame*) composta di moduli (*slot*) aventi valori di *default*. In questo caso, il concetto viene costruito in riferimento a dei *pattern di attivazione*, ispirati alla struttura neuronale del nostro cervello, per altro tuttora ampiamente sconosciuta [p.es. Rumelhart *et al.* 1986; Thagard 1992]. Della prima famiglia di modelli non ci occuperemo perché, allo stato attuale, appare poco promettente ai fini della categorizzazione scientifica. Alla seconda famiglia, invece, faremo cenno nei prossimi paragrafi.

Lakoff 1987, Keil 1989], ciò non vuol dire necessariamente che il concetto di numero dispari debba essere *strutturata* in modo da avere qualche prototipo al "centro" (3 e 7) e tutte le altre istanze in posizioni "periferiche" (109, 2003, ...). Potrebbe infatti trattarsi, più semplicemente, di un *epifenomeno* che, seppur interessante, non ha rilievo alcuno ai fini della definizione del concetto. Chi non sa che la proprietà caratteristica e definitoria di tutti i numeri dispari è quella di non essere divisibili per due senza resto?

Tutti gli esperimenti potrebbero, dunque, mettere in luce soltanto una mera evidenziazione psicologica di alcune "porzioni della categoria", cioè in questo caso di *alcuni numeri*; senza che però ciò abbia alcun rilievo, ad esempio, ai fini dell'identificazione di un numero intero come pari o dispari. Dinanzi a un numero di cui non sappiamo se è pari o dispari, a parte l'uso di possibili euristiche, lo potremmo sempre dividere per due e vedere se il risultato è ancora un numero intero (e dunque è pari) o no (nel qual caso è dispari). Forse, separando gli *effetti* che compaiono nel corso dell'utilizzo delle categorie (e che possono essere "causati" da teorie od euristiche più o meno ingenue ed esplicite, da strutture o contenuti della memoria individuale, da contesti d'uso attivati o da quant'altro possiamo immaginare), dalla *struttura* intrinseca di queste (e quindi da stabili rappresentazioni mentali che per noi "rinviano" a regolarità reali), i risultati di questi esperimenti potrebbero assumere tutta una nuova luce.

Dunque, la questione della vaghezza che si rileva nei processi di categorizzazione potrebbe andare in due modi affatto differenti.

Il primo modo di intendere la vaghezza, che come abbiamo visto all'inizio del capitolo possiamo far risalire a Wittgenstein, sostiene che ci sia vaghezza nelle nostre categorie perché è la realtà ad esserlo, se non sempre almeno quasi sempre, in quanto i confini fra gli oggetti (concreti o astratti) *non sono tracciati*. Il secondo, che possiamo far risalire ai lavori della stessa Rosch in una fase elaborativa successiva ai primi esperimenti [ad es. 1978], sostiene invece che le evidenze di tipicità e conseguente vaghezza sono semplicemente evidenze di come noi giudichiamo alcune istanze del concetto rispetto ad altri, e quindi soltanto della nostra facilità a riconoscerle come tali. In questo secondo caso, evidentemente, il modello per prototipi non sarebbe un modello *per* i concetti, ma per la nostra operatività cognitiva *con* essi.

Si mostrerebbe, allora, la necessità di una revisione del modello di categoria che, per così dire, riapre la partita con il *modello classico*.

3.3.2 Il ruolo delle teorie esplicative

Per quanto riguarda, poi, la specifica questione del ruolo delle teorie nella categorizzazione, il profilo storico della ricerca psicologica può essere schematizzato in quattro fasi [cfr. Smith e Samuelson in Lamberts, Schanks 1997]:

Fase 1: fino agli anni Sessanta il concetto viene considerato come una lista di proprietà necessarie e sufficienti;

Fase 2: negli anni Settanta ci si volge verso teorie probabilistiche che vedono il concetto fondamentalmente come una lista non di proprietà definitorie, ma di proprietà caratteristiche raggruppabili secondo criteri di similarità;

Fase 3: nel corso degli anni Ottanta si sviluppa una visione che vede l'ingresso di teorie *naïf* ovvero sistemi di credenze più o meno stabili circa le relazioni causali fra le proprietà e fra i concetti stessi. Questo mutamento ha riesumato una sorta di "essenza" che, per alcuni ontologicamente presente negli oggetti categorizzati, e per altri soltanto gnoseologicamente attiva nella mente dei soggetti categorizzanti, sarebbe la causa delle proprietà caratteristiche che vengono attribuite agli oggetti di una categorizzazione.

Fase 4: si è venuta successivamente affermando una concezione più complessa ed articolata di concetti e categorie, che non li vede più isolati, ma inseriti entro *frame* disposti per la computazione [Minsky 1975], *script* di sequenze tipiche [Schank, Abelson 1977], strutture di un *lessico mentale* [Miller, Johnson-Laird 1976], "pitture mentali" e *cluster* di concetti forniti da *modelli cognitivi idealizzati* [Fillmore 1982; Lakoff 1987], vere e proprie *teorie esplicative* prevalentemente a base causale [Murphy, Medin 1985]. Oppure li vede come *schemata* o *pattern di attivazione* di proprietà [Rumelhart et al. 1986; Thagard 1992].

È, dunque, venuto emergendo il ruolo esercitato sulla categorizzazione da parte del sistema della *conoscenza* di un individuo, intendendo sia quelle strutture fondamentali della conoscenza (eventualmente) innate, sia quanto appreso per esperienza diretta, sia anche, infine, quanto ricevuto nelle interazioni sociali.⁴⁷ Ad esempio, gli esperti di un certo campo potranno disporre di un numero maggiore di categorie specifiche, più precise e meglio

⁴⁷ Sui processi di *inculturazione*, *socializzazione* ed *acculturazione* si veda utilmente [Berry et al. 1992].

conosciute, in modo da fornire prestazioni di categorizzazione più accurate; ma, d'altra parte, disporranno probabilmente di maggiori connessioni con cui stabilire similarità inosservabili agli occhi degli inesperti. E dunque potranno anche disporre di spiegazioni che rendono necessario un numero inferiore di classificazioni, classificazioni esse stesse più astratte, meno superficiali e più ampie, sì da semplificare i problemi che gli vengono proposti.⁴⁸

Molti studi empirici, poi, concordano su un'altra dipendenza di ordine culturale, forse ovvia, basata sul fatto che, nei domini più importanti per un sistema eco-culturale, le categorie sono molto meglio precisate ed elaborate che altrove, sia a livello linguistico che a livello concettuale. E ciò vale anche per categorie a livello di base. Da alcuni studi sulla dipendenza culturale delle categorie, e soprattutto da quelli particolarmente influenti di Lakoff, sembra emergere con chiarezza che *i sistemi concettuali umani possiedono dimensioni culturali e storiche che non possono essere ignorate* [Benjafield 1992]. Ma come entrano conoscenza e cultura nella cognizione categoriale?

Per molte categorie composte sembra, ad esempio, che un'interpretazione in grado di sostenere le evidenze sperimentali non possa fondarsi su di una mera intersezione insiemistica, ma su qualche *ipotesi generata da teorie di sfondo*: una *corsa di cavalli* non è una mera intersezione fra *corse* e *cavalli*, né una *riparazione da esperto* un'intersezione fra *riparazioni* ed *esperti*, o *riparazione di motore* un'intersezione fra *riparazioni* e *motori*.⁴⁹ Le relazioni intercategoriale che vengono stabilite possono essere molto complesse e flessibili, e comunque non sembrano riducibili a semplici regole astratte, facilmente schematizzabili, ma fanno appello a veri e propri sistemi esplicativi.⁵⁰

Possiamo quindi schematizzare la situazione complessiva fotografando le categorie scientifiche nel loro essere "ancorate" a regolarità del nostro mondo interno, ovvero *embodied* [Lakoff 1987], e cioè in relazione di dipendenza dal nostro apparato biologico, dalle teorie che impieghiamo e dalla cultura che possediamo più o meno consapevolmente.

Vi è qui più di qualche sintonia con la *theory ladenness* sostenuta da Hanson, Kuhn e Feyerabend, che tende a evidenziare il ruolo delle *Weltanschauung* per il significato dei termini teorici, ed in particolare di

⁴⁸ Questo fatto fu osservato già da Kuhn nel 1970 [Kuhn 1962, 1970].

⁴⁹ Ciò suona come critica anche di sofisticati modelli misti come quello elaborato da Osherson e Smith [Osherson, Smith 1981; Smith *et al.* 1988]. In questo modello, che va sotto il nome di *selective modification model*, un lista di proprietà viene associata ad una similarità configurazionale che si rifà al *contrast model* di A.Tversky [1977] e ad una concezione degli aggettivi come modificatori delle proprietà del nome modificato e dei loro pesi relativi.

⁵⁰ Su tutti questi aspetti si rinvia a [Murphy, Medin 1985].

quegli ambigui e fantomatici *paradigmi* o *matrici disciplinari* (fondamentalmente delle regole per stabilire somiglianze apprese attraverso la familiarizzazione con *esemplari* tipici) introdotti da Kuhn.⁵¹

Ma, bisogna osservare, la psicologia cognitiva non può accontentarsi di *gestalt switch* e neppure di più addomesticate *condivisioni parziali di significato*, pur sempre troppo generiche. Essa mira, infatti, a fornire delle spiegazioni non soltanto per i processi "di superficie" che presiedono alla categorizzazione, ma anche per quelli profondi ed elementari che conducono alla costruzione di *specifiche Weltanschauung*, al loro eventuale mutamento per un medesimo individuo ed alla loro affermazione interindividuale. Se per la "*new philosophy of science*", dunque, può essere accettabile un *gestalt switch* od una *conversione* dal sapore alquanto mistico e la (parziale) condivisione di *vocabolari* troppo astratti, per la psicologia della scienza ciò non può costituire il risultato dell'indagine, ma tutt'al più un punto di partenza dal quale muovere per scoprire i sottostanti processi cognitivi più elementari che causano questi macro-fenomeni.

Lungo questa linea metodologica troviamo in posizione di risalto, invece, alcuni studi empirici innovativi: con essi varchiamo finalmente la soglia di quella Cultura, il cui contenuto è stato troppo spesso paludato di un'astratta Razionalità e le cui dinamiche, specularmente e quasi a compensazione, sono tuttora troppo circonfuse di un'aureola di Mistica Irrazionalità.

In particolare, da una serie di studi di Barsalou emerge una struttura graduata, non soltanto in categorie *tassonomiche comuni*, quali *tipi naturali* (frutta, verdura, animali) o *tipi artificiali* (mobilio, abbigliamento, veicoli, armi); ma anche per categorie non ben stabilite nella memoria a lungo termine. Se, per le prime si può (forse) invocare l'azione di quella che possiamo chiamare una "*cultura-gestalt*", per le seconde, decisamente, ciò non appare possibile.

Fra queste ultime categorie, infatti, se ne trovano alcune *goal-derived* sulla base di un obiettivo assegnato dallo sperimentatore (cose da mangiare quando si è a dieta, cose da salvare da un incendio in casa, cose da portare in campeggio, regali di compleanno, mezzi di trasporto per andare da S.Francisco a New York, caratteristiche di una persona che ti impediscono di esserle amico, ecc.) [Barsalou 1985]. Altre sono assolutamente *ad hoc*, essendo difficile che i soggetti ai quali vengono sottoposti test sulla categorizzazione vi abbiano mai pensato in precedenza (modi per scampare alla caccia da parte della Mafia, cose che ti potrebbero cadere sulla testa,

⁵¹ Questi concetti sono stati introdotti da Kuhn prima, in via provvisoria, in [1962, 1970], e già qui riveduti profondamente, e poi, senza sostanziali approfondimenti, in [Suppe 1977].

ecc.) [Barsalou 1983]. Questo sembra voler dire che la struttura graduata delle categorie è molto più mobile di quanto una qualunque *gestalt* renderebbe possibile.

Ciò appare con ancora maggiore chiarezza da altri risultati di Barsalou. Non risulterebbe, ad esempio, un determinante unico per una categoria, quale la *tendenza centrale* ricavata da episodi specifici, ma almeno altri due: un eventuale *ideale* specificato da vincolanti processi di *problem solving* ed una *frequenza di istanziazione* riscontrata tra i membri della classe di riferimento. Inoltre, la struttura graduata di un concetto varierebbe per il medesimo soggetto anche a breve distanza di tempo, e, infine, anche a seconda dei contesti in cui ci si imbatte nella categoria (obiettivi, punto di vista fatto assumere all'intervistato, presentazione linguistica, ecc.).

Quindi, da un'ampia serie di lavori sperimentali [1982; 1983; 1985; 1987; 1989], Barsalou conclude complessivamente che, se per concetto intendiamo le sole *rappresentazioni temporaneamente costruite nella working memory*, la gente non recupera il medesimo concetto dalla memoria a lungo termine ogni volta che ha a che fare con una particolare categoria.⁵² Ma allora *la memoria a lungo termine non contiene concetti invarianti, ma l'informazione generica ed episodica a partire dalla quale vengono costruiti i concetti*. L'informazione relativa alla classe (l'unica stabile) fornirebbe soltanto il materiale sul quale i concetti verrebbero elaborati nella *working memory*. Le strutture invarianti che i ricercatori trovano negli esperimenti, conseguentemente, non sarebbero che *medie od ideali delle rappresentazioni astratte da una varietà di persone e di contesti*. Ed anzi, il focalizzarsi su queste *finzioni dell'analisi* tenderebbe proprio ad oscurare i reali processi cognitivi della nostra facoltà del rappresentare.

Un'analisi dell'influenza dell'esperienza e della cultura dovrà, perciò, rompere il ghiaccio superficiale di una *gestalt* statica, considerando il concetto come intrinsecamente flessibile, strettamente dipendente dai processi concretamente attivati nelle occasioni di concettualizzazione. La variabilità o instabilità dei concetti potrebbe, per Barsalou [1989], essere ricondotta ai seguenti fattori:

- ♦ differenze nella conoscenza posseduta dai soggetti circa le categorie ed il loro impiego;
- ♦ incertezza sullo status di esemplari più o meno atipici;
- ♦ dimenticanze ed errori di valutazione;

⁵² L'uso che Barsalou fa del termine categoria corrisponde all'uso, assai diffuso nella psicologia sperimentale, di trattare la *categoria* alla stregua della *classe* di riferimento.

- ♦ incertezza nel mappare giudizi di appartenenza categoriale lungo scale di risposta;
- ♦ fluttuazioni statistiche nel processo di recupero dalla memoria;
- ♦ diversa accessibilità dovuta all'esperienza personale od a quella più recente;
- ♦ dimestichezza con l'uso di certe informazioni piuttosto che di altre.

Queste evidenze sembrano cozzare, ancora una volta, con la visione classica della categoria e le sue rivitalizzazioni contemporanee. Andando ancora un poco più in profondità, troviamo che una parte dell'informazione collegata ad un concetto è, in effetti, indipendente dal contesto (CI). Essa secondo Barsalou viene attivata con grande facilità, ogni volta che un concetto viene costruito per una data classe, e può sorgere probabilmente in seguito ad una ripetuta incorporazione nel concetto, della conoscenza fornita dalla classe di riferimento. Ma un'altra porzione di informazione, invece, dipende inevitabilmente da quel contesto (CD) e viene o memorizzata nella MLT, e quindi successivamente recuperata, ma comunque più raramente della prima componente, oppure semplicemente inferita di volta in volta. Essa viene, poi, incorporata nel concetto, soltanto se è rilevante nel contesto attivato e può, però, rimanere attivata anche dopo la scomparsa dello stimolo. La porzione di conoscenza recente che rimane temporaneamente attiva (CD_{rec}) torna comunque nella CD dopo un periodo dell'ordine di 1-2 giorni.

È nel *core* della CI che Barsalou [1989] individua la determinante della cultura. Ad esempio, in soggetti educati alla cultura dell'India il *core* del concetto *mucca* molto probabilmente non conterrà l'informazione sulla proprietà di essere fonte di carne commestibile, almeno non quanto avverrebbe per soggetti educati alla cultura occidentale. Quindi, culture differenti possono farci effettivamente associare differenti concetti alla medesima classe, anche se, evidentemente, non vi è in ciò un incontrovertibile vincolo di necessità, ma soltanto una tendenza genericamente riscontrabile ad un macro-livello descrittivo. È palese, comunque, la difficoltà di approfondire le questioni che coinvolgono la cultura e la conoscenza.

Ma anche altri sviluppi teorici più recenti sono molto interessanti. In [Barsalou et al. 1993], ad esempio, egli sostiene che *le rappresentazioni concettuali fondamentali nel sistema cognitivo umano sono immagini percettive schematiche estratte da tutte le modalità di esperienza. I concetti sono le personali rappresentazioni psicologiche delle categorie*. Il termine *esperienza* va inteso qui in senso molto lato, comprendendo sia le esperienze percettive che quelle propriocettive, introspettive, computazionali ed emozionali.

L'impostazione di Barsalou è riassumibile, in conclusione, nei seguenti punti fondamentali:

- ◆ i concetti sono rappresentati da simboli percettivi che stanno per esperienze concrete realmente vissute;
- ◆ i concetti sono modelli per tipi di individui non astratti, ma inseriti entro uno specifico modello conoscitivo e culturale del mondo;
- ◆ i concetti sono contestuali e locali per la prospettiva con la quale modelliamo le situazioni concrete;
- ◆ i significati delle parole usano concetti, ma non sono essi stessi concetti.

Quello che emerge è, dunque, un'idea dei concetti (e dei loro significati) assai più complessa della semplice visione "proposizionale" e di quella, parimenti limitata, che possiamo denominare "concettualista". La loro comprensione precisa è al momento ancora lontana, e richiederà ancora un notevole approfondimento delle relazioni fra percezione, pensiero e cultura.

3.3.3 Conclusione

Possiamo dire che la linea intrapresa da Barsalou sembra promettente. Essa esige, però, profondi ripensamenti nelle stesse scienze cognitive, se condividiamo l'opinione di Laura Macchi [in Giorotto, Legrenzi 1999], secondo la quale:

risulta essere forse la più convincente e rigorosa teoria attualmente disponibile, in quanto spiega più dati sperimentali in modo coerente, supera molti punti critici delle teorie alternative, ed elimina (o quasi) il ricorso a costrutti teorici strutturali del concetto. Questa visione fornisce strumenti per comprendere gli effetti del contesto, la combinazione concettuale, la naturalezza concettuale e l'effetto delle spiegazioni teoriche e delle inferenze sui giudizi di similarità, di tipicità e di pertinenza in diversi contesti. Pone inoltre degli interrogativi sull'indipendenza dei concetti dai processi inferenziali e sulla stabilità delle rappresentazioni dei concetti. Se questi due assunti vengono messi in crisi, lo studio dei concetti diventa molto più complesso e non può più essere condotto in un ambito indipendente, ma all'interno di una teoria cognitiva più generale.

Dall'approccio di Barsalou traggiamo l'idea complessiva di associare al termine *categoria* proprio l'azione o processo dinamico del costituire parentele fra "oggetti" o *individui* (non necessariamente intere tassonomie) in contesti e fini dati, più che un oggetto diretto od una struttura gestaltica statica. Questo processo cognitivo della *categorizzazione*, dotato certo di regolarità, ha esiti altamente contestuali ed è innervato sui processi dinamici della nostra esperienza e di quanto, del mondo esterno, veniamo ad esperire. È così che costruiamo i *concetti* e forse anche i *modelli*, nel pensiero comune come nella scienza: concetti e modelli che ne emergono, sono quindi flessibili, contestuali, temporanei, dunque *non-assoluti*, ma neppure "assolutamente relativi".

A differenza, dunque, dell'uso che vuole la *categoria* trattata, di volta in volta, come il *concetto* oppure come la *classe*, noi intenderemo innanzi tutto per *categoria* quel processo con il quale il nostro cervello produce e riproduce un *concetto* (o un modello) in connessione con degli "oggetti" di origine esperienziale, recuperati dalla memoria a lungo termine secondo le esigenze suscitate dal contesto attivo e modellati da una prospettiva specifica che possiamo anche definire culturale.

In secondo luogo, definiremo come problema chiave della *categoria scientifica* (p.es.: *specie biologica*) o concetto scientifico (p.es. *spazio*, *tempo*, *relatività*, ecc.), quello di trovare un bilanciamento metodologico fra due "poli" apparentemente opposti ed inconciliabili. Da un lato, vi è infatti quell'intrinseca *co-varianza* del concetto che si è imposta con gli studi cognitivi più recenti, e dall'altro, l'esigenza imprescindibile di disporre di *classi* in grado di rispondere, in maniera *satisficing*, alle nostre esigenze cognitive, pragmatiche e teorico-esplicative di stabilità. Il fondamento della *categoria scientifica* dovrebbe, dunque, garantire in qualche modo una classificazione più stabile (*in-varianza*) di meri "concetti idiosincratici" e a tal punto affidabile da lasciar supporre una parentela fra *oggetti*.⁵³

Su questo asse *covarianza* - *invarianza* torneremo fra breve nella Parte Seconda, per indagarne più a fondo la valenza metodologica. Ci concentreremo progressivamente sul concetto di *relatività*, che proprio su quell'asse metodologico si è venuto storicamente tematizzando, con l'intento di scavare al di sotto della dimensione concettuale per mettere in luce la "soluzione metodologica" che emerge con la scoperta di Einstein. Le

⁵³ Torna qui il significato classico di categoria come di qualcosa che possiamo attribuire (categoria = imputazione) agli *oggetti*, con uno spostamento però dell'attenzione dai risultati, cioè dai *concetti* e dai loro significati, ai processi cognitivi stessi, cioè alle *categorizzazioni*.

successive riconcettualizzazioni che tale concetto teorico ha registrato, definiscono uno dei temi portanti dello sviluppo della scienza, particolarmente della fisica, e sono sfociate nel Novecento in una "rivoluzione" che ha avuto impatto dirompente anche su concetti fondamentali nella nostra esperienza quotidiana (spazio, tempo, quiete, contemporaneità, velocità, accelerazione, gravità, misurazione, teoria scientifica, modello, ecc.). Ciò è dovuto proprio alla natura stessa di questo concetto, così fondativo di ogni deciso sforzo epistemologico.

Il concetto di relatività riguarda, infatti, il problema dell'affidabilità delle relazioni che riusciamo a tessere fra le rappresentazioni mentali, da una parte, e i soggetti che se li rappresentano e gli oggetti da quelli rappresentati, dall'altra. Ed è un problema epistemologico che, come è chiaro, è situato all'origine della storia della filosofia ed ha segnato parte importante dello stesso progresso intellettuale della modernità.

Ma se questo in parte spiega perché la rivoluzione scientifica costituita dalla scoperta einsteiniana abbia rapidamente esorbitato dall'ambito nel quale era stata formulata, qualificandosi come "rivoluzione intellettuale", non dobbiamo farcene abbagliare. Così facendo rischieremmo di perdere quella specificità, località e contestualità che sono alla base della stessa scoperta di Einstein dal punto di vista delle risorse cognitive e culturali da egli attivate, e che pure costituiscono, come vedremo, parte qualificante del suo insegnamento metodologico.

Dal complesso quadro che abbiamo delineato in questa intera Parte Prima, sorge dunque l'interesse di avviare una spiegazione della scoperta della Teoria della Relatività che vada alle radici del lavoro di Einstein ed un suo studio metodologico retrospettivo che riesca ad estrapolarne un nucleo metodologico giocabile per delineare una "teoria della teoria scientifica". L'indagine del substrato cognitivo che ha dato vita alla scoperta di Albert Einstein può, quindi, essere un passaggio chiave nel tentativo di chiarire l'intero snodo che corre fra cognizione, metodo e cultura. Ciò riveste un'importanza palese per l'epistemologia; ma, a mio avviso, può anche presentare un interesse rilevante per attuare il più generale ripensamento da più parti auspicato sulla teoria della categorizzazione. La teoria einsteiniana ha operato, infatti, un radicale cambiamento concettuale, andando a toccare proprio le basi dalle quali siamo soliti categorizzare il mondo: come Einstein ha operato non può più essere ignorato da una progredita teoria della categorizzazione.

P A R T E S E C O N D A

Anatomia di una scoperta scientifica

4. La gestazione di un problema scientifico-metodologico: la questione della relatività

Probabilmente, se ci fosse un altro animale dotato di intelligenza, come sembra che siano le gru, o qualche altro simile, che denomini secondo gli stessi criteri che hai adottato tu, contrapponendo l'unità del genere della gru a tutti gli altri animali viventi, e veneri il proprio genere, radunando insieme, invece, tutti gli altri generi, compreso quello degli uomini, non potrebbe fare a meno di chiamarli ugualmente "bestie". Cerchiamo allora di guardarci da simili errori.

Platone [Politico]

Se non fosse che l'uomo ha classificato se stesso, non avrebbe mai pensato di creare un nuovo ordine per collocarvi.

Charles Darwin [1871]

Esaminiamo in questo capitolo due antecedenti della Teoria della Relatività einsteiniana, del massimo rilievo epistemologico per uno studio sulla categorizzazione scientifica ed utili a delineare lo sfondo filosofico della scoperta einsteiniana. Innanzi tutto, con Aristotele, vedremo la prima parziale sistemazione del problema della categorizzazione della scienza e, contemporaneamente, i primi germi di uno studio scientifico della relatività della conoscenza. Quindi, sarà la volta del tentativo di Kant di dare alla categorizzazione scientifica un saldo fondamento epistemologico.

4.1 Aristotele. Concetto di relatività e relatività dei concetti

Io domando quali siano le modificazioni che potranno o non potranno essere apportate a un cavallo, o nel piombo, senza far sì che l'uno o l'altro vengano ad essere di un'altra specie. Nel determinare la specie delle cose mediante le nostre idee astratte, la questione è facile da risolvere; ma se alcuno voglia regolarsi in questa materia sulla base di presunte essenze reali, penso che si troverà a mal partito: e non sarà mai in grado di sapere quando precisamente una data cosa cessi di essere della specie del cavallo o del piombo.

John Locke [1689]

Contrariamente a quanto si può credere, il pensiero di Aristotele non ha esercitato alcuna forma di "dittatura" nella scienza medievale, fino all'avvento della rivoluzione di Copernico, Galilei e Keplero. Anzi, andando a scrutare nelle alterne fortune dell'opera di Aristotele, proprio all'opposto si potrebbe convenire che *l'antiaristotelismo è stato la tendenza predominante del pensiero medievale* [De Libera 1993]. Non sarebbe quindi contro Aristotele che la scienza nascente del XVI-XVII secolo a rigore dovette combattere, bensì contro una certa, parziale, sclerosi esegetica. Del resto lo stesso Galilei ebbe a riconoscerlo esplicitamente [1632], e poi, ancor più diffusamente, lo sostenne anche Leibniz [1765; v. anche Wieland 1962; Berti 1992]. Fu solo dopo Kant che i conti cominciarono lentamente a quadrare, tanto che Hegel poteva affermare che, ancora agli inizi del XIX secolo, Aristotele era sostanzialmente *sconosciuto*. Fu, prima, la volta dell'interpretazione hegeliana dell'*empiria totale*, e poi, della riproposizione della critica aristotelica a "un certo" Platone (idealista) contro Hegel stesso, da parte di Trendelenburg (confusione dialettica fra contraddizione logica ed opposizione reale) e di Feuerbach e Marx (*doppio scambio* fra concreto ed astratto). Non va neppure dimenticato lo straordinario ritardo di una prima edizione completa e filologicamente "definitiva" del *corpus* aristotelico del Bekker (1831) e di uno strumento filologico ormai insostituibile, quale l'*Index Aristotelicus* [Bonitz 1870]. Dalla seconda metà dell'Ottocento, e poi per tutto il

Novecento, infine, si è assistito ad un'ennesima "rinascita di Aristotele", che è tuttora in corso e mostra tendenze dagli esiti ancora incerti.⁵⁴

Di Aristotele sembra, insomma, che sia stato ormai detto tutto e il contrario di tutto; da qui la sensazione di un "abisso interpretativo" che coglie chi si accinga a scomodarlo ancora una volta. E ciò a maggior ragione se il motivo è legato, come per noi, all'analisi del retroscena filosofico di una teoria scientifica novecentesca, quale è la relatività einsteiniana. Tutto ciò può suscitare l'obiezione che non possa che trattarsi di un'operazione storicamente scorretta. Ha, infatti, indubitabilmente ragione il Wieland quando, in uno dei libri più significativi scritti su Aristotele nel Novecento, afferma [1962, p.54]:

Ci si deve guardare dal cercare in Aristotele la risposta a domande che possono essere probabilmente urgenti per la coscienza filosofica medievale e più ancora per quella moderna - che è condizionata, molto più profondamente di quanto essa stessa voglia ammettere, dalla teologia cristiana -, ma che Aristotele non ha mai posto e che, dalle sue premesse, non aveva neppure necessità di porre.

Proprio quel che si cela in "un certo Aristotele" si mostra, però, uno strumento euristico assai prezioso per chi voglia oggi porsi il problema delle categorie della scienza in termini scientifici. Il compito che affronteremo in questo capitolo sarà, dunque, solo quello di sondare alcuni dei meandri inestricabili di testi chissà quante volte rimaneggiati, da chissà quante altre menti, al solo scopo di rintracciare qualcosa di utile per il nostro scopo generale entro testi che sono capisaldi di un'intera tradizione intellettuale. Evitando ogni superfluo temporeggiamento sull'opera complessiva di Aristotele, mette solo conto ricordare, col Wieland [1962, p.15], come i suoi scritti di *filosofia naturale* siano stati per secoli trascurati, ignorati, se non proprio dimenticati e, si potrebbe persino dire, *rimossi*. Per quanto riguarda tutte le opere scientifiche aristoteliche, e su tutte la *Fisica*, campeggiava il giudizio collettivo di una raccolta di bizzarrie, una congerie di banalità o di strampalerie consegnate, tutt'al più, al ruolo di mere curiosità storiche. Vigeva un po' quell'ideologia che vuole che per uno scienziato di oggi la storia della sua disciplina non sia altro che la storia degli errori compiuti dai

suoi predecessori, e dunque non avrebbe senso studiarla, se non per pura curiosità intellettuale. Almeno, non avrebbe senso per la ricerca d'oggi. Insomma, si tratterebbe di *una parte di una visione del mondo collocata nel posto sbagliato* [Wieland 1962, p.20].⁵⁵

Come detto, ricercheremo nell'opera di Aristotele semplicemente alcuni elementi utili per indagare il processo di categorizzazione nella scienza. In particolare ci concentreremo qui sul concetto di universale e sui due suoi aspetti peculiari - due dimensioni di relatività - nei quali egli si imbatte nel coniare la prima "lingua della scienza", che non prende comunque mai carattere definitivo ed ancor meno dogmatico.⁵⁶ Verrà così a costituirsi un modulo del concetto di relatività che, seppure in forma implicita, si pone all'origine della riflessione scientifica sull'argomento.

Non cercheremo, dunque, una interpretazione sistematica di Aristotele, anche se apparirà una linea teoretica *tipica* di Aristotele, in quanto contraddistingue l'approccio ai suoi bersagli *tipici*, e cioè il naturalismo proto-filosofico, l'eleatismo, la sofistica e, soprattutto, la dottrina accademica (quella di "un certo Platone"), forse facendo in ciò appello ad un certo "altro Platone" (quello, per intendersi, particolarmente evidente nel *Parmenide* e nel *Sofista*).

⁵⁵ Esattamente opposta, però, sembra essere stata la sorte del "principio teleologico", della "metafisica delle forme esistenziali" *et similia*, in una tradizione ormai plurisecolare che ha voluto ravvisare un sistema di "metafisica" dotato di un vero primato nei confronti di ogni altro sapere. Il termine "metafisica", come nessuno nega, è post-aristotelico, e vuole la tradizione che risalga ad Andronico di Rodi (I sec. a.C.), primo editore dell'opera di Aristotele, o forse ad Eudemo di Rodi (discepolo di Aristotele). Esso si riferisce al contenuto, in verità un po' eterogeneo, di un insieme di quattordici libri pervenutici, del quale nessuno può sapere che cosa sia dovuto ad Aristotele e che cosa non lo sia [Reale *Introduzione a Metaph.*, pp VI-X]. Anacronistico, dunque, dovrebbe essere parlare di *metafisica* a proposito del pensiero Aristotele. Sarebbe almeno utile, se non proprio cruciale, prendere in considerazione la possibilità filosoficamente opposta di una sorta di *primato metodico della fisica sulla metafisica* [Wieland 1962; v. anche Berti 1989]. In questa ottica la *physica* aristotelica, che possiamo avvicinare alla moderna *scienza della natura*, è autonoma e di oggetto assai ampio, poiché essa non solo si occupa di tutto ciò che esiste e muta in natura, ma ricerca legittimamente anche le stesse condizioni della propria possibilità di esser scienza, ovvero i *principi primi propri*, ben oltre quindi una conoscenza ottenuta giustapponendo un sistema logico-deduttivo ad un'intuizione immediata dei principi suoi primi. Questa *physica* comprende, dunque, lo studio di se stessa: è, se vogliamo, una *science of science ante litteram*.

⁵⁶ L'opera di Aristotele presenta una costante *struttura poliedrica* (Reale) che consiste nella molteplicità di punti di vista sotto i quali Aristotele cerca di guardare, contemporaneamente, alle questioni filosofiche. Ciò gli impedisce di cadere in troppo facili sclerosi della ricerca, e dunque in una qualsiasi forma di dogmatismo [Berti 1992; Düring 1966; Lloyd 1968; Wieland 1962].

⁵⁴ Per un panorama esauriente si veda [Berti 1992].

4.1.1 Il concetto della scienza

I *Secondi analitici* sono il primo trattato di epistemologia a noi pervenuto. Accostando questo testo, emerge come particolarmente istruttivo per le nostre questioni di categorizzazione e relatività, un capitolo che tratta diffusamente della natura del concetto, ovvero, nella terminologia antica, degli *universali*⁵⁷, sul quale a torto troppo spesso si sorvola.⁵⁸

Quando egli tratta "genericamente" del concetto di *universale* usa il termine *katholou* (ad esempio: *l'uomo in generale*), definendolo "ciò che per sua natura si predica di parecchi oggetti" [*De Int.* 7 17a 39], in opposizione a *singolare*, *kath'ekaston* (ad esempio: *un particolare uomo*), che viene invece definito "ciò che non si predica di parecchi oggetti" [*An.pr.* I 27 43a 28]. Egli intende, infatti, per *universale* [Mignucci 1965, p.69]:

innanzi tutto un termine in quanto ha un riferimento predicabile a più soggetti che sono contenuti, ovvero che implicano, tale predicato [... e che, viceversa] proprio di ogni predicato è significare una determinazione di un soggetto, un *eidos*, il quale di natura sua è universale e costituisce quindi un'unità e medesimezza non equivoca predicabile di più.

⁵⁷ Tutte le fonti sono concordi nel ritenere che il termine latino *universalis* sia un calco dal greco *katholikós*, da farsi risalire a Quintiliano [p.es. Migliorini 1977]. Conviene riportare il testo cui esse immancabilmente ci rinviano [*Inst.Or.* II 13, p.278]: *per tale motivo, io ebbi sempre l'abitudine di legarmi il meno possibile ai precetti detti in greco katholiká e, alla latina - per dirla in qualche modo - universalis o perpetua. Il fatto è che raramente essi non si prestano ad essere per qualche riguardo smentiti e svuotati di valore.* È interessante qui notare che l'*hólos* presente nell'originale greco viene qui sdoppiato in due "componenti", che all'epoca avevano (ancora) un significato contiguo. La prima è costituita dal termine *universale*, che possiamo parafrasare letteralmente con "piegato-ad-unità", e dunque si riferisce ad un complesso considerato nella sua interezza. La seconda componente, invece, è costituita dall'altro termine, *perpetuale*, cioè letteralmente qualcosa di simile a "diretto-ad-unità", e si riferisce ad una serie che procede ininterrottamente. I due significati vengono da Quintiliano fusi insieme per la traduzione. Va notato che con il primo si intende un'unità di tipo spaziale, e dunque per antonomasia l'ambiente di tutte le cose esistenti nello spazio (considerate ad un medesimo o irrilevante istante temporale) o l'unità sistemica di queste, e dunque l'universo; e con il secondo, invece, una unità fondata esclusivamente sulla permanenza della medesima "sostanza" attraverso tutti gli istanti temporali, e dunque, per antonomasia, l'eternità.

⁵⁸ C'è chi ha dedotto dal testo che stiamo per affrontare che il primo libro dei *Secondi analitici* è l'opera più infelice di Aristotele [Anscombe G.E.M., *Three Philosophers*, Oxford 1961, cit. in Düring 1966, p.72]. Come emergerà con la nostra analisi, sembrerebbe di potervi trovare, esattamente al contrario, qualche materiale di grande importanza per la ricerca epistemologica contemporanea.

Ma in uno dei punti più critici della sua ricerca, seguendo la lettura di Ross [*Introduction* ad *An.pr. & post.(b)*] di poco semplificata, la ricerca aristotelica ha un'impennata teoretica.⁵⁹ Dovremo cercare di comprendere il senso dei quattro termini che vi compaiono: *katá pantós* ("di ogni istanza"), *kath'autó* ("per sé"), *é autó* ("in quanto tale") e, da ultimo, *katholou* ("della totalità" o, meglio, "universale"), il quale sussume concettualmente i primi tre. Si noti che altrove in Aristotele si perde questo ventaglio di approssimazioni successive, con il quale si avvicina ad un innovativo "universale della scienza". Proprio a partire dalle tre "tappe" di questa "scalata epistemologica" si dipanerà l'ingarbugliata matassa del concetto di relatività.

La caratteristica comune. In una prima approssimazione l'*universale* si presenta ad Aristotele in questo modo: *chiamo katá pantós quel che non è vero di un elemento del gruppo senza esser vero anche di ogni altro, né è vero di esso ad un certo tempo senza esserlo ad un tempo differente* [73 a 28-9]. La prima tappa dell'*universale*, perciò, fa riferimento esclusivamente alla *estensionalità* della classe degli elementi dei quali esso può venire predicato: di questi si coglie qualunque cosa sia *comune* a tutti (*universalis*) e in ogni tempo (*perpetua*). Diremo, ad esempio: ogni uomo è *katá pantós* dotato di un naso; ogni linea è fatta *katá pantós* di punti, ed ogni triangolo è fatto *katá pantós* di linee.

Ma questo non è che il primo e più superficiale stadio dall'analisi. Notiamo infatti che, se da un lato è palese che essere *katá pantós* (= per tutti) è effettivamente una *condicio sine qua non* di un universale in quanto condiviso da tutti gli individui che compongono un certo gruppo, dall'altro, abbiamo soltanto un *universale collettivo* del tipo "uno-in-molti". Cioè, in

⁵⁹ *An.post.* I 4-5, ma si vedano anche *Top.* I 4-7, e note e commenti presenti nelle edizioni critiche classiche di Ross [*An.pr. & post.(b)*, pp 522-3] e Tredennick [*An.post.*, p.7, pp 51-3]. Nella sterminata letteratura novecentesca, si segnalano per questo punto particolare [Ross 1923, pp 50-1], [Ortega y Gasset 1947, pp 124, 131-2 e 301-2] e [Mignucci 1965, pp 68-75] e, in misura minore, [Düring 1966, pp 115-6], [*An.pr. & post. (c), Introd.*, vol.1 p.21] e [Peruzzi 1983, p.20]. In particolare, il Mignucci fa presente come questa distinzione tripartita non sia universalmente riconosciuta, eppure per la sua individuazione si possa fare appello ad una consolidata tradizione andata purtroppo oscurata, risalente a Teofrasto, Giovanni Filopono (Il Grammatico) ed Abū'l-Walid Muhammad Ibn Ahmad Ibn Rushd (Averroè). Un punto di riferimento resta pur sempre [Kant 1800, in particolare I 21 e 84], ma, a dire il vero, Kant vi afferma che la differenza fra livello *generale* e livello *propriamente universale* "ovviamente, non interessa affatto la logica". Così facendo, però, egli si perde completamente una grande intuizione di Aristotele e, forse non ultimo per questo motivo, una buona ragione per riaffermare la portata dell'impresa aristotelica al di fuori della logica, che infatti tendeva a svalutare.

realtà, uno *pseudo-universale* composto da tratti magari solo accidentalmente presenti in tutti gli individui del gruppo e per il solo tempo in cui vengono esaminati (ad es., parlando di cani: avere esattamente quattro zampe, una coda, un'altezza entro un determinato intervallo, saper abbaiare, ecc.). Si potrebbe trattare di *accidentali aggiunte* (*symbebekós*⁶⁰) alla loro intima, intrinseca natura che risiederà, in effetti, altrove. La categoria che così siamo in grado di costruire non potrebbe garantire *in alcun modo* di aver registrato gli elementi caratteristici che ci permettono di riconoscere un *individuo qualsiasi* come effettivamente appartenente ad essa. Ad esempio, il cane che ci si parasse dinanzi senza una zampa o senza la coda (eventualmente perse in un incidente) o che non fosse capace di abbaiare (perché troppo piccolo o troppo malato) sarebbe, ovviamente, pur sempre *un cane*, cioè un valido membro della classe cui attribuiamo il nome di *specie canina*. È ben vero che ogni somiglianza andrebbe comunque spiegata, anche quella più occasionale in quanto anch'essa reale [Leibniz 1765]. Ma il vero problema sembra emergere su *quale tipo* di somiglianza fra le cose singolari noi *dobbiamo* recepire normativamente sotto forma di categoria *scientifica*, cioè per definire la *specie canina*. E d'altra parte ci si chiede quale sia il conseguente *grado di generalità* di cui possiamo disporre con il suo uso, ad esempio, di fronte a campioni statistici nuovi della medesima popolazione o nella comunicazione con osservatori che abbiano esperienza di campioni statistici diversi dai nostri.

La caratteristica propria. Aristotele aggiunge quindi che l'universale deve registrare una proprietà che appartenga agli elementi di una classe in modo *kath'auto* (= per sé) ovvero *per loro natura* [73a 34-5]. In questa seconda approssimazione, dunque, compare un criterio *intensionale* di universalità: non basta più che esso registri una qualunque caratteristica *estensionalmente in comune* fra gli elementi di cui può venir predicato, ma deve registrare quelle che individuano *intensionalmente* la natura propria di ciascuno di essi. Siamo, così, spinti a ricercare quelle caratteristiche dotate di *necessità di specie* (o *categorica*) senza le quali individui di quella specie non si

distinguerrebbero da individui di altre. Sarebbe, a questo punto, un *universale distributivo* in quanto, *a posteriori*, l'appartenere a quella specie comporterà, per via puramente logica e per ciò stesso necessaria, che ad ogni individuo che ne faccia parte vada attribuita quella proprietà. Per meglio illustrare il concetto di *kath'auto* (che qui traduciamo con *proprio* o *propriamente*), Aristotele porta quattro casi del suo uso in semplici enunciati costituiti da soggetto (S) e predicato (P).

a) *Il triangolo ha propriamente linee, le linee, punti*. In questo caso, perché vi sia S, vi deve essere anche P, cioè P deve essere *presupposto necessariamente* dalla struttura o definizione di S. È questo il caso, ad esempio, del triangolo (S) al quale appartiene *kath'auto* la linea (P), perché un triangolo non può non essere delimitato da linee; o anche della linea (S) alla quale appartiene *kath'auto* il punto (P), perché una linea non può non contenere dei punti. Si tratta, insomma, del caso generale in cui un predicato è un elemento necessario del soggetto.

b) *Il triangolo è propriamente equilatero, isoscele o scaleno; la linea, dritta o curva*. In questo caso, che è inverso al precedente, perché si possa predicare P sembra doversi presupporre proprio S, non essendovi apparentemente altri S che sono P. È cioè il soggetto a sembrare stavolta *presupposto* dalla struttura o definizione del predicato, come nel caso dell'essere equilatero, isoscele oppure scaleno, che sappiamo essere *kath'auto* dei triangoli; o dell'esser dritta oppure curva, che sappiamo essere *kath'auto* della linea. Anche qui si tratta, insomma, del caso di un legame forte fra soggetto e predicato, questa volta, però, per la impossibilità di apparente di definire altrimenti il *predicato*.

c) *Una cosa o un individuo esistono in proprio*. Si dice, infatti, *kath'auto* anche nel caso di qualcosa che possa *esistere autonomamente* da ogni altra, come non è invece il caso del color bianco, che in proprio non può essere senza qualcosa di cui esso sia colore, o deambulante, che non può essere se non di qualcosa che cammina. Qui si tratta, dunque, di non confondere il "vero soggetto" con un mero suo predicato (tipico *doppio scambio* dell'idealista).

d) *Un animale muore proprio per una ferita*. In questo quarto caso, egli considera la dipendenza causale (necessitata) fra due eventi A e B come derivazione *kath'auto* di B da A. E porta ad esempio il caso di un animale che muore sgozzato *a causa della* ferita subita, e non è morto accidentalmente, con la gola recisa.

Ma osserviamo che non si è ancora giunti ad escludere in maniera categorica ed esplicita (o necessaria) casi come: non-linee dritte o curve, non-triangoli equilateri, isosceli o scaleni, animali feriti che non muoiono per le ferite

⁶⁰ Va osservato che il termine *symbebekós* ha per Aristotele due significati. Il primo, indica una proprietà che appartiene ad una cosa *né sempre né per lo più*, ma solo talvolta, e quindi solo *accidentalmente*. Il secondo, invece, indica quelle proprietà che, pur appartenendo sempre ad una cosa, non le appartengono comunque in senso proprio, ovvero *kath'auto*. In entrambi i significati vi è un denominatore comune che possiamo individuare in una assenza di nessi causali, una *sopravvenienza accidentale* non rivelatrice di alcuna regolarità o dell'intima natura della cosa medesima, la cui assenza/presenza, cioè, non è ritenuta in grado di mutare l'esistenza della cosa in non-esistenza e viceversa.

subite, ecc. Non si vede ancora una proprietà che definisca il triangolo, non sembrando sufficiente dire che è quel poligono che può essere equilatero, isoscele o scaleno. Dunque, non abbiamo ancora identificato una proprietà necessaria ed anche *sufficiente* per definire l'appartenenza di un individuo ad una specie.

La caratteristica specificatrice. A questo proposito Aristotele aggiunge di chiamare precisamente universale (*katholou*) ciò che appartiene a una cosa, contemporaneamente, *katá pantós* (escludendo proprietà non universali), *kath' autó* (escludendo proprietà accidentali) e, di questo, nell'accezione stretta *é autó* [73b 26-9], escludendo cioè proprietà comuni a tutto un genere. Possiamo intendere con quest'ultimo termine (= in sé) "in quanto è proprio esclusivamente di quella data specie", e diremo ad esempio: l'uomo è *é autó* un animale razionale, ovvero *in virtù della sua natura più intima: nient'altro può avere quella proprietà* [Peruzzi 1983]. Non basta, insomma, avere un organo vitale quale, ad esempio, il fegato per appartenere alle *specie* uomo, anche se tutti gli uomini lo possiedono (*katá pantós*) ed averlo è non-accidentale (*kath' autó*): il punto non è il fegato! Esiste, infatti, un ben più ampio *genere* che ne possiede uno. Ed anzi, possiamo pensare che agli uomini discenda quella proprietà per essere membri di quel *genere* (si pensi al contesto evoluzionistico), cioè *distributivamente*.

Come esempio per chiarire questa terza "approssimazione" di universale nei *Secondi analitici* viene portato un caso leggermente differente, il cui esame è assai istruttivo per la definizione di *specie* quale paradigmatica categoria scientifica. Il passo di riferimento è il seguente [74a 38 - b 4]:

Ad esempio, ad un triangolo isoscele di bronzo toccherà il possesso di due angoli retti [come somma dei suoi angoli interni], ma la stessa determinazione apparterrà a questo oggetto, anche una volta che da esso siano stati eliminati l'essere di bronzo e l'essere isoscele. Tuttavia, il riferimento di tale determinazione non sarà più possibile, quando si elimini la figura oppure il suo perimetro. Questi ultimi non sono però gli oggetti primi di tale proprietà. Qual è dunque l'oggetto primo cui va riferita tale determinazione? Se il triangolo sarà oggetto primo, apparterrà al dato triangolo e a tutti gli altri, e la dimostrazione di ciò sarà provata universalmente.

Ciò significa che, ad una figura, proprio in quanto è triangolare appartiene *katholou* quella relazione fra gli angoli, e per nessun'altra sua proprietà.

Deve trattarsi, dunque, di proprietà non soltanto distintiva, ma anche *costitutiva*. Solo così quella proprietà non definirà un'identità generica ma proprio un'identità specifica [Top. I 7].

Ma allora, la proprietà non può più essere semplicemente logica: molteplici sono infatti le "specie" che si possono costruire a partire dai medesimi individui e da proprietà *comuni, proprie ed esclusive*. Saremmo disposti ad accettare, ad esempio, definizioni della specie umana come "costruttrice di matematiche", piuttosto che "domatrice di cavalli" o "mangiatrice di riso bollito" ecc., semplicemente perché tutti gli uomini (presumibilmente) godono (almeno in potenza) di quelle proprietà, e viceversa, godere di queste capacità presuppone che si tratti di uomini? Essere uomini non consiste in questo! Alcuni uomini possono essere troppo piccoli per mostrarle o troppo malati o trovarsi in situazioni molto particolari.

Se possibilità così strampalate sono forse accettabili per generiche *proprietà speciali* (intendendo, cioè, semplicemente *proprie della specie*), altrettanto non può dirsi per quella (o quelle) particolare proprietà che deve metterci in grado di cogliere la specificità di quella specie in ogni contesto, e che a stretto rigor di termini andrebbe chiamata *specificatrice*⁶¹, ovvero *costitutiva della specie*. Come scrive Hempel, insomma, devono esservi delle *ragioni di fatto* per il godimento di quella proprietà da parte di quegli individui, *in quanto tale circostanza suggerisce una legge empirica* [Hempel 1952]. Dunque, affinché P sia davvero fondamento di una categoria scientifica, S deve essere il "soggetto primo" di P, ovvero deve aversi che ogni sua istanza sia anche un istanza di P, P non deve predicarsi altro che di S, e per di più P deve arrivare agli S per la loro stessa costituzione empirica. Ovvero, vi deve essere un qualche nesso costitutivo fra il godere P ed essere un S (di quel tipo).

Solo per questa strada si può giungere a quel *necessario e sufficiente* che possa "fare la differenza" fra quella specie e tutte le altre, in quanto

⁶¹ Andrebbe rilevato che sia i *Secondi analitici*, sia il commento di Porfirio ed anche la traduzione latina di Severino Boezio parlano di una proprietà differenziale "produttrice di specie" (*eidopoiós, specificus*), che è ben più forte di "concernente la specie" (*eidikós, specialis*). Proprio questo dovrebbe poter garantire che *data la differenza*, e solo questa, da un *genere* si possa ottenere tutta una *specie* [Top. 141b, 144b]. Un discorso filologicamente del tutto simile, curiosamente, vale anche per il termine scientifico (*epistemonikós, scientificus*), che è ben più forte di *concernente la scienza* (*epistémōn, scientialis*), in quanto letteralmente significa *produttore di scienza* [Secondi analitici I 74b 28]. A questo riguardo Benveniste [1969] rileva, però, la presenza di entrambi i significati nell'uso ambiguo di Aristotele del termine *epistemonikós*, la chiara distinzione dei quali fu per la prima volta condotta soltanto da Boezio nella sua traduzione.

differenza specificatrice (e non semplicemente *speciale*), *divisiva* del pertinente *genere* e *costitutiva* della data *specie* [Metaph. VII 12 1037b]. Deve dunque trattarsi di una proprietà *genetica*, ovvero di una regolarità di rilievo processuale nella costruzione empirica degli *individui* che, poi, assegneremo ad una medesima *specie*. Nell'esempio aristotelico citato prima, è nel processo di costruzione dei triangoli che assegniamo il valore della somma dei loro angoli interni.

Riassumendo, per avere un *katholou* si deve riuscire ad isolare proprietà che siano contemporaneamente: (a) *comuni* a tutti gli individui (*katá pantós*), (b) *propriamente caratteristiche* di essi e *non-accidentali* (*kath'autó*) e (c) *esclusive* e *costitutive* (ovvero *caratteristiche* in senso stretto) di tali individui (*é autó*).

Non si può, però, risolvere con chiarezza la questione dell'universale rimanendo in ambito aristotelico, poiché, purtroppo, *Aristotele non ha mai propriamente risolto il problema del modo d'essere dell'eidos* [Wieland 1962], in particolare relativamente proprio ai concetti scientifici. E ciò costituisce il maggiore limite della sua pur originalissima indagine epistemologica. Ci rimangono soltanto degli indizi che depongono a favore di una traslazione del problema degli universali, ed in particolare del concetto di specie biologica, da un'analisi di tipo logico ad una di tipo processuale. Alcuni di essi verranno articolati meglio tra breve a proposito della relatività in senso oggettivo del concetto di specie.

4.1.2 *Messa a fuoco sul concetto germinale di specie*

È solo con una tale idea in mente che, con termini moderni, il concetto scientifico di specie si può radicare in un sostrato nomico, configurandosi cioè come *universale nomologico* e non meramente *accidentale*. E sarà questa, d'ora in avanti, la nostra accezione tecnica di *specie*. Ad esempio, è solo al terzo livello che la specie può sostenere condizionali *coniuntivi* o *controfattuali* alla Goodman. Si potrebbe infatti argomentare correttamente, ad esempio, che *se* un animale (di cui *non* conosciamo la specie) *avesse* la proprietà specificatrice della *specie* cavallo, sarebbe certamente un cavallo; e d'altra parte, *se* un altro animale (che sappiamo *non* essere un cavallo) *avesse avuto* quella proprietà sarebbe allora stato, certamente, un cavallo. Ma purtroppo quelle poche pagine degli *Secondi analitici* sembrano essere l'unico luogo in cui Aristotele dia una definizione così precisa di *katholou*, che altrove si riduce sempre, si direbbe, al *katá pantós* [Röss in *An.pr.&*

post.(b); Düring 1966].⁶² Sicché non risulta chiarito esattamente il rapporto aristotelico fra *eidos*(specie), *genos*(genere) e *katholou*(universale). Il significato dello stesso termine *eidos* (che, ancor più di *katholou*, fa risuonare la dottrina "platonica") oscilla fra un *polo ontico*, per il quale esso giunge quasi a confondersi con il soggetto-*hypokeimenon*, ed un *polo formale*, per il quale sfuma (o almeno si prestò ad essere sfumato dagli interpreti) nel predicato-*morphé*. Per non parlare del ginepraio che si erge attorno al termine *ousia*: esso oscilla fra una realtà empirica quale "la cosa realmente esistente" (ancora una volta un *hypokeimenon*, elemento individuale onticamente irriducibile, come ad esempio "un certo cavallo") e quel "ciò che era l'esser tale" (*to ti en einai*) che sembra più che altro un principio ("essere un cavallo che vive qui-ora, che è se stesso e si comporta come ci si attende") [Düring 1966].

In ogni caso, è assodato che per Aristotele *nessun* individuo può esistere senza determinazioni *specifiche*: non può cioè esservi spazio per *assoluti* (*haplós*).⁶³ Dunque, nemmeno i principi costitutivi, a rigore, debbono poter essere identificati con essenze formali iper-reali, irrelate. Ma semmai, nei termini della scienza moderna, con principi *genetici*, cioè con i semi originatori che possono guidare le nostre classificazioni. E riannodiamo così, in un tessuto teorico coerente in sé e con certe moderne scoperte scientifiche, gli antichi termini *katholou* e *kath'ekaston*, *eidos* e *logos*, *genos* ed *hypokeimenon*, *to ti en einai* è *to hen*, *morphé*, *telos* ed *aitia*. E si profila la concezione di un soggetto individuale (*hypokeimenon-ekaston-atomos*) assai più ricco di determinazioni.

Esplicitiamo adesso la "catena" composta dai rapporti testé descritti fra *individui-specie-genere*⁶⁴ (I-S-G), alla quale abbiamo fatto tacitamente riferimento nel paragrafo precedente, mantenendoci sempre nell'ottica della

⁶² In molte situazioni rimane un'ambiguità di fondo, come quando leggiamo in [De part.an. I 4 644a 25-30]: *ciò che è universale è comune: chiamiamo infatti universali gli attributi appartenenti a molti*. Risulta difficile capire se ci si riferisca solamente ad una condizione necessaria o, invece, ad una vera e propria identificazione di *universale* con *comune*.

⁶³ Anzi, così come la *specie* non può esistere senza i suoi *individui*, anche il *genere* non può esistere senza le sue *specie*: *genos haplós mé esti pará tá hós genous eide* [Metaph. VII 12 1038a5]. È lecito chiedersi se vi sia anche un gioco di parole di Aristotele, visto che *haplós* significa sia "assoluto", sia anche "inadatto a navigare". Se così fosse, questa affermazione riecheggerebbe il *deuteros ploos* (la seconda navigazione) di Platone, quasi a significare che il genere "platonico", meta-specifico o metafisico (la fisica è infatti scienza del medio-specie), sia inadatto alla navigazione della scienza!

⁶⁴ Le differenze fra questo semplice schema logico ed il cosiddetto *albero di Porfirio* [v. Isag. 4 20sgg] sono molte, e, pur non soffermandoci in questa sede su un tale raffronto, diventeranno più chiare nel prosieguo della nostra analisi.

categorizzazione scientifica. La terminologia aristotelica a questo proposito è assai precisa, soprattutto a proposito del concetto di identità [Top. I 7 8-15]:

Si ha *identità numerica*, quando i nomi sono parecchi ma la cosa è una sola, come ad esempio nel caso di mantello e soprabito. *Identità specifica* spetta invece a quegli oggetti che, pur essendo parecchi, non rivelano differenze quanto alla specie, così come un dato uomo è identico ad un altro uomo, ed un dato cavallo ad un altro cavallo: identici di specie si dicono infatti tutti gli oggetti che ricadono sotto un'identica specie. Analogamente, *identità generica* si ha poi tra quegli oggetti che rientrano in un identico genere, come ad esempio si ha fra un cavallo ed un uomo [entrambi mammiferi].

E questi tre termini sembrano essere davvero importanti per Aristotele, se ritornano in vari luoghi della sua opera assai distanti fra loro. In maniera più eclatante, nel seguente passo [Phys. VII 1 242b 35-9]⁶⁵:

Un movimento, infatti, può essere identico per genere, per specie e per numero: "identico per genere" è quello della medesima categoria, ad esempio sostanza o qualità; "identico per specie" è quando il movimento si produce da ciò che è identico per specie a ciò che è identico per specie, ad esempio da

⁶⁵ Si veda anche [Metafisica V 6 1016b 31 - 1017a 2; XII 5 1071 20-9]. Un altro passo aristotelico, che può essere considerato di raccordo fra quello citato dei *Secondi analitici* e questo della *Fisica*, può essere quest'altro, di interpretazione, però, non altrettanto immediata [An.post. I 5 74a 25-38]: *per tale ragione del resto, anche se qualcuno prova rispetto ad ogni [specie di] triangolo [...] che in ciascuno di essi la somma degli angoli è uguale a due retti, considerando separatamente il triangolo equilatero, quello scaleno e quello isoscele, ebbene costui non viene ancora a sapere, se non in modo sofistico, che nel triangolo la somma degli angoli è uguale a due retti, e neppure nel triangolo in universale [katholou], neanche nel caso in cui, oltre ai suddetti, non sussista più alcun altro triangolo. Egli non sa infatti che tale determinazione tocca al triangolo puramente e semplicemente in quanto esso è proprio un triangolo [è autò], né conosce ciò di un qualunque triangolo, ma solo individualmente [kat'arithmon]. Quanto alla specie [genere dei triangoli] il suo sapere non si estende ad ogni triangolo, quand'anche non ne sussista alcuno, che egli non conosca. [...] la determinazione suddetta appartiene all'oggetto proprio in quanto triangolo, oppure appartiene all'oggetto in quanto triangolo isoscele? Quando è che tale appartenenza sarà attribuita all'oggetto primo? A quale oggetto si rivolgerà precisamente la dimostrazione del riferimento universale? È evidente che tale oggetto si presenterà quando, eliminati certi predicati, la determinazione universale apparterrà ad esso, inteso come oggetto primo.*

bianco a nero, o da buono a cattivo, qualora non siano differenti per specie; "identico per numero" quando il movimento è da ciò che è uno per numero, ad un altro che è anch'esso contemporaneamente uno per numero, come ad esempio da questo bianco verso questo nero, o da questo luogo verso questo luogo, però sempre in questo particolare tempo; se infatti il tempo non fosse lo stesso, il movimento non potrebbe essere uno per numero, ma solo per specie.

Più in generale, un *individuo* è, dunque, quell'unità considerata fondamentale nel contesto di discussione prescelto, in quanto soggetto di ogni nostra predicazione e non ulteriormente suddivisibile, come l'etimo latino del termine che usiamo d'altronde riporta. La *specie*, è invece un raggruppamento di *individui* secondo una loro *proprietà specificatrice*, prescelta come criterio organizzativo di un "albero" tassonomico, ed è dotata di una valenza non meramente convenzionale, ma denotativa di una *regolarità costitutiva* al livello degli *individui*. Il *genere*, poi, è un ulteriore raggruppamento di *specie* che, differenti fra loro, al cospetto di tutte le altre *specie* considerabili, si mostrano simili per una qualche *proprietà generica*. Va poi notato che, in ogni occasione, fra *individuo* e *specie* corre lo stesso identico rapporto *logico* che fra *specie* e *genere*, in una simmetria *monotona* o *non convertibile* [Porfirio, *Isag.* 1-8]. Proprio questo tipo di rapporto va necessariamente a sostituire quello di *modello-copia* platonico: altrimenti la *specie* verrebbe ad essere, a un tempo, *modello* degli *individui* ma anche *copia* del *genere*, il che sembra paradossale ad Aristotele, soprattutto se si considerassero *specie* e *genere* proprio come *forme platoniche* [Metaph. I 9 991a 29-31, puntualmente ripreso in XIII 5 1079b 33-35]. Salta, perciò, inevitabilmente il nucleo della *teoria delle idee* dell'*Accademia*, ovvero l'assunzione dell'esistenza privilegiata di idee che, separate dalle cose, ne sarebbero modello. E con ciò viene corretto il primo *scambio* idealistico di soggetto e predicato della storia della filosofia.

Per chiarire la relazione esistente fra i tre termini della "catena" I-S-G, dobbiamo tenere presente che [Kant 1800, 9-10, p.89]:

i concetti superiori e inferiori si chiamano così solo relativamente (*relative*), un solo e medesimo concetto può dunque essere al tempo stesso, in rapporti diversi, superiore e inferiore. [...] Il concetto superiore si chiama, in rapporto al suo concetto inferiore, genere (*genus*); quello inferiore, in rapporto

al suo concetto superiore, specie (*species*). Come i concetti superiori e inferiori, così anche i concetti di genere e di specie sono perciò distinti non per la loro natura, ma in considerazione del loro rapporto reciproco (termini *a quo* o *ad quod*) nella subordinazione logica.

Quindi, più in generale, tutto quanto può dirsi della *specie* a partire dagli *individui*, potrebbe egualmente dirsi anche del *genere*⁶⁶ a partire dalle *specie*.

Ma sorgono ora due problemi. Innanzi tutto salta, in queste condizioni, anche la *teoria dei principi* dell'*Academia*, poiché non basterà più conoscere i *principi dei generi*, ma occorrerà conoscere, salvo eventuale altra specificazione, anche i *principi delle specie*: la scienza dei *primi principi* diventerà una serie articolata di scienze specifiche di entità specifiche caratterizzate da *principi specifici*. E per questa *incomunicabilità dei generi*, allora, sembra perdersi anche la possibilità di una scienza unitaria (anche se non è cercata da Aristotele propriamente una scienza *totale*, una scienza, cioè, dalla quale dedurre "alla Platone" ogni scienza particolare).

Ma una ulteriore difficoltà ci si para dinanzi. Non sembra esservi neppure, infatti, alcun motivo per ritenere quella catena estesa a tre soli termini. In altre parole, anche se è evidente che nelle opere di Aristotele non si trova neppure una *classificazione generale e sistematica degli animali* [Lloyd 1987], comunque, delle estrapolazioni a fini epistemologici possono essere condotte anche per una *famiglia di generi* (a partire da *molteplici generi*), ma anche a più *sotto-specie* (a partire da una *semplice specie*), e così via. Parleremo allora genericamente di *taxa* - ovvero di *categorie ordinatrici* - sia "al di sotto" degli individui (in fisica, ad esempio, si parla di costituenti sempre più elementari), sia "al di sopra" del genere (tra i molti *taxa* in uso in

⁶⁶ Si osservi che in greco il termine *genos* possiede una polivalenza semantica, come rilevato da Aristotele [*Metaph.* V 28], e poi semplificato da Porfirio [*Isag.* I 17 - 2 15]. Per Aristotele vi sono quattro significati, e per Porfirio più semplicemente tre, che così rendiamo: a) la *genia* di coloro i quali hanno una relazione con un medesimo termine (ad es.: gli individui imparentati in una *gens* hanno un antenato in comune); b) il *gene* comune, ovvero il comune principio della *generazione* (ad es.: quell'antenato, la *paria*); c) il principio e contenitore delle specie nelle quali esso si articola, le quali possiedono una minore estensionalità, e rispetto alle quali esso è dunque *generalità*. Questi tre significati del termine mostrano, perciò, di avere una duplice "direzione semantica": da un lato, il genere si mostra massimamente *generico* (in opposizione a *specifico*), "negativo", improduttivo e non determinante di alcuna realtà, dunque sterile; ma in un secondo senso esso appare al contrario *generante*, ovvero massimamente "positivo", produttivo e fondante di conoscenza, dunque fecondissimo.

biologia si hanno regni, divisioni, tipi, classi, ordini, famiglie).⁶⁷ Ma se ora si trattasse di una mera tassonomia logica, sarebbe lecito aspettarsi che, come un individuo è causato (materialmente) da un altro individuo, anche la specie venga causata da un'altra specie, e più in generale ogni *taxon*, inteso come *holos*, venga causato da uno di pari livello. Come sarebbe allora conciliabile l'appena incontrata *incomunicabilità dei generi*, e dunque anche quella fra le *specie* e in generale tutti i *taxa*, con un legame tanto forte come quello genetico di causazione? Se vogliamo proseguire il filo teso da Aristotele, il cammino si fa obiettivamente problematico; pure, un'analisi più accorta della catena I-S-G può suggerire qualche ulteriore passo sulla questione della realtà del concetto di specie e, dunque, dei concetti scientifici.⁶⁸

In questo quadro, la *specie* è, per così dire, collocata chiaramente in una posizione di "dipendenza" dal dominio *estensionale* del *genere*, in quanto soggetta a questo. Eppure, sappiamo, essa è il *predicato* che qualifica *logicamente* i suoi rappresentanti empirici, cioè gli *individui*. Allora, è proprio nella sua qualità di *medio logico*⁶⁹ fra *genere* ed *individui*, che le pervengono, seppure attenuati, degli attributi *ontologicamente* caratteristici di questi secondi, la sostanza individuale ovvero gli *oggetti singoli e sensibili* che in Aristotele hanno il ben noto, saldo e inconfondibile primato ontologico nonché metodologico.⁷⁰

⁶⁷ In effetti, sono in uso nella biologia anche dei *taxa* al di sotto del livello di *specie*, cioè le *razze*, che a loro volta possono essere ulteriormente articolate. È chiaro che qui semplifichiamo il discorso per far emergere il problema chiave di ogni tassonomia.

⁶⁸ D'ora in avanti, per semplicità, parleremo dei soli tre livelli fondamentali, cioè di quella che possiamo chiamare la *catena base* I-S-G, intendendo però che tutto quanto andremo elaborando valga anche nel caso più generale.

⁶⁹ Si noti che *medio* viene definito da Aristotele in questo modo: *chiamo medio quello che tanto è contenuto in un altro, quanto contiene in sé un altro ancora, e occupa così una posizione intermedia* [An.Pr. I 25b]. E ciò vale esattamente per la *specie*, collocata in posizione intermedia fra *genere* ed *individui*.

⁷⁰ A testimonianza della positiva assunzione di proprietà caratteristiche dell'individuo da parte della specie, in tutta la sua opera a noi giunta, si può riportare il continuo "recupero" di istanze ad esso collegate, quali materia e sensibilità, in afflusso verso tutte le astrazioni dopo lo sdoppiamento operato da (un certo) Platone, come esemplarmente in [*De an.*, III 7 431b]: *le cosiddette astrazioni l'intelletto le pensa alla stessa maniera del camuso: in quanto naso camuso, non può essere pensato senza la carne* [cfr. *Metaph.* VII 5 1030b, 11 1037a]. Ma, di seguito indico anche alcuni dei numerosissimi luoghi teorietici che possono essere portati a sostegno di una rivalutazione della materia individuale e del dato empirico in relazione a diversi argomenti: la *categoria prima*, sostanza-sostrato o soggetto concreto individuale (*un determinato uomo*) [*Cat.* 5 2a-b]; il *primato dell'oggetto* della scienza sulla scienza medesima e di quello dell'*oggetto sensibile* (corpo umano compreso) sulla sensazione o di un *soggetto determinato* sui nostri predicati di esso [*Cat.* 7b 20-8b 25; *An.Pr.* I 2743a, II 21 67a]; la *sensazione come referente incontestabile* della scienza [*De cielo* III 7 306a 25 sgg]; l'intervento nella *generazione*, non solo della specie-genere, ma soprattutto del carattere

D'altra parte, come gli *individui* lo mostrano verso le *specie*, così queste a loro volta mostrano il medesimo primato nei confronti del *genere*; addirittura, la *specie* si qualifica adesso come "nuovo" *sostrato*, *soggetto generatore*, cioè soggetto-di quello, non meno di quanto lo fossero già gli *individui* nei suoi confronti. In effetti, la *specie* è un *sostrato* del *genere*, dato che i generi si predicano delle specie, mentre le specie non si predicano inversamente dei generi. Anche per tali ragioni, dunque, la *specie* è sostanza in maggior misura del *genere* [Cat. 5 2b 20sgg].

In tale modo abbiamo innescato un processo "rivoluzionario": poiché se la *specie* non è più solo il *sensu* (*Sinn*) di una predicazione linguistica o la "maglia" di una concatenazione inclusiva logico-insiemistica, ma il vero e proprio *sostrato empirico* di un *genere*, questo è ora *inscindibile* da essa, né più né meno di quanto *sembra impossibile che la sostanza esista separatamente da ciò di cui è sostanza* [Cat. 5 2b 20sgg]. Se dunque la sostanza non è un'essenza fondamentale, ma un predicato-caratteristica specificamente determinante, potremo continuare a definire Aristotele un essenzialista, se non addirittura il primo di essi [cfr. Popper 1963, p.41]⁷¹. Per questa sua dimensione, la *specie* aristotelica viene dunque ad "eccedere" la misura logica⁷², ed apre verso l'*empiria* ogni indagine scientifica sui generi, e, più in generale, sul concetto stesso di *universale*, e dunque sulle categorie. In definitiva, la via epistemologica che traspare dai testi aristotelici può riassumersi con le parole di Ortega y Gasset [1947, p.134],

In questo modo di pensare [di Aristotele], la *specie* è qualcosa di nuovo rispetto al *genere*. Per ottenere il concetto di *specie*, bisogna uscire dal concetto generico e aggiungere qualcosa che in esso non

era previsto. Questo fa sì che la prova o dimostrazione consista nel fondere insieme due operazioni mentali completamente diverse: il pensare analitico a priori [...] la *specie* nel *genere* - e il pensare in aggiunta la nuova condizione che crea la *specie*. [...] Il pensare analitico è un'operazione inter e intraconcettuale. Lo è anche la seconda operazione? Evidentemente no.⁷³

Ma come può attuarsi questo *pensare in aggiunta*? Esso non è *puramente logico*, richiedendo per la *specie* l'apporto di qualche nozione sostanziale proveniente "da fuori della logica", dunque dal farsi stesso di quegli enti, che sono dotati di "maggiore empiricità" tanto da far sì che la *specie* riceva il suo significato *più proprio*. Tali "enti" devono perciò essere "più reali" tanto del *genere* quanto della *specie*, che pure del primo è a sua volta "più reale": non può che trattarsi degli *individui*. Seguendo, infatti, l'interpretazione di Düring [1966], per Aristotele ciò che andrebbe "aggiunto" è il contributo proveniente dal supporto empirico, l'*hypokeîmenon*, cioè dai singoli e concreti *individui*: in Aristotele, dice Düring, *esiste nel preciso senso della parola solo la concreta cosa singola: esistono singoli uomini, ma "uomo" ha un'esistenza soltanto logica*. Dal superamento del problema logico nasce, allora, il problema fondamentale di chiarire la natura di questi *individui* che fa sì che, come Aristotele ripete quasi in ogni sua opera, *da un uomo nasce un uomo*, e mai un *individuo* di un'altra *specie*. Più in generale, anzi, *tutti gli animali si riproducono conformemente alla loro specie* [Ross 1923] - se non sempre, per la verità, almeno *per lo più*⁷⁴. Ci si porranno, dunque, domande del tipo:

⁷³ Non si tratta già, come è evidente, del concetto di *sintetico a priori* di Kant [Ortega y Gasset 1947, p.136]. Aristotele, piuttosto, rinvia a qualcosa di cui sa solamente che deve essere ricercato mediante intuizione, non potendone egli dare alcuna dimostrazione.

⁷⁴ In molti luoghi delle opere aristoteliche a noi pervenute si parla, oltre che di *necessità assolute*, di regolarità *per lo più* verificate, disposizioni che ammettono eccezioni, come anomalie, errori o addirittura mostruosità [Phys II 5 e 8, De Gener. Anim. IV 3, Metaph. K 8 1065a 4-6]. Anzi, per Berti [1989], vi sarebbe una intrinseca *utilità* delle dimostrazioni nelle scienze della natura, non posseduta dalla matematica, come sembrerebbe evincersi da [An. Post. I 30 87b] che "allenterebbe" il rigore e dunque la "meccanicità". Ciò nonostante si può parlare di una *normalità statistica*. Mentre gli enti oggetto di studio della matematica sono *sempre* determinati dalla loro *specie*, quelli delle scienze naturali lo sono solo *per lo più*, cioè, per così dire, "in linea di massima" o, come sarebbe forse più corretto dire, *ceteris paribus*. Le *specie* naturali che noi costruiamo, si potrebbe arrivare anche a dire, riuscirebbero allora a registrare solamente delle invarianze disposizionali, che non possono mai esaurire la complessità del divenire della natura, pur potendone fornire una conoscenza affidabile. Il concetto aristotelico *per lo più* può trovare una coerente attualizzazione nell'idea di Hempel [1952] che i concetti scientifici tendano storicamente ad *esibire la nota del più o meno, in termini comparativi o quantitativi*.

individuale che solo può dotare un essere vivente della sua *essenziale individualità* [De gener. anim. IV 3 767b, cfr. anche II 1 731b; De part. anim. I 1 641b]; e perfino l'affermazione di una *indipendenza "genetica"* degli *individui* per cui il *principio degli individui* è un *individuo* [Metaph. XII 5 1071a20]. Da ultimo, non va certo dimenticato il più generale primato "ontologico" della *materia* sulla *forma* [Phys. II 2 194b 10sgg].

⁷¹ Si noti il completo parallelismo su questo punto con la critica di Marx [1844] al *doppio errore* di Hegel ed al *mistero della costruzione speculativa* di Hegel [Marx, Engels 1845]. Vi torneremo nell'ultimo capitolo, a proposito del *milieu culturale* della teoria einsteiniana della relatività. Una qualche consonanza si trova anche in Quine, quando, ad esempio, scrive [1960, p.116]: *per imparare "mela" non è sufficiente imparare quanto di quello che accade vale come mela; dobbiamo imparare quanto vale come una mela, e quanto come un'altra. Tali termini possiedono modi incorporati, seppure arbitrari, di dividere il loro riferimento*.

⁷² Si noti che se la *specie* è il medio logico fra *individui* e *genere*, allora l'attenzione di Aristotele alla *specie* scientifica deve essere direttamente connessa con la sua fondazione della logica stessa. E questo è un altro modo di leggere il legame fra *Primi analitici* e *Secondi analitici*.

cos'è che fa sì che genitore e figlio appartengano alla medesima specie? Quali sono *gli elementi comuni alle due generazioni che restano invariati nel processo generativo*? Ecco, dunque, che la questione epistemologica dello statuto dell'astrazione scientifica "specie" richiede un'indagine naturalistica sul processo genetico che lega padri e figli, per individuare i caratteri *invarianti* e selezionare fra questi, quelli che ci permettano di definire raggruppamenti "scientificamente significativi".

Lungo questa linea interpretativa, che il metodologo contemporaneo definirebbe un *individualismo metodologico*, dunque, l'elaborazione di una *categoria scientifica* richiederebbe una vera e propria *rottura della concettualità*. Ed è per questo e solo nella misura in cui attraverso questo varco empirico facciamo affluire progressivamente degli invarianti individuali alla volta dell'astrazione scientifica, che possiamo realmente parlare di progresso scientifico. Ciò che viene concretamente *aggiunto* simbolizza, in definitiva, nient'altro che *regolarità processuali individuali* soggiacenti ad una organizzazione tassonomica di *individui in specie* e di queste in *generi*.

Nel caso della *specie biologica*, la molteplicità degli individui viene organizzata tramite i *medi* della catena *individui-specie-generi*, che sono simboli per un particolare *patrimonio genetico-generatore* di classi di individui, *per lo più* costante (cioè entro un certo, forte ma non definitivo, grado di approssimazione) in tutta la medesima *genia*. Ecco che allora l'indagine scientifica risulta spostata da una logica fissista dei *generi*, verso gli invarianti *specifici* dei processi generativi degli individui, intermedi fra questi ed i generi (cioè, le specie): ecco in che senso *si può dire che quasi tutte le discussioni e le indagini riguardino tali oggetti [intermedi]* [An.pr. I 27 43a].

Questa impostazione di fondo sembra conciliabile con fenomeni biologici di grande rilievo epistemologico, quali la limitatezza del numero delle specie naturali, la loro separazione con cospicue soluzioni di continuità, e la stabilità diacronica e sincronica per ampi tratti. Risulta anche ben comprensibile che il dibattito odierno sulla realtà delle specie sia tutto centrato sull'approfondimento della genetica della *speciazione*, ovvero del processo attraverso il quale le mutazioni degli individui ed i meccanismi dell'isolamento riproduttivo danno origine alle *specie biologiche* [p.es. Coyne, Orr 1998].

Ma proseguendo lungo questa strada sorgerebbe subito un grave problema epistemologico: se la costruzione tassonomico-processuale non è fondata su base deduttiva, essa mancherà del rigore di una *certezza necessaria*. Fino a

che punto, allora, potremo asserire una qualche universalità del concetto di *specie*, se vi giungiamo per il tramite di una *aggiunta* proveniente dall'esperienza? Non potrà più trattarsi di una universalità astratta, assoluta o generica, ma aprirà alla scienza l'indagine sulla relatività dei concetti.

4.1.3 Relatività in Aristotele

Dall'analisi fin qui condotta sono già emersi alcuni spunti di riflessione tanto sul tema generale del concetto, quanto sul tema più specifico di un concetto in particolare - la *relatività* -, nella concezione aristotelica.

La categoria scientifica intesa come universale *katholou* aristotelico, è infatti emersa non già *modello* della realtà, ma piuttosto *funzione* della nostra esperienza empirica di individui concreti (ciascuno di noi) *su* individui concreti (ciascuno degli oggetti esperiti o "oggetti" richiamabili dalla memoria e lungo termine). In questo senso, il pensiero ed il suo oggetto sono sempre correlativi. Quel che viene scientificamente pensato deve, dunque, essere concepito (*de jure*) come ciò che può venire ragionevolmente *predicato* di qualche particolare *soggetto*, da parte di qualche *altro soggetto*. Potremmo perciò dire che faremmo bene a considerare un *taxon* non come una "fotografia" su di un documento d'identità, ma come una *traccia* leggibile delle regolarità che reggono i complessi processi attivi nella mente umana e nella realtà. E la mente, di questa realtà, in definitiva, non è che una parte, seppure una parte in grado di riprodursela interiormente.

Per dirla in altre parole, non bisognerebbe considerare, ad esempio, l'esser scimmia come un' *essenza*, ma come il predicato di un nostro discorso intorno alla nostra esperienza di certi animali (*relatività in senso soggettivo*). Un predicato che, però, può riuscire in misura per noi sufficiente a rinviare a quelle regolarità di processi naturalistici (*relatività in senso oggettivo*) che hanno condotto alla comparsa sulla scena del mondo di animali cosiffatti, e che sarebbero tali anche se noi non fossimo lì a guardarli. E, d'altra parte, si tratta degli stessi processi che hanno condotto noi stessi, all'esistenza, a questa specifica esistenza in cui guardiamo il mondo e noi stessi e ci interroghiamo interminabilmente su cosa esista davvero.

4.1.3.1 Relatività in senso oggettivo

Se torniamo ora alla simmetricità dei due rapporti *individui-specie* (al singolare) e *specie* (al plurale)-*generi*, vediamo che le differenze fra il

“piano della specie” ed il “piano del genere” quasi fatalmente rischiano di scemare in mere differenze statico-gerarchiche, “pittoriche”. Ciò accade non appena si confondano i due *sensi* del termine specie, quello al singolare e quello al plurale. Si tratterebbe di un grave errore epistemologico, perché potremmo incorrere, o nell'errore di scambiare per *specie* quello che andrebbe meglio considerato come un *complesso genere*, lasciando perciò nell'ombra le *specie* sottostanti ad esso e l'intera trama dei loro “rapporti di parentela”; oppure, viceversa, nell'errore di proiettare in un genere quello che in realtà è proprio solo di una sua *particolare specie*, lasciando ancora una volta in ombra le proprietà o relazioni che legano questa alle altre *specie* del medesimo *genere*. Saremmo incorsi, nuovamente, in un *doppio scambio*. Scriveva al proposito della Volpe [1950,1969], nella sua prosa complessa e a tratti incidentata:

Intanto è chiaro, per quel che precede, che da un lato, se la specie abbisogna della categoria della *qualità*, per costituirsi in quanto *specie*, ossia oggettività o predicato, questo significa ch'essa abbisogna in realtà di tutte le categorie, cioè di un continuum categoriale (la qualità non avendo senso funzionale-predicativo, e quindi *nessun* senso, senza implicare l'essere e così via), e dall'altro lato, se un continuum categoriale che non sia sinonimo di continuum *relazionale* e però [leggi: perciò] *discretivo* non ha alcuna funzione predicativa, questo significa che la specie, proprio per costituirsi in quanto specie o predicato [di contro agli individui], abbisogna pur anche di esser *parte-specie* o soggetto-predicato [di contro al genere] ossia *discretezza* di un *continuo*, del *continuum categoriale*: e insomma abbisogna della positività dell'elemento *empirico* o sensibile o materiale che si dica. Altrimenti ricadiamo nelle difficoltà hegeliane e platoniche viste sopra [...]

Non seguiremo qui il della Volpe sul suo terreno della *identità tautoeterologica*, forse ancora troppo in debito con la *dialettica* (ed esageratamente, come egli stesso confessa [ivi, *Dialectica in nuce*, p.317] attribuita anche a Marx) che egli voleva, positivamente, fosse resa *diadica*, invece che, idealisticamente, *triadica*.

Ma cerchiamo di precisare il *doppio scambio* che qui si rischia.

Da un lato si può scambiare per *soggetto reale* il *genere kath'autó*, trattando un'astrazione come se fosse un'essenza più reale e determinata dei suoi stessi individui. Portatrice, cioè, di determinatezze essenziali e non-mentali di fronte alla confusione ed apparente diversità che contraddistinguerebbe tali individui (ad esempio, l'essenza dell'Uomo più reale degli individui-uomini). Mentre invece essa è soltanto un *loro predicato*, essi sì *più reali*, nel senso di logicamente sottostanti e ontologicamente precedenti. Dall'altro lato, viceversa, si può scambiare per *predicato effettivo* il *genere katá pantós*, trattando un *estratto medio* che emerge da una statistica empirica degli individui come se ne fosse *tout-court* la specie (ad esempio, l'*homme moyen* come soggetto reale della “fisica sociale” di Quételet [v. ad es. Porter 1986]). Mentre invece, di fronte ad essi, non può che avere una *funzione segnaletica* di somiglianze rintracciabili fra diversi individui.

Dunque, è “al di sotto” del *katá pantós* che si cela il *soggetto reale* (gli individui di contro alla *specie*), così come è “al di sopra” del *kath'autó* che si cela il massimo potere logico-distintivo di regolarità non-mentali (la *specie* di contro agli individui). Ma Aristotele, pur tematizzando spesso la sua ricerca su astrazioni filosofiche fondamentali (essere, causa, genere, specie, individuo, ecc.) non cade, a differenza del Platone della dottrina delle idee, nell'errore di *non tener fermo all'astrazione in quanto tale, ma di maneggiarla come una cosa in senso stretto*, come osserva il Wieland [1962]. Infatti, continua Wieland, *le astrazioni aristoteliche sono sempre impiegate in modo che si possa ancora vedere, sul loro sfondo, ciò da cui sono state astratte. Esse non sono altro che determinati modi in cui nelle cose, quando si parla di esse, qualcosa viene portato alla differenziazione*. Aristotele, insomma, non cadrebbe nell'oggettivazione (o, marxianamente, nella *transustanziazione*) delle categorie, cioè in quella che può essere definita una *prospettiva rovesciata* (Wieland) che dimentica i fatti reali perché da essa a priori già svalutati.

Dunque, la specie germinale in Aristotele, il suo *katholou*, conserva saldamente una “doppia natura”.⁷⁵ Innanzi tutto essa è un *universale funzionale relativamente agli individui*, dei quali segnala regolarità empirico-processuali *specifiche* che la distinguono da un semplice *katá pantós* o protocollo medio, logico-nominale. Poi, essa è anche un *particolare empirico relativamente al genere*, e se a questo essa deve trasferire *costitutivamente* delle (altre) regolarità individuanti, pure, da

⁷⁵ Del resto, il sostantivo *specie* è, dei tre che occorrono, l'unico linguisticamente invariabile nel numero, in sintonia con la contemporanea duplicità del ruolo sempre giocato dalla specie: come *singola specie* di contro alla pluralità degli individui, ma entro una *pluralità di specie* di contro alla singolarità del genere.

questo essa riceverà per via *logica* la segnalazione di regolarità *specifiche*, che la distinguono da altre specie entro il medesimo genere, proprio in quanto essa è *katholou*, e non ambiguo *kath'autó*.

Nei confronti degli *individui*, insomma, la *specie* si viene a trovare in uno stato *geneticamente dipendente* - se tutti gli individui scompaiono la specie perde di senso prima ancora di sparire fattualmente - è *logicamente comune* - i suoi tratti devono essere *sempre o almeno per lo più* presenti in tutti gli individui suoi membri -: essa è dunque una loro *funzione* e può mutare solo per loro *mutazioni*. Siamo ad una funzionalità di tipo speciale, che possiamo chiamare di *co-varianza*, poiché ogni variazione della molteplicità induce sue variazioni, ma attraverso legami *in-varianti* ricostruibili. E nei confronti del *genere*, invece, essa è in uno stato *autonomamente empirico* e *propriamente individuato*, in ragione del fatto che ne è a sua volta generante per riduzioni di differenze specifiche. Ed in questo senso la *specie* può essere compresa appieno solo attraverso l'individuazione di quelle regolarità di tali riduzioni, sulle quali andrebbe correttamente definito proprio il *genere*.

La struttura *individuo-specie-genere* che così si profila a partire dal testo aristotelico permette alla specie di sussistere anche come *individualità distinta* dalle altre specie del medesimo genere. Inducendo così anche una spiegazione, parziale, del fatto che *la natura, invece, è principio generativo che risiede nell'oggetto stesso (l'uomo, infatti, genera l'uomo)* [Metaph. XII 3 1070a].

Ma questo non è tutto. Tornando agli indizi del ruolo dei processi nel concetto aristotelico di specie biologica, troviamo un passo di straordinaria modernità [De part.an. 640-642a]:

[...] lo sperma formante l'embrione deve avere in sé una siffatta potenzialità [...] di fatto l'uomo genera l'uomo, e, a causa del fatto che chi genera ha certi caratteri, un certo processo di formazione tocca al generato. [...] poiché questa è l'essenza dell'uomo, per questo egli ha tali parti: non gli è infatti dato di essere senza queste parti. Se poi questo non è possibile, occorre dire quanto più vi si avvicini, e cioè che l'uomo deve essere così formato o in assoluto (perché è impossibile che sia altrimenti) o almeno perché è bene che sia così. [...] Invero da ciascun seme non si forma a caso una creatura qualunque, ma questa particolare creatura da questo seme particolare, né un seme qualsiasi deriva a caso da un corpo qualsiasi. Il seme è dunque principio di formazione di ciò che da esso deriva. Per natura

ciò avviene: giacché la nascita viene dal seme. Ma va aggiunto che anteriormente al seme è ciò di cui il seme è principio: il seme è infatti il processo di formazione, il compimento è la cosa stessa. Ancora anteriore a entrambi è ciò da cui viene il seme. Il seme ha infatti una duplice relazione, con ciò da cui viene e con ciò di cui è principio: e infatti esso è seme sia di ciò da cui proviene (per esempio del cavallo), sia di ciò che da esso deriverà (per esempio del mulo), non però nello stesso modo, ma rispettivamente nel modo che si è detto.

Di fronte a questo ragionamento non sembra esagerato convenire con il genetista Max Delbrück, come sostiene anche Berti [1992, p.253], che ad Aristotele spetti la scoperta del *Dna*, inteso come *programma genetico*, trasmesso di padre in figlio, ed in base al quale si definiscono gli indirizzi e le tappe del processo di *ontogenesi*.

Anzi, a voler andare più a fondo nell'analisi epistemologica, le opere *biologiche* di Aristotele sembrerebbero godere persino di qualche non trascurabile *atout* nel confronto con la famosa definizione di *specie zoologica* data da Mayr [1969, p.243]⁷⁶:

Le specie sono gruppi di popolazioni naturali che si incrociano tra loro e che sono isolate dal punto di vista riproduttivo da altri gruppi simili.

Secondo le proprietà enunciate con questa definizione, una specie ha tre distinte funzioni. Primo, essa forma una comunità riproduttiva [...] Il programma genetico specie-specifico di ciascun individuo assicura una riproduzione intraspecifica. Secondo, la specie è anche una unità ecologica, la quale, a prescindere dagli individui che la compongono, interagisce come una unità con altre specie con le quali condivide l'ambiente. Infine, la specie è una unità genetica che consiste in un grande pool di geni intercomunicanti, mentre l'individuo è solo un recipiente temporaneo che contiene, per un breve

⁷⁶ Per le difficoltà nella definizione operativa di una particolare specie si veda, ad esempio, [Morchio, Ansaldo, Sacchi 1987]. Nella pratica di laboratorio tende tuttora a prevalere la definizione in base a *caratteri comuni* diagnostici (sistematica *fenetica*) almeno in attesa di poter "leggere" il codice genetico dettagliato di un organismo. Il dibattito si è recentemente rivitalizzato fra sostenitori della sistematica *fenetica*, della *cladistica*, fondata sulla cronologia della ramificazione evolutiva, e di un approccio orientato al *relativismo definitorio*.

periodo di tempo, una piccola porzione del contenuto del pool genico.

Vi è qui infatti il rischio palese, ed esiziale per l'epistemologo non meno che per il biologo, di schiacciare la realtà degli *individui concreti* sotto una subdola *realtà astratta reificata*, da essi totalmente indipendente e la quale gode persino, si direbbe, di un grado maggiore di "realtà". Proprio al contrario di quanto Aristotele era andato accortamente sostenendo.

Una tale deriva può essere tenuta a bada, se non proprio estinta, soltanto parlando di "realtà" della specie non nel medesimo *sensu* in cui parliamo della realtà degli individui.⁷⁷ Essa non è infatti alcuna *realtà altra* dagli individui che in tutti i tempi l'hanno "costituita", ma esprime logicamente la natura regolare dei processi di generazione ed ontogenesi di certi individui in un dato tratto dell'evoluzione. Se si vuole, esiste una ragione logica del *primato dell'individuo*, come scrive Popper [1934sgg. p.52; cfr. anche Armstrong 1978, I cap. 9]:

Il tentativo di identificare un oggetto individuale *unicamente* per mezzo delle sue proprietà e delle sue relazioni universali che sembrano appartenere soltanto ad esso e a nient'altro, è destinato al fallimento. Un procedimento di questo genere non descriverebbe un oggetto individuale singolo, ma la classe universale di tutti quegli individui a cui appartengono queste proprietà e relazioni. Anche l'uso di un sistema universale spazio-temporale di coordinate, non cambierebbe nulla. Infatti rimarrà sempre aperta la questione se esistano cose individuali che corrispondano a una descrizione fatta per mezzo di nomi universali e, posto che esistano, quante siano.

Già in Aristotele, del resto, si notava che l'individuo non è definibile. Anzi, possiamo concepire all'interno di questa impostazione che, se *mutano*,

⁷⁷ Possiamo perciò concordare con le conclusioni di Armstrong [1978 vol.I, p. 89]: l'esser *F* di *a* non dipende dal fatto che [is not a matter of] *a* cada sotto il predicato "*F*"; non dipende dal fatto che *a* cada sotto il concetto *F*; non dipende dal fatto che *a* sia membro della classe degli *F*; non dipende dal fatto che *a* sia parte dell'aggregato degli *F*; non dipende dal fatto che *a* abbia una opportuna rassomiglianza con un insieme di particolari paradigmatici; non dipende dal fatto che *a* "partecipi" della Forma di *F*. [...] La conclusione è che le proprietà di un particolare [individuo] sono intrinseche alla cosa stessa. Inoltre, abbiamo visto che queste proprietà non possono essere concepite come particolari (del primo ordine). Essi sono universali.

magari *casualmente*, gli *individui*, allora anche specie e generi debbono mutare per conseguenza *causale*. E siccome abbiamo ormai ottimi motivi per ritenere che gli individui biologici siano, di fatto, mutati nel tempo e che mutino tuttora, oggi sappiamo che non può esservi un'essenza immutabile per una specie intesa come concetto scientifico. Il concetto scientifico che costruiamo osservando individui di certe specie, in altre parole, deve dipendere dal tempo in cui osserviamo il vivente. Cioè, il concetto scientifico è correlativo anche al soggetto concettualizzante.

4.1.3.2 Relatività in senso soggettivo

Nel mondo antico era presente qualche traccia (ingenua) di un primo "modulo" per la *relatività* al soggetto già prima di Aristotele, per merito indiscusso della prima sofistica, che culminò con gli "eccessi scettici", ad esempio, di Protagora (*relativismo assoluto*). Se di questi fu criticato il sensismo già da Platone, fu soprattutto con Aristotele che si introdusse una specie di *verità prospettica*, che definisce un secondo modulo, che possiamo denominare, appunto, *relatività prospettica*. In effetti, ciò che viene scientificamente pensato è già (*de facto*) quel che può essere predicato da un soggetto riguardo altri soggetti. Le modalità di questa realizzazione sono, però, il grande arcano con cui la cognizione umana costruisce la cultura, e lo scoglio sul quale si infrange il tentativo aristotelico.

Vi è infatti, in Aristotele, una conoscenza definita *haplós* ("assoluta") ovvero *più nota té physei* ("per natura"), per contrasto con quella che è *più nota emín* ("per noi"). Essa sembra una forma di sapere implicito, che consiste in ciò che si sottintende comunemente a proposito dell'esperienza. Si tratta di un sapere composto o di ovvietà, di luoghi comuni quasi troppo vicini a noi perché ce ne possiamo rendere conto abitualmente e principi fondamentali (quali il principio di *non contraddizione*), oppure di quanto della conoscenza *più nota per noi* riusciamo a ricondurre ai principi [Wieland 1962]. La prima componente è una sorta di *conoscenza tacita* (Polanyi) legata ad un certo uso, ad una data esperienza personale che precede e in certa misura informa ogni conoscenza successiva [v. *Top. IV 4*], e di essa fa parte l'insieme di categorie e principi primi della nostra conoscenza. Tutto vi è fuso insieme, con-fuso, eppure, è soltanto da essa che si possono derivare delle motivazioni a credere nella veridicità di una conoscenza *più nota per noi*. La seconda componente, invece, è il prodotto dell'applicazione della ricerca scientifica.

Ma il risultato aristotelico che qui ci interessa esaminare ancora da vicino è proprio quella *relatività* dell'universale e, più in generale, di ogni conoscenza all'osservatore che può essere intravista, ad esempio, in [Metaph. IV 5-7 1011a-b]:

La sensazione e il sensibile sono correlativi. [...] Infatti ciò che appare è tale solo relativamente a qualcuno. [...] ciò che appare non esiste in generale, ma ciò che appare esiste per colui al quale appare, quando appare, per il senso a cui appare e nel modo in cui appare. [...] non ciò che appare in generale è vero, ma ciò che appare a questo individuo.

Se ne può dedurre che, in Aristotele, *l'essere di una qualsiasi cosa è indissolubilmente unito all'essere dell'osservatore; l'osservatore è contemporaneamente in se stesso, cioè nel suo pensiero, e in qualcos'altro, ciò nell'ambiente che lo riguarda soltanto nella misura in cui è da lui percepito* [Düring 1966]. Ed anzi, la scienza della natura che Aristotele porta avanti non è una *episteme haplós* ("scienza in assoluto"), bensì una scienza che procede esclusivamente attraverso dimostrazioni *poté kai pós* [Mignucci 1965], che possiamo rendere letteralmente, ma anche in pieno tema con la teoria einsteiniana della relatività, con *conoscenza qui-ora*. Si tratta palesemente di una forma di relatività: *e infatti noi, in certo modo, chiamiamo soprattutto ciò che è oggetto di scienza, un "essere in relazione a qualcosa"* [Phys. VII 3 247b 2-3].

Dunque, quella *zetoumene episteme*, la scienza di base di cui Aristotele va tanto alla ricerca, come è soprattutto evidente nella "*Metaphysica*", potrebbe forse essere proprio quella disciplina scientifica che studia le modalità specifiche di questo *qui-ora* della conoscenza.

A riscontro di ciò, si noti che fra le categorie di Aristotele, nel senso ristretto di *generi sommi* della nostra esperienza (ovvero predicati fondamentali dei nostri discorsi), non rientrano lo spazio ed il tempo come noi oggi li concepiamo, bensì il *pou* (dove) ed il *poté* (quando) che utilizziamo per individuare le determinazioni spaziali e temporali delle cose. Cioè le "locazioni" e gli "istanti" degli eventi che entrano nell'universo esperito. Il principio metodologico della nostra indagine sull'esperienza è, infatti, quello di trovarvi il *che-cosa*, il *quanto*, il *come*, il *dove*, il *quando* ecc. (le dieci categorie); e poi ciò che *può* essere, agire o subire, di contro a ciò che è, agisce o subisce *effettivamente* (la dottrina di potenza ed atto); ed infine

quali sono le *origini* che rendono qualcosa proprio così com'è (le quattro "cause") [Wieland 1962].

È dunque evidente che si tratta di ciò che noi *possiamo dire* delle cose, ovvero, come del resto l'etimo greco rivela, di che cosa le possiamo "accusare" (*katagorein*). E tutta la *physica* aristotelica, allora, è [Wieland 1962, p.428]:

in primo luogo una riflessione su ciò che si è già abitualmente presupposto come indiscusso in ogni esperienza della natura e, con questo, anche in ogni discorso sulle cose naturali. In ciò rientra innanzitutto, seppure non esclusivamente, la ricchezza delle strutture del nostro linguaggio.

Complessivamente, la parte più cospicua dell'intera indagine aristotelica è perciò una ricerca sui *principi primi* della scienza, senza che ciò implichi un privilegio dei risultati della cosiddetta *metaphysica* rispetto alla *physica*.⁷⁸ È invece possibile concepire che la riflessione metodica della scienza sia di fatto *sempre* una ricerca *anche* attorno a quei principi. E che anzi non sia scientificamente corretto isolare una ricerca sui principi della scienza dal concreto lavoro scientifico. La cosiddetta *metaphysica* aristotelica non sarebbe altro, a questo punto, che una raccolta delle questioni scientifiche collocate alla frontiera della ricerca ai suoi tempi. Quindi, sembra possibile rintracciare nella fisica moderna e forse ancor più in quella contemporanea, delle risposte alle domande che reggono non solo la *cosmologia* aristotelica, ma anche proprio la sua *physica* e addirittura la "sua" *metaphysica*.

La *physica* emerge, però, come una riflessione "trascendentale" sulle condizioni di possibilità non di ogni conoscenza, ma di quella antica, o classica, ed in parte di quella "naturale". Ciò che veniva da lui presupposto, infatti, è un mondo d'esperienza dato per "assoluto", non "storicizzato", non legato alla concreta e mutevole esperienza del singolo individuo. In altre parole, egli non vede che ciò che sta presupponendo nel corso della sua ricerca sui presupposti di ogni ricerca, non è che *una lingua*⁷⁹, *una cultura*, *un modo di ragionare*, *un*

⁷⁸ Le odierne scienze fisico-naturali andrebbero raggruppate, invece, nella *cosmologia* aristotelica. Non è però necessario, né forse utile, stabilire forzatamente rigidi parallelismi fra i campi di ricerca aristotelici (*kosmologia*, *physica*, "*metaphysica*", *teologia*) e quelli moderni (fisica, epistemologia, metafisica, religione), se non altro perché questi secondi risultano tuttora intrisi essi stessi di una tradizione plurisecolare ancora non ben messa a fuoco.

⁷⁹ Si veda l'interpretazione linguistica delle categorie aristoteliche inaugurata da Trendelenburg e "riscoperta" da Benveniste [1958].

modo di categorizzare e così via. Sicché dovremmo rivolgergli la stessa "accusa" che egli rivolgeva ai primi fisiologi [*De an.* III 2 426a 26], e cioè di *usare in senso assoluto termini che non ammettono senso assoluto*. Per questi aspetti fu proprio lui ad usare in senso assoluto una realtà molto particolare. Ecco perché, seppure possiamo convenire di essere effettivamente di fronte ad una forma di "relatività" del concetto al soggetto, essa è ancora troppo legata al dato di senso "naturalistico" per segnare un sostanziale passo verso una più comprensiva forma di relatività. Solamente con Kant sarà tentato filosoficamente, e con Einstein definito scientificamente in forma (per ora) compiuta nelle scienze fisiche. Per questo complesso di ragioni, non troveremo ulteriori avanzamenti in Aristotele, la cui ricerca si arena proprio alla biforcazione apparentemente insanabile fra *universalità* della definizione e *relatività* del senso.⁸⁰

Abbiamo, però, un risultato secondario non poco interessante dalla nostra indagine sulla relatività in Aristotele: la scienza cerca di esplicitare la conoscenza già posseduta, relativizzandola alle condizioni della sua formazione. Il sapere appare come una continua rimessa in discussione della conoscenza, a partire dai livelli meno sofisticati, dunque più vicini alla percezione (anche se questa pure, come ben sappiamo, è dotata di "strutture *gestaltiche*"). Ad ogni "iterazione" del processo di riconsiderazione delle condizioni che "targano" la conoscenza con la "localizzazione" dell'esperienza (localizzazione tanto del soggetto quanto degli oggetti dell'esperienza), si ha una riconsiderazione di tutti gli aspetti in cui questa esperienza veniva precedentemente analizzata, sezionata e campionata, e dunque dei presupposti utilizzati in tali analisi, sezionamento e campionamento. È proprio sulla base dei risultati di questa nuova indagine che si può partire per estensione del livello di *universalità relativa* prima raggiunto, attraverso la scoperta di una nuova *localizzazione dell'esperienza*, e cioè di nuove regolarità nei fenomeni che concernono gli oggetti o in quelli che concernono la loro resa cognitiva nella nostra mente. Svilupperemo questo processo iterativo (che abbiamo già definito *bootstrapping*) nelle euristiche di *covarianza/invarianza* e, soprattutto, di *corrispondenza esplicativa* (v. cap. 5).

Anche in senso soggettivo, dunque, i concetti mostrano una varianza. Il legame con il concreto essere dell'osservatore fa sì che diversi osservatori possano giudicare utile e rilevante per la loro esperienza attribuire una classificazione piuttosto che un'altra. Anche qui, però, non vi è relativismo

⁸⁰ Questa biforcazione, se vogliamo, è speculare a quella fra *certezza* dell'apodissi, della quale non a caso la geometria di Eudosso-Euclide resta il prototipo, e necessità soltanto *per lo più* delle induzioni delle scienze della natura.

assoluto, nella misura in cui riusciamo a conoscere i processi del categorizzare umano e dei suoi collegamenti con il mondo della cultura.

4.1.4 Conclusione

Possiamo in conclusione dire che da Aristotele ci viene programmaticamente suggerito che *de jure* la natura epistemica del concetto scientifico non è *ab-soluta*: dietro di essa traspare sia il programma-processo *genetico* degli individui cui intende rivolgersi come loro predicato, sia quello della *relativizzazione* con cui l'abbiamo localmente generata come soggetto interpretante. Ne ricaviamo l'indicazione di considerare *categorie non-rigide* [della Volpe 1950,1969], *classi a carattere flessibile e relazionale* [Dewey 1938], e più in generale rappresentazioni dinamiche, *modelli mentali* piuttosto che *script*, in quanto *rappresentazioni transitorie, dinamiche delle situazioni particolari* [Holyoak et al. 1986]. Meglio ancora, il concetto scientifico andrebbe concepito come il risultato di quella proiezione mentale o categorizzazione con la quale delle risorse presenti nella MLT vengono riunite, in relazione ad un contesto cognitivo specifico. Ad una medesima categoria, dunque, possono corrispondere diversi concetti. Ecco che, allora, le categorie parrebbero meglio descritte dal modello di Barsalou esaminato precedentemente (cap. 3.3.2). E, nel caso specifico della specie biologica, sembrerebbe epistemologicamente preferibile un approccio *cladistico* o *genetico-evolutivo*, rispetto ad uno esclusivamente *filetico*. Dal punto di vista epistemologico rileviamo *due* campi determinanti, *due sostrati* che reggono le fondamenta e danno corpo all'intero edificio della scienza: le regolarità della natura e quelle della nostra cognizione. Il target normativo della scienza è uno statuto di *doppia relatività*. Su questo punto, già dalle opere aristoteliche è possibile intravedere l'asse metodologico fondamentale della *relatività-invarianza*.⁸¹ Il problema capitale al quale "una via relativistica all'episteme" dovrà dare soluzione, è, infatti, quello di riuscire a trasformare una *verità relativa ad un dato punto di vista*, non più in una *verità assoluta attorno alla realtà oggettiva*, ma in una *affidabilità*

⁸¹ Ingeneroso, dunque, l'argomento frettoloso con cui Popper liquida, una volta di più, Aristotele: la soluzione di Platone fu rifiutata da Aristotele; ma, dal momento che la versione aristotelica dell'essenzialismo non contiene neppure l'ombra di una soluzione, sembra che egli non abbia mai afferrato il problema [1951-6, I, p.156]. Popper, forse, non aveva afferrato né il problema di Aristotele, né tantomeno la improba ma interessantissima soluzione che stava tentando.

pragmatica legata, contemporaneamente, alla nostra esigenza di agganciare il fondamento di questa realtà "esterna", ed alla modalità storico-concreta con la quale tale punto di vista è venuto a configurarsi come *presupposto*. E questa seconda modalità andrà ricercata, come è ormai evidente, in una base empirica costituita dalla "influenza" della *collocazione prospettica* dell'osservatore e della sua stessa *costituzione cognitiva*, cioè del suo apparato sensibile, intellettuale e culturale.

Ma fino a che non si chiariscano le modalità specifiche con le quali percezione, intelletto e cultura si relazionano al mondo, cioè i modi in cui *l'anima è in qualche maniera* [in potenza] *tutte le cose* [De an. 431b 21], e il *perché siano proprio questi* i modi di un tale supposto "parallelismo", ebbene, l'intera concezione delle categorie resterà traballante. Anzi, non sarà neppure formulata chiaramente come problema. Il massimo cui Aristotele arriva può così essere riassunto [Wieland 1962, p.421]:

L'analogia strutturale tra mondo naturale ed anima riposa infine sul fatto che l'anima, insieme con i suoi stessi movimenti, appartiene a questo mondo, quantunque, per altro verso, non sia nata per appartenervi. Ad essa spetta infatti una posizione esemplare tra le altre cose.

Eppure, i limiti del nostro pensiero si palesano non appena varchiamo le soglie del *senso comune*, quando ci apprestiamo ad esaminare "dall'esterno" quella conoscenza irriflessa che non possiamo, sembra, fare a meno di presupporre in ogni atto percettivo, intellettuale e di pensiero. *Per noi*, allora, un conto risulterebbe essere la struttura del reale, ed un altro la struttura della nostra conoscenza. Ma se conoscenza e realtà vengono effettivamente distinti, *per noi*, e se ne esplicitiamo tutto il ventaglio di componenti specifiche, essi possono essere riconciliati, *per natura*.

Saremo, insomma, capaci di relazionare la nostra conoscenza alla realtà, "proporzionalmente" al grado della nostra consapevolezza che noi stessi e la nostra conoscenza siamo un prodotto specifico, parte della realtà con cui dobbiamo fare i conti, divenuto tale quale è attraverso processi specifici. La nostra conoscenza andrà, dunque, intesa come relativa anche ai processi della nostra evoluzione biologica, prima, e dello sviluppo della nostra cultura, poi. Ed il problema della qualificazione dello statuto epistemico dei concetti che utilizziamo nella scienza diviene quello della individuazione dei processi attraverso i quali viene articolata la categorizzazione all'interno della nostra mente, della nostra cultura, della storia della scienza.

Ma l'inserimento del soggetto nella conoscenza scientifica dell'oggetto come suo artefice è quanto di più problematico e destabilizzante si possa concepire per l'epistemologia. Questa operazione sembra, infatti, mostrare una forza davvero repulsiva del soggetto nei confronti di universalità ed oggettività del conoscere, pari almeno a quella che fa resistere l'oggetto al progredire della nostra conoscenza. È su questo aspetto della relatività in senso soggettivo che ci concentreremo d'ora in avanti.

Inizieremo leggendo in questa ottica la vicenda, al limite del dramma personale, del percorso cognitivo di Kant, e passeremo poi nei prossimi capitoli all'approccio einsteiniano che, per il momento, ha elaborato un concetto di relatività in grado di sostenere una teoria fisica affidabile.

4.2 Kant. La relatività trascendentale

Non crediamo che non possa esserci nulla da aggiungere [ai nostri precetti metodologici]; ma, al contrario, noi che consideriamo la mente non solo nelle sue facoltà native, ma in quanto si congiunge alle cose, dobbiamo pensare che con le scoperte possa perfezionarsi anche l'arte della ricerca.

Francis Bacon [1620]

Mentre l'analisi del rapporto fra la categoria ed il *substrato di regolarità* da essa significato emerge già abbastanza in chiaro dalle opere aristoteliche, la seconda parte principale del nostro problema, ovvero la relazione fra la categoria e l'*osservatore*, come abbiamo appena visto, rimane ancora quasi tutto da sviluppare. A questo scopo è di particolare ausilio prendere in considerazione il grandioso tentativo intrapreso da Kant nella sua cosiddetta *rivoluzione copernicana*. Come è ben noto, essa consiste nell'introduzione di un certo numero di categorie *a priori* ad un tempo *soggettive, oggettive, necessarie ed universali* che renderebbero *possibili* tanto la conoscenza scientifica quanto la stessa l'esperienza. Sul loro altare, però, vedremo che egli sarà costretto a sacrificare non soltanto la conoscibilità di tutta una metà del mondo (*noumenico*), ed anzi, proprio di quella metà sulla quale cerchiamo di far poggiare tutto il mondo della nostra esperienza esterna. Ma addirittura tutta la conoscenza scientifica che eccede una generica e parzialissima *fisica generalis*. Potremo allora dire che proprio la *realtà di fatto* di tanta parte del patrimonio conoscitivo della scienza, già ai suoi tempi costituito, gli si ritorcerà contro, restituendogli intatto il problema dell'*universalità* della *categorizzazione scientifica*, sotto forma di un dualistico coacervo di *assolutezza* (intuitiva) del soggetto e di *relatività* dell'oggetto (conoscibile).

Con l'introduzione di queste *categorie a priori*, invece di occuparci di come le cose *siano in se stesse*, dovremo occuparci prevalentemente delle modalità secondo le quali noi necessariamente le *veniamo a conoscere*, con ciò approfondendo quelle condizioni dell'esperienza che il Wieland, come abbiamo visto nel capitolo precedente, vuole trovare già accennate nella

Physica aristotelica. La relatività delle categorie scientifiche al soggetto si qualifica, così, come *relatività trascendentale*, cioè relatività alla struttura della nostra percezione ed intellesione.

Con le parole di Cassirer [1906-50, vol. II, tomo III, pp 733-4] la conclusione di Kant sarà la seguente:

Mentre secondo la dottrina logica tradizionale il concetto è unicamente il risultato dell'"astrazione" da una pluralità di dati della sensazione, ora per contro risulta che le impressioni "simili", prima di poter essere riconosciute come tali, secondo quanto richiede il processo di "astrazione", e di poter essere riunite in un "genere" comune, debbono venir ricondotte entro una regola determinata dell'attività giudicante. L'unità del genere [meglio sarebbe intendere, come abbiamo visto nel capitolo precedente: della *specie*] è quindi preceduta dall'unità di una norma ideale; il raffronto astrattivo presuppone una connessione costruttiva. Il concetto non è altro, nel suo vero significato essenziale, se non la coscienza di questa unità della sintesi. [...] Una logica formale e "classificatoria" non è possibile senza un'antecedente logica "trascendentale" delle relazioni e dei modi di connessione originari. Queste connessioni sono qualcosa di più che non semplici "regole dell'osservazione di una natura che già è data", sono cioè, in quanto condizioni "a priori" della possibilità dell'esperienza, "al tempo stesso le fonti onde debbono venir dedotte tutte le leggi universali della natura" [...].

Per studiare la costruzione di una *categoria* sulla base di una particolare e limitata esperienza, dobbiamo dunque innanzi tutto riflettere sulla stessa modalità di costituzione della nostra esperienza, e dunque considerare il legame esistente fra la *categoria* e la struttura della sensibilità e dell'intelletto attivi in noi.

A questo risultato originale, Kant giunge con l'essersi inizialmente chiesto cosa siano spazio e tempo, le categorie più elementari di ogni evento della nostra esperienza empirica. Ma il percorso che si può estrapolare dai suoi scritti è assai lungo e complesso. Lo affrontiamo isolando, se non altro dal punto di vista logico, quattro differenti "fasi". Le prime due fanno storicamente parte del cosiddetto *periodo pre-critico*, mentre la terza è costituita dalla fase propriamente *critica*,

imperniata sulla costruzione di quella che abbiamo chiamato *relatività trascendentale*. La quarta, infine, può essere identificata con un persistente "rovello" *post-critico*, o autocritico, pur essendo difficile isolarla temporalmente dalla tappa precedente.

4.2.1 Il lungo periodo preparatorio

Durante il *periodo pre-critico*, databile fra i suoi esordi filosofici e la *Dissertazione* [1770], l'impostazione kantiana dei concetti di spazio e di tempo subisce influssi da parte tanto di una impostazione "*relativista*", quanto di una "*assolutista*".

Prima fase. Sembra che inizialmente abbia prevalso in lui la prima influenza, seppure non nella versione "*relativistico-ingenue*" di Galilei, ma piuttosto in quella "*relazionista*" di Leibniz. Infatti, pur con una vistosa eco galileiana⁸², Kant così scrive [1758, pp 80-1]:

Supponete, per esempio, che io mi trovi in una nave che sta in rada sul Pregel. Io ho giacente dinanzi a me sulla tavola una palla: la considero riguardo alla tavola, alle pareti e alle altre parti della nave, e dico che essa è in quiete. Ma tosto ché, guardando dalla nave alla riva, m'accorgo che la gomina, da cui essa era tenuta ferma, è sciolta e che la nave lentamente segue la corrente, dico immantinenti che la palla si muove, e si muove da oriente verso occidente secondo la direzione del fiume. Ma ognuno m'insegna che la terra nel suo moto diurno gira intorno a se stessa da occidente verso oriente con velocità ben maggiore; cambio tosto opinione e attribuisco alla palla un movimento del tutto opposto, che dall'astronomia è facilmente determinato. Mi si ricorda però che l'intero globo terrestre è, riguardo al sistema planetario, in un movimento ancora più celere da occidente verso oriente. Son costretto ad attribuire alla mia palla quest'ultimo moto, e così cambio la velocità che prima le davò. Finalmente Bradley m'insegna che è verosimile che tutto il sistema planetario insieme col sole subisca uno spostamento riguardo al cielo delle stelle

fisse. Domando: da qual parte e con quale velocità? Non mi si risponde. A questo punto mi vengono le vertigini, e non so più se la mia palla stia in quiete o in movimento, e verso dove e con quale velocità. Comincio ora a intendere che mi manca qualcosa nella espressione di moto e di quiete. Non devo servirmene mai in senso assoluto, ma soltanto relativo. Non devo mai dire che un corpo è in quiete, senza aggiungere riguardo a quali cose, e neppure affermar mai che esso si muova, senza dire, nello stesso tempo, gli oggetti, riguardo ai quali esso muta relazione. E per quanto io volessi immaginarmi anche uno spazio matematico, vuoto d'ogni cosa creata, come ricettacolo dei corpi, pur non ne sarei aiutato in nulla. Giacché come ne distinguerei le parti e i luoghi diversi, non occupati da nulla di corporeo?

A differenza di quanto potrebbe dirsi di alcuni scritti galileiani, non vi è qui alcuna inclinazione al "*relativismo*" (là spesso compensato da un certo "*platonismo*"); quel che ora sembra attirare Kant è piuttosto l'*ordine di coesistenza* delle cose materiali introdotto da Leibniz. Addirittura, prendendo l'avvio da questa impostazione, trasparirebbe il rilievo da dare alla *posizione reciproca, relativa* appunto, fra soggetto osservatore ed oggetti osservati.

Ma ci è davvero sufficiente considerare soltanto l'esistenza di relazioni empiriche fra oggetti, e possiamo davvero fare a meno di *schemi* per raffigurarci gli oggetti nello spazio? Di lì a poco egli compirà una oscillazione pendolare completa, su di un piano argomentativo certo ancora consegnato alla tipicità del suo tempo, ma con la quale sembra che egli venga a chiudere i conti definitivamente con la tradizione a lui precedente. Nonostante quell'esordio, egli arriverà infatti a scrivere di spazio e tempo in tutt'altro tono, collocandosi al capo esattamente opposto del dibattito allora imperante, cioè su posizioni che definiremmo nettamente "*assolutistiche*".

Seconda fase. Sia pure per poco tempo, egli sembrerà imboccare con decisione la strada senza uscita di Euler, quella, cioè, che porta ad una concezione di spazio e tempo come due *pseudo-concetti*, posti ambigualmente a metà strada fra "*reale*" ed "*ideale*", non più *dipendenti dai corpi* (e quindi "*relativi*") e neppure *meri concetti* dell'intelletto (e quindi "*astratti*"). Scriverà infatti dieci anni dopo il passo precedente [1768, pp 411-2]:

Giacché le posizioni delle parti dello spazio in relazione tra loro presuppongono la regione, secondo la quale esse sono ordinate

⁸² Faccio qui particolare riferimento al famoso passo galileiano - luogo classico della *relatività galileiana* - in cui Galilei descrive degli esperimenti condotti nella stiva di una nave in moto rettilineo uniforme [Galilei 1632]. Precisioni riguardanti questo modulo della categoria di relatività verranno avanzate nel Capitolo 6.

in tale relazione, e, intesa nel modo più astratto, la regione non consiste nella relazione che una cosa ha con un'altra nello spazio, il che propriamente costituisce il concetto di posizione, ma nel rapporto del sistema di queste posizioni con lo spazio cosmico assoluto. [...] lo spazio assoluto è indipendente dalla esistenza di ogni materia ed ha una realtà propria come primo principio di possibilità della composizione della materia.

Esisterebbe, dunque, uno spazio soggettivamente intuito a prescindere da ogni posizione spaziale empirica: ma quale base epistemologica avrà questo spazio assoluto, per poter essere contemporaneamente oggettivo? Come si può sperare di ancorare lo statuto epistemico delle rigorose e ben confermate leggi di Newton ad un supporto soggettivo tanto esile?

Prima di passare ad esaminare la tappa successiva di Kant, è interessante notare che a condurlo sulla sponda "assolutistica" è un attento esame della simmetria esistente fra mano destra e mano sinistra. Non si tratta di mere relazioni fra oggetti, infatti [Kant 1768, p.417]:

Ora, se si ammette, insieme con molti filosofi moderni specialmente tedeschi, che lo spazio sta soltanto nei rapporti esterni delle parti di materia che si trovano l'una accanto all'altra, ogni spazio reale, nell'addotto caso, sarebbe soltanto quello che questa mano occupa. Ma giacché nel rapporto delle parti di essa tra loro non v'ha differenza, sia essa mano una destra o una sinistra, così questa mano sarebbe del tutto indeterminata riguardo a questa proprietà, cioè essa si adatterebbe ad ogni lato del corpo umano, il che è impossibile.

Dunque, lo spazio non si esaurisce in mere relazioni spaziali. Max Jammer, addirittura, sostiene che si intraveda qui il concetto moderno di *simmetria*, ed anche l'attualissimo tema della conservazione o violazione della *parità*, così importante nella contemporanea fisica delle particelle elementari [Jammer 1954].⁸³

Possiamo supporre che con il brusco mutamento di indirizzo che abbiamo appena visto, Kant saggi tutte le strade a quel momento disponibili, muovendosi quasi per esclusione. Quando poi non resta più nessuna

⁸³ Per una lettura moderna del cosiddetto *problema delle copie incongruenti* in fisica, si veda [Earman 1989].

possibilità disponibile, e potremmo dire quasi "per disperazione", egli sarà spinto ad un mutamento concettuale che definirà *rivoluzione copernicana*. Entriamo così nel mondo *trascendentale* dischiuso dalla *Dissertazione* del 1770.

4.2.2 La scoperta della relatività trascendentale

Terza fase. Se abbiamo bisogno di un *schema* di riferimento spaziotemporale per collocare gli eventi nella nostra esperienza soggettiva, e se deve trattarsi di uno schema dotato della forza di un reale principio organizzatore della materia, non potrà più trattarsi di un *sensorium dei*⁸⁴ newtoniano [Newton 1687sgg, *Scolio generale*; Newton 1704sgg, *II* 1], ottenibile solo *per astrazione* dai sensi [Newton 1687sgg, *Definizioni Scolio IV*]. Non potrà, cioè, trattarsi ancora una volta di uno schema assoluto che risieda *negli oggetti in quanto tali*. Sarà possibile, invece, ricercare una sorta di interno *sensorium hominis*, che giunga a *costituire* l'esperienza a tal punto da non poter mancare per ogni soggetto (*universalità*) nel relazionarsi cognitivamente con ogni oggetto (*oggettività*). Si tratterà, allora, del modo specifico del soggetto umano in quanto tale di coordinare la propria esperienza di oggetti tramite la propria sensazione ed il proprio intelletto (*soggettività*). Inoltre, costituirà la preconditione della esperibilità del mondo, in quanto *spontaneamente* la anticipa: sarà il *presupposto della stessa possibilità di esperienza umana della realtà (necessarietà)*. Quindi, in sostanza, la conoscenza verrà ora ad essere "condizionata", o meglio *relativizzata*, dal suo carattere *incondizionatamente* umano, al di fuori del quale non vi è conoscenza perché addirittura non vi "è" alcuna *natura*, nel senso almeno in cui l'intendiamo nella scienza.⁸⁵

Per quanto attiene a tempo e spazio, egli dirà quindi [1770, pp 437-41]:

Il tempo non è nulla di oggettivo e non è una cosa: non è né sostanza, né accidente, né relazione, è bensì condizione soggettiva - che la natura della mente umana rende necessaria - in forza della quale il soggetto deve coordinarsi i sensibili - quali

⁸⁴ Come nota Jammer, la famosa espressione di Newton poteva in realtà servire da *semplice metafora o mero paragone ad uso retorico*, invece che costituire una clausola di definizione vera e propria [Jammer 1954].

⁸⁵ Sembrano per la verità ammissibili per Kant delle alternative al nostro modo di rapportarci alla "natura" secondo altre categorie a priori [cfr. Höffding 1894-1895, II vol.].

che siano - secondo una legge ben definita; è inoltre intuizione pura. [...] Lo spazio non è qualcosa di oggettivo e avente un contenuto come le cose: non è sostanza, né accidente, né relazione; è qualcosa bensì di soggettivo e di ideale, procedente dalla natura della mente secondo una legge fissa, una specie di schema destinato a coordinare soggettivamente tutto ciò che comunque è sentito.

A questo punto rimane a Kant da estendere il discorso al di là delle categorie intuitive. E nella *Critica della ragion pura* [1781,1787, p.127] dirà, riprendendo probabilmente il già citato passo di Aristotele [*Metaph. IV* 6 1011a], che

[tutte] le leggi esistono non nei fenomeni, ma solo relativamente al soggetto al quale i fenomeni ineriscono, in quanto esso ha un intelletto; così come i fenomeni non esistono in sé, ma solo relativamente a quel soggetto medesimo, in quanto esso è dotato di sensi.

Se con la scoperta della dimensione *trascendentale* (rispetto ad ogni nostra esperienza) di spazio e tempo egli ottiene che l'“oggetto” sia, per così dire, *relativizzato* alla possibilità specifica della percezione del soggetto, con l'introduzione degli *schemi*⁸⁶, per la mediazione di soggetto ed oggetto fenomenico ottiene addirittura una *relatività* dell'intera conoscenza scientifica a ciò che lo scienziato cognitivo di oggi chiama il mondo della

86 Come è ben noto, la teoria dello schematismo è molto complessa e, limitatamente alla *Critica*, si può vedere utilmente l'esposizione molto chiara in [Oldroyd 1986]. Per una puntualizzazione si vedano i lavori di Vittorio Mathieu, ed in particolare: *Introduzione* a [Kant 1781,1787], *Introduzione* a [Kant 1796-1803] e più diffusamente [Mathieu 1989], in cui l'Autore riprende e rielabora il suo precedente [Mathieu 1958]. Cercando di semplificare la modellizzazione kantiana, si può dire che, mentre l'intuizione spaziotemporale del soggetto (soggetto “ricevente”) afferra direttamente l'“oggetto possibile” nella sua molteplicità - un oggetto accanto all'altro e l'uno dopo l'altro -, il suo intelletto (soggetto “pensante”) ha bisogno di schemi trascendentali basati sulla interiore forma-tempo, per introdurre delle connessioni che lo unificano spaziotemporalmente. Inoltre, si possono trovare anche altre tre tipologie di schemi attraverso cui avviene il collegamento indiretto del molteplice empirico: quelli *geometrici*, relativi a concetti come “triangolo” e basati sulla forma a priori dello spazio; quelli *empirici*, basati su regole a posteriori ricavate dall'esperienza, come per “cane”; ed infine, come avanzato nell'*Opus Postumum*, quelli relativi alle *forze motrici* che agiscono sui nostri sensi ed operano perciò entro lo “spazio realizzato”, da Kant individuato nell'etere.

rappresentazione mentale [Gardner 1985]. Ad esempio, scrive Kant a proposito del concetto empirico “cane” [1781,1787, p.138]:

Il concetto del cane designa una regola, secondo la quale la mia immaginazione può descrivere la figura di un quadrupede in generale senza limitarla ad una forma particolare che mi offra l'esperienza, o a ciascuna immagine possibile, che io possa in *concreto* rappresentarmi. Questo schematismo del nostro intelletto, rispetto ai fenomeni e alla loro semplice forma, è un'arte celata nel profondo dell'anima umana, il cui vero maneggio noi difficilmente strapperemo mai alla natura per esporlo scopertamente innanzi agli occhi.

Più in generale, la conoscenza scientifica emerge, dopo questa operazione di relativizzazione trascendentale, come una conoscenza *universale* (cioè valida per tutti i soggetti umani) ed *oggettiva* (cioè concernente tutti i *fenomeni* di ogni *possibile* esperienza), proprio per il suo *trascendere* l'esperienza, e quindi per il suo essere *soggettiva* (cioè del soggetto). Siamo ad un nuovo concetto (o modulo) di relatività, che possiamo definire *relatività trascendentale*. Ma quella oscurità quasi totale che ancora all'epoca di Kant avvolgeva i meandri dell'animo umano, e che egli stesso nel passo testé citato conferma, fa grippare il meccanismo deduttivo della *dottrina trascendentale*.

Ecco infatti sorgere lo scoglio contro cui si infrange l'intera *Critica della ragion pura*, già al suo *Paragrafo 26* [Kant 1781,1787, p.128; v. anche 1783, 36]:

Ma né anche la facoltà pura dell'intelletto arriva a prescrivere a priori ai fenomeni mediante le sole categorie più leggi di quelle, sulle quali riposa una *natura in generale*, come regolarità dei fenomeni nello spazio e nel tempo. Le leggi particolari, poiché riguardano fenomeni empiricamente determinati, non possono quindi *esser desunte esclusivamente* dalle categorie, sebbene sottostieno tutte alle categorie. Deve intervenire l'esperienza per imparare a conoscere queste leggi in *generale*; ma intorno all'oggetto, soltanto quelle leggi a priori danno lume.

Scatta immediata la domanda esiziale: se l'esperienza deve a questo punto necessariamente intervenire per la “deduzione” di tutte le leggi particolari, non potrà mai trattarsi di una *deduzione trascendentale*: quali garanzie di

universalità si potranno allora trovare per la Fisica intera quale storicamente si veniva configurando già ai tempi di Kant?

4.2.3 Il vicolo cieco

Quarta fase. Fino a questo punto, una risposta positiva a tale domanda era limitata alle sole leggi della *physica generalis*, quelle cioè che fissano i "vincoli trascendentali" dei mondi esperenziali *umanamente possibili*. Per la Fisica in tutta la sua estensione, con tutto il suo complesso di leggi che un Kant insolitamente incauto, nella *Critica del giudizio* chiama *leggi empiriche* [1790, p.23], e poi ancor più per la Chimica e la Biologia - quest'ultima davvero la sua vera "bestia nera"⁸⁷ -, il compito gli si mostra palesemente impossibile a partire dalle sole dodici categorie e relativi schemi (per giunta incompleti). Tutte quelle leggi scientifiche gli restano assolutamente inattuabili attraverso una deduzione trascendentale, come poste al di là di un incolmabile *abisso* che gli si era di colpo⁸⁸ spalancato dinanzi.⁸⁹ Ma a Kant una *deduzione trascendentale della physica specialis* si imponeva come imprescindibile. E questo sarà appunto l'obiettivo di quel tormentato e incompiuto progetto di cui ci restano solamente dei fogli manoscritti databili fra il 1796 ed il 1803, raccolti sotto il titolo: *Passaggio dai principi metafisici della scienza della natura alla fisica*.⁹⁰

⁸⁷ Il fatto che un animale sia vivo, infatti, presuppone - o forse addirittura consiste in - un principio d'unità in proprio e non un semplice principio trascendentale [Mathieu, *Introduzione a Kant* 1796-1903].

⁸⁸ Sarebbe indubbiamente utile indagare più a fondo su quei tormentati undici anni che separano la *Dissertazione* dalla prima edizione della *Critica* alla luce di questi sviluppi successivi, per cercare se, magari, Kant non nutrisse già allora perplessità *autocritiche* su quel che veniva grandiosamente costruendo.

⁸⁹ Paradossalmente, per inciso, proprio approfittando di questo limite intrinseco della "piccola" fisica kantiana, si è cercato di salvare il kantismo dagli "attacchi" costituiti soprattutto dalla scoperta delle geometrie non-euclidee e dai successi sia teorici che sperimentali della teoria della relatività. Almeno a partire da Helmholtz e poi fino a Cassirer, infatti, il dibattito di stampo ottocentesco sulla "validità" delle geometrie non-euclidee non coinvolse troppo pesantemente la dottrina trascendentale dello spazio e del tempo: se ne poteva conservare "tranquillamente" la parte riguardante la estensione e la successione, cioè le sue caratteristiche strutturali più generali, prima ancora di dover reinterpretare in termini funzionali - come fece Cassirer - tutte le grandezze fisiche. Analogò salvataggio, per altro, era già avvenuto a proposito del concetto di spazio assoluto newtoniano, almeno con la *Encyclopedie* e poi ancora con Maxwell, fino alla "rottura" definitiva di Mach. Anzi, ad essere sinceri, la questione è per alcuni studiosi tuttora aperta, in particolare per Grünbaum [1963, cap. 14]. Come vedremo anche nel seguito, tempo e spazio continuano ad essere oggetto di accese controversie.

⁹⁰ Vi è una tesi storicamente assai diffusa che vuole quest'opera scritta sotto gli effetti di una senilità mentalmente debilitante, che dunque le negherebbe quasi ogni valore scientifico. Si veda ad esempio

Nell'abbozzo di quella che avrebbe dovuto essere *la sua opera più importante, il coronamento del suo sistema* [Cassirer 1918,1921], Kant ci mostra quanto fosse consapevole di non aver affatto concluso il "tema della sua vita". Ad un certo punto, la *idealità* di spazio e tempo non basta più per reggere il peso di tutto il suo nuovissimo edificio filosofico. Il progressivo passaggio da un piano metafisico ad uno scientifico-naturalistico esige una *mediazione* fra la trascendentalità del soggetto e gli oggetti fisici della percezione.

Ciò avviene allorché Kant considera quei fenomeni che ai suoi tempi sfuggivano ad una ricostruzione sistematica e matematica, paragonabile a quella di Newton per la meccanica: i fenomeni chimici e magnetici. Si poteva infatti presumere che vi agiscano delle forze a livello microscopico, i cui effetti rimanevano sempre inaccessibili e le cui descrizioni matematiche erano alquanto sfuggenti. Chimica, magnetismo, fisica dei solidi e dei liquidi sembravano scienze destinate a rimanere *empiriche*. Ai limiti che, come vedremo, affliggono la relatività trascendentale, si aggiungono a questo punto i limiti di una scienza ancora molto legata alle descrizioni fenomenologiche empiriche [Friedman 1992]. In particolare c'era da chiedersi se quel concetto empirico più generale di *materia*, già dedotto dalla *Critica della Ragion Pura*, sarebbe stato effettivamente il limite al quale la procedura di sistematizzazione empirica in queste scienze avrebbe teso. Era necessario ed anzi urgente, dunque, trovare una fondazione metafisica della *physica specialis*, come da Kant già mostrato in [1786], per evitare un doppio stallo: la concezione empiricamente indeterminata di una natura in generale, articolata dai principi trascendenti dell'intelletto, e la concezione interamente indeterminata dell'unità sistematica della natura, fornita dalla massima regolativa del giudizio riflettente [Friedman 1992].

Höfding [1894-1895, II vol.]. Invece Cassirer [1918,1921 vol.II, tomo III] è assai più moderato nel giudizio, anche se sorvola rapidamente sul merito dell'opera. Ortega, al polo esattamente opposto, avanza addirittura l'idea che [1929a, p.211]: *nelle Critiche non risiede l'autentica filosofia di Kant, per la semplice ragione che Kant non pervenne mai a esprimere una filosofia*. [...Già Platone sul finire della sua vita] *riflette che tutto è ancora da fare, però non ha tempo per costruire effettivamente la sua filosofia. Similmente, si affanna Kant negli ultimi anni per costruire un sistema. Ma le forze gli vengono meno e rimangono solo i frammenti dell'Opus Postumum*. Mathieu è, infine, tra coloro che più fortemente si è mosso in questa seconda direzione, con argomentazioni molto convincenti. Dalla lettura della traduzione guidata - seppure parziale - delle pagine dei *Konvolute* nei quali sono raccolti i manoscritti, si ha spesso la sensazione di muoversi attraverso i labirinti di un tessuto cerebrale "vivo", che non cessa mai di stupire per l'acutezza di quel che continuamente viene producendo. Stupisce, almeno in pari misura, la scarsità di studi su questa opera, per altro di ardua lettura.

Ecco dunque comparire, a questo scopo, un'altra categoria: l'*etere*.⁹¹ Quale supporto all'esistenza reale di questa categoria egli porta, però, soltanto la sua *possibilità logica*, come già era stato, del resto, per l'*Io penso*, cioè per l'*aspetto formale* dell'unità dell'esperienza, del quale in effetti l'*etere* viene ad essere il *correlato materiale*. L'*etere* risulta essere, perciò, l'*aspetto materiale* dell'unità dell'esperienza, e va accoppiato ad uno *schema* che si articola attraverso l'intervento delle *forze motrici* in uso nella Fisica. Inoltre, essendo tale *etere* il presupposto di ogni percezione, esso è per definizione *non percepibile*, e dunque neppure confermabile sperimentalmente. Con l'*etere* abbiamo, quindi, un concetto che non gode né di una dimostrazione trascendentale né di una dimostrazione scientifica: si trova perciò in una situazione teoretica pericolosamente traballante. Pure, proprio attraverso l'*etere* Kant cerca di avvicinare in qualche modo il soggetto trascendentale all'oggetto dell'esperienza. Innanzi tutto, vi è ancora la bipartizione "classica" dell'oggetto in *noumeno* e *fenomeno* [da Kant 1796-1803, cit. in Mathieu 1989, p.196]:

Al concetto di un oggetto come fenomeno si contrappone necessariamente il concetto di una cosa in sé, come sua contropartita [Gegenstück] (*pendant*) = *x*; ma non come di un oggetto distinto dal primo (*realiter*), bensì come un qualcosa dato (*dabile*) solo secondo concetti (*logice oppositum*), onde viene astratto, e solo soggettivamente come *obiectum noumenon* costituisce un membro della partizione.

Il *noumeno*, palesamente, non è qui il fondamento ontologico del fenomeno, bensì solo un *residuo* puramente logico. Lo stesso *fenomeno*, sul quale dovrebbe poggiare l'intera estensività della conoscenza scientifica, viene poi a sua volta bipartito in *fenomeno diretto* e *fenomeno indiretto*, detto anche *fenomeno del fenomeno* [Kant 1796-1803, p.182]:

⁹¹ Tale concetto viene a volte anche indicato da Kant con altri termini: *calorico*, *calore* o persino *elemento della luce*. Contro un concetto fisico di etere si batterà Einstein con la sua *teoria speciale della relatività*, che uscì vincitrice. Vorrei sottolineare che l'*Opus Postumum* meriterebbe anche di essere riletto alla luce di molte delle categorie della fisica contemporanea, alcune già sorte all'epoca di Kant. Infatti, per dare solo un'idea, sono in esso presenti, più o meno accennati, i seguenti temi: etere-campo, onde-corpuscoli, continuo-discontinuo, geometria-fisica e l'unificazione delle forze fondamentali. Tutto ciò, sembra di poter dire, pone Kant quale precursore della svolta scientifica condotta da quella che chiameremo la *generazione di Einstein*.

Ma il fenomeno delle cose nello spazio (e nel tempo) è di due specie: 1) quello degli oggetti che noi stessi vi poniamo (*a priori*), ed è metafisico; 2) quello che ci è dato empiricamente (*a posteriori*), ed è fisico. Quest'ultimo è fenomeno diretto, il primo indiretto, cioè fenomeno di un fenomeno.

Lo *schematismo* delle *forze motrici*, poi, non lavora con una *forma pura*, bensì con una *forma realizzata* in una materia, l'*etere* appunto, che è un *ente fisico* inteso come *costruzione mentale* in vista della coordinazione unitaria dell'esperienza empirica. E dunque, per Kant come già per Tommaso d'Aquino, si avrebbe che *forma dat esse rei*.

Se, allora, il ruolo dell'*etere* era proprio quello di "avvicinare" in certa misura il soggetto "intuente" all'"oggetto" empirico, in realtà quest'ultimo rimane entro la portata conoscitiva del primo, solamente con una traccia ben più indiretta che non il "classico" *fenomeno*: cioè solamente nella veste di *fenomeno del fenomeno*. Infatti, così "avvicinato" a noi, l'"oggetto" d'esperienza, è ridotto ormai ad un *fantasma* del nostro lavoro, come ripete innumerevoli volte l'*Opus Postumum*. Esso è interamente *precostituito* in vista dell'unità dell'esperienza, e non più, come nella *Critica della ragion pura*, solo *condizionato nella forma del suo darsi*, come l'oggetto dato che si manifesta nelle nostre forme e che deve essere sempre *aggiunto* dall'esterno.

Ma, aggiunge Kant, siccome per il fisico *il sistema delle forze motrici è la cosa stessa, ossia l'Inbegriff* [complesso] *delle determinazioni empiriche del tutto dell'esperienza* [da Kant 1796-1803, cit. in Mathieu 1989], allora, *il fenomeno indiretto è di fatto la cosa stessa*. Dunque la scienza dovrebbe fondarsi esclusivamente su una base che non è altro che una traccia scritta liberamente dall'intelletto sul materiale empirico ricevuto (in vista dell'unificazione dell'esperienza). Ciò nonostante (o meglio, per Kant, proprio per questo), questa dovrebbe comunque essere una fonte inesauribile, perché ricca *a priori* di tutti i dettagli che le scienze naturali possano mai far emergere al livello della conoscibilità umana. Se vale la massima, che troviamo ripetuta quasi ossessivamente, *forma dat esse rei*, allora dal lato dell'*empiria*, o meglio, attraverso le scoperte scientifiche che noi veniamo facendo, non devono poter comparire più regolarità (*leggi*) di quante una *deduzione trascendentale* non avrebbe potuto dimostrare *a priori*, una volta per tutte. Ma Kant non riuscì mai a colmare quell'*abisso* che si era spalancato sotto la *Critica*. Vediamo perché.

Possiamo riassumere l'approdo kantiano con le parole di Mathieu [1989, p.120]:

"Fare esperienza" significa, dunque, non soltanto connettere i dati d'esperienza, bensì congegnare *oggetti*, costituiti da relazioni tra le forze motrici dell'etere. Oggetti siffatti non sono certo oggetti *diretti* d'esperienza (questi non vengono fatti da noi), tuttavia appartengono all'esperienza, perché sono indispensabili per la costruzione di un'esperienza unitaria.

Ma proprio come in un "gioco di specchi", più il soggetto cerca di guardare un oggetto del quale non vede che la faccia che egli stesso costruisce, più egli guarda di fatto solamente verso se stesso. Anzi, per meglio dire, guarda *all'interno* di se stesso, e non vede altro che la propria immagine, sotto la fredda luce gettata da una vuota *ragione astratta*. Siamo davvero alle soglie del solipsismo wittgensteiniano quando leggiamo [da Kant 1796-1803, cit. in Mathieu 1989, p.120]:

Io sono oggetto di me stesso e delle mie rappresentazioni. Che qualcos'altro esista fuori di me, è un prodotto di me stesso. Io faccio me stesso. Lo spazio non può essere percepito (ma neppure le forze motrici nello spazio, in quanto vengono rappresentate come reali senza un corpo che le eserciti). Facciamo tutto noi stessi.

Possiamo dunque concludere che, con l'*Opus Postumum*, assistiamo ad un tentativo di ripensamento globale della *Critica*, una sorta di *criticismo applicato al criticismo* sotto forma di un continuo "rovello interiore". Ma per quanto lungo sia il cammino che, con fatica, Kant riesce a far percorrere al soggetto nell'avvicinamento all'oggetto - lungo il crinale, diciamo così, *logico-trascendentale* -, l'oggetto se ne sarà allontanato di altrettanto - lungo il crinale, diciamo, *ontologico* -. Insomma, il mondo naturale se ne sguscia via, come la *tartaruga* dal *più veloce* di un *Achille* trascendentale che l'insegue invano: quella resterà per sempre "un abisso" più in là. E sarebbe del tutto inutile riproporre il tentativo con altri piccoli passi analoghi - *fenomeno del fenomeno di un fenomeno*, ecc. -, magari *ad infinitum* ... Ecco dunque che il tentativo audace di Kant è finito in un "vicolo cieco": imboccata quella strada, non era più possibile garantire la universalità della

conoscenza della *physica specialis*, che in definitiva è proprio la *fisica*. L'esperienza sembrava reclamare un ruolo differente da quello di mera *aggiunta possibile* ad una assoluta, rigida struttura *a priori*. Non stava emergendo, del resto, già in Aristotele un ruolo realmente fondante per l'*empiria*? Ma come poter mantenere saldo il valore dell'*oggetto* della conoscenza, e nello stesso tempo accogliere la *relatività trascendentale* che fa perno proprio sul *soggetto* che conosce? Le categorie fondamentali devono essere *assolute per noi*, ovvero assolutamente sganciate da ogni esperienza passata o presente, ed a maggior ragione sganciate da ogni oggetto, prima che venga da noi esperito. Nel mondo dell'esperienza, dunque, vi è una architettura assoluta, e la conoscenza scientifica non può che esserle relativo. Ma la determinazione dei componenti di questa architettura non può essere quella, *intuitiva*, di Kant (spazio *euclideo*, tempo *assolutamente fluente*, categorie prime ancora sostanzialmente *aristoteliche*). Qui era il problema: in questa "intuitività". In realtà, come già Aristotele prima di lui, egli non fece altro che *registrare* come assolute ed intuitive, delle categorie che sono storicamente date nel corso dell'esperienza degli uomini. Dunque, *relativamente* costituite come funzione storico-cognitiva.

Vedremo nel prossimo capitolo quale sia l'apporto della *Teoria della Relatività* su questo punto; ma prima di procedere, soffermiamoci un istante ancora sulla relativizzazione compiuta da Kant, cercando di apportare una qualche correzione di prospettiva, nell'intento di evitarne gli esiti appena illustrati.

4.2.4 Naturalizzare il soggetto conoscente

L'aver spostato l'attenzione gnoseologica sul soggetto è il contributo imperituro di Kant alla filosofia della scienza; questo fa dire a Putnam [1981] che egli è stato il primo ad inaugurare la tesi *realista interna* della verità, quella che sostiene, cioè, la sua *oggettività per noi*. Putnam stesso se ne considera un continuatore. Ma in Kant il *soggetto* è collocato non troppo stabilmente su un pendio di per sé già scivoloso, che butta inesorabilmente verso l'onnivoro idealismo, come la storia della filosofia tedesca insegna. Non appena si è detto, infatti, che l'esperienza è *tutta solo un prodotto* della sua attività, sembra che il soggetto possa farne tranquillamente a meno. Anzi, il soggetto stesso può apparire addirittura il *risultato* di una propria attività riflessa, se, come dice Kant [1884-6, p.234]

Il primo atto avviene mediante l'intelletto; con esso il soggetto determina se stesso a [essere] un oggetto rispetto agli oggetti nello spazio e nel tempo, e abbraccia nella percezione l'intuizione esterna come l'interna, il *dabile* come fenomeno con il *cogitabile*, nell'intuizione empirica nello spazio e nel tempo.

A ben guardare, però, questa deriva idealistica resta soltanto una minaccia e non diventa mai un risultato acquisito da Kant, contenuta com'è dal tenace "rovello", *critico*, prima, e *post-critico*, poi. È proprio questo che tiene sempre viva la pur debole fiammella di quella *aggiunta solamente possibile*, come un ultimo ancoraggio della conoscenza scientifica al mondo empirico. Se noi, allora, invece di lasciarci spingere lungo quel pendio inesorabile, cerchiamo di saldare la nostra presa critica proprio su quest'ultima ancora, possiamo intravedere una possibile via d'uscita *scientifica* da quel dualismo soggetto-oggetto che inchiodava l'episteme al bivio obbligato fra *relativismo nichilista* ed *assolutismo trascendente* o *trascendentale* che fosse.

Si tratterebbe, è vero, di una via tutta irta di ostacoli e ancora in Kant appena allo stato *germinale*; ma un tratto almeno del nuovo programma emerge con chiarezza. Si tratterà, innanzi tutto, di concepire l'indagine scientifica del soggetto come un processo *naturalistico* da indagare sperimentalmente e ricostruire teoricamente, al pari dei fenomeni oggettuali che essa studia.

Si potrebbe allora arrivare a dire, con Quine [1969], che si tratta di operare una vera e propria *naturalizzazione dell'epistemologia*, ovvero di attivare un processo ideale di ricostruzione del rapporto di *contenimento reciproco* fra epistemologia e scienza naturale: come l'epistemologia vuole studiare il costituirsi della scienza naturale, così la scienza naturale, all'interno di una sua disciplina - la *psicologia empirica* -, vuole spiegare il costituirsi dell'epistemologia.

L'attingere una tale *naturalizzazione* della conoscenza umana restava, però, fuori dall'orizzonte di Kant, a causa, primariamente, di quel "blocco teutonico" che egli frapponneva tra *mondo della vita* - inteso finalisticamente - e *natura fisica* - intesa meccanicisticamente -. A riprova di ciò, vi è il fatto che le scienze biologiche gli risultavano addirittura epistemologicamente impossibili. Scrive, ad esempio, nella *Critica del giudizio* [1790, p.272]:

Difatti, è assolutamente certo che noi non possiamo imparare a conoscere sufficientemente, e tanto meno a spiegare gli esseri

organizzati e la loro possibilità interna, secondo i principii puramente meccanici della natura; e questo è così certo che si potrebbe dire arditamente che è umanamente assurdo anche soltanto il concepire una simile impresa, o lo sperare che un giorno possa sorgere un Newton, che faccia comprendere sia pure la produzione d'un filo d'erba per via di leggi naturali non ordinate da alcun intento: assolutamente bisogna negare agli uomini questa veduta.

Il soggetto cui può essere relativizzata la conoscenza scientifica senza perdita di universalità, doveva per lui essere il soggetto inteso come il *soggetto puro* nella sua sfera di esclusiva *attività*. Nella sua dimensione, per dir così, squisitamente *soggettuale-soggettiva*, priva di regolarità naturalistiche intrinseche, ricostruibili razionalmente. Di fatto, veniva così a sancirsi l'ipotesi di un *soggetto particolare*, assieme a tutto il suo *particolare* apparato cognitivo. In conclusione, il punto al quale si conclude la grandiosa indagine kantiana sulla categorizzazione è così riassumibile [Cassirer 1910, p.230]:

Se esiste una scienza oggettiva della natura, essa ci deve presentare l'ordine spazio-temporale dell'universo non solo quale appare a un individuo senziente dal suo punto di vista relativo, bensì quale sussiste in sé e in una maniera assolutamente universale. Solo il concetto puro garantisce questa universalità e necessità, poiché fa astrazione da ogni diversità fondata sulla struttura fisiologica e sulla particolare posizione del singolo soggetto.

Come si è detto, la *categoria trascendentale* è già di fatto una categoria *relativa*. Ma, come ora vediamo più chiaramente, essa rimane pur sempre un *universale assoluto ed astratto*, poiché è il frutto di una incauta generalizzazione ed assolutizzazione delle caratteristiche più generiche della percezione e del pensiero scientifico *ad un tempo dato*, al tempo di Kant appunto (si ricordi la *transustanziazione marxiana*).

Non era affatto detto che la chimica dovesse essere fondata sulla teoria matematica del moto elaborata da Newton, ed anzi oggi sappiamo esser ciò falso [Friedman 1992]. E non era neppure detto che non fosse *possibile* concepire geometrie non-euclidee o dinamiche non-newtoniane: Gauss,

Lobachevsky e Bolyai ne stavano proprio elaborando alcune, contemporaneamente al rovello di Kant. Si è poi dimostrato, anzi, che in certi casi la realtà può essere descritta soltanto utilizzando proprio queste, che pure sono le meno "intuitive". E questo è di importanza filosofica capitale [Putnam *Introduzione* a 1975b]: *il crollo della geometria euclidea è, per l'epistemologo, l'evento più importante nella storia della scienza*. Se esistono, dunque, degli invarianti della nostra *possibilità di fare esperienza*, essi devono essere ricercati attraverso uno studio sistematico, scientifico, non certo lasciati ad una ingenua intuizione "immediata", come quella che sorregge spazio e tempo in Kant. Essa non sarà mai di fatto *immediata*, ma sarà tutt'al più *irriflessa*, inconsapevole.

L'*universale kantiano* è debole per la sua stessa pretesa forza: Kant può tollerare soltanto a malapena una sortita *relativistica* dei concetti scientifici, perché ha, per così dire, troppa fretta di tornare al livello di *assoluti* recepiti irriflessivamente dalla tradizione culturale cui si riferisce. Si accontenta di una esperienza troppo limitata per il compito audace che si era prefisso. E ciò, perché la considera soltanto una mera *eventualità accessoria*, che, da un lato, veste i panni del fantasma di un noumeno esclusivamente logico, e, dall'altro, quelli di una marionetta agitata in un universo onirico, da quell'anonimo e impersonale burattinaio che è il soggetto trascendentale, pasciuto in una vorace tradizione predestinata alle fallacie idealistiche. Non vi era, in Kant, alcuna possibilità di alzare definitivamente il setto che tuttora separa un'astratta epistemologia ipostatizzata e le concrete scienze in divenire.

L'abisso spalancatosi a Kant fra i pochi principi *a priori* e le molte regolarità della scienza della natura non è colmabile finché non si sveli l'intero *mondo del soggetto*, giungendo alle sue radici affondate in una *natura* che il soggetto condivide, in fin dei conti, con i "suoi" stessi oggetti, entro un comune grande "genere": da questi, esso si distingue solo per vicende storico-biologiche *specifiche* e per attuali regolarità diverse, ma non meno ricostruibili scientificamente.

La scienza biologica, prima, e quella cognitiva, poi, lanceranno esattamente il grande progetto di definire la struttura *naturalistica* dell'uomo, il suo profilo, diciamo così, *oggettivo*. Neanche venti anni erano passati dalla fallace previsione della *Critica del giudizio*, che infatti nasceva proprio il temibile "Newton del filo d'erba" - per dirla con Haeckel -, nei panni vittoriani di Charles Darwin. Egli avrebbe ben presto scoperto la continuità fra l'*homo sapiens* ed il restante mondo animale, ed avrebbe con ciò stesso ridefinito il *posto dell'uomo nella natura*. Di qui, poi, si sarebbe spalancata

la strada di una intera scienza naturalistica del soggetto umano. Con le parole di Thomas Huxley, *come è sicuro che l'avvenire nasce dal passato e dal presente, così la fisiologia del futuro estenderà gradualmente il campo della materia e della legge fino a farlo coestensivo con la conoscenza, il sentimento e l'azione* [1870].

Appena un'altra decina d'anni sarebbe stata necessaria per cominciare a capire i meccanismi della trasmissione ereditaria dei caratteri individuali, con la fondazione della *genetica* ad opera dell'abate boemo Gregor Mendel. Con gli studi sperimentali della psicologia cognitiva del Novecento, come s'è visto, si è poi cominciato a lavorare oltre l'ultima barriera costituita dalla *sperimentazione* sul pensiero umano. Ed un *Newton della cognizione umana* (Gardner), si direbbe, è ormai al lavoro da tempo, nei panni dell'*invisible college* delle scienze cognitive.

5. I processi cognitivi della teoria della relatività: le euristiche di Einstein

[...] forse nell'uso empirico del nostro intelletto e della ragione si celano ancora metodi di pensiero euristici che, se solo riuscissimo a estrapolarli cautamente dall'esperienza, potrebbero certo arricchire la filosofia di qualche massima utile perfino nel pensiero astratto.

Immanuel Kant [1786]

Non è mio scopo in questa sede presentare la teoria generale della relatività come un sistema semplice e logico quanto più possibile, né con il numero minimo di assiomi; ma il mio obiettivo principale è sviluppare questa teoria in modo tale che il lettore senta che il cammino in cui siamo entrati è quello psicologicamente naturale, e che gli assunti sottostanti sembrano avere il massimo grado possibile di affidabilità.

Albert Einstein [1916]

Come ragiona la mente di uno scienziato quando scopre un contenuto di conoscenza davvero nuovo? Cosa possiamo venire a sapere sulla relatività delle categorie della scienza grazie alla scoperta della Teoria della Relatività? Queste due domande si mostrano fortemente intrecciate e le loro risposte si illuminano vicendevolmente. Eppure, nonostante la sua indiscussa rilevanza nella storia della scienza e dell'epistemologia⁹², la scoperta di Albert Einstein è stata poco indagata da parte degli scienziati cognitivi. Anche se non possediamo un diario scientifico paragonabile a quello che invece possediamo di Faraday, sul quale sono stati condotti

⁹² Il ruolo epistemologico della Teoria della Relatività apparve subito chiaro a tutti i commentatori, e venne ufficializzato nel discorso di presentazione tenuto da Arrhenius in occasione del conferimento ad Einstein del Premio Nobel per la Fisica. In esso non veniva trattata come teoria fisica, ma come *teoria epistemologica*. Non è un caso che non fu essa all'origine della motivazione del premio.

fondamentali studi di psicologia della scienza⁹³, già dal materiale pubblicato (scientifico, divulgativo, autobiografico) è possibile trarre delle indicazioni sui processi di ragionamento utilizzati da Einstein.⁹⁴

In questo capitolo ci concentreremo sulle euristiche che sono rintracciabili dalle pubblicazioni disponibili, avvalendoci dei molti studi di storici della fisica e filosofi della scienza sulla relatività che sono ormai disponibili.⁹⁵ Ma prima di passare alle euristiche, è bene descrivere sommariamente alcuni tratti essenziali del lavoro einsteiniano che considereremo nel seguito.

5.1 Le due tappe della ricerca einsteiniana

Tutti i principali lavori di Einstein, e non solo quelli sulla Teoria della Relatività⁹⁶ che qui considereremo, iniziano rilevando dei difetti esplicativi, delle restrizioni descrittive immotivate, dei difetti epistemologici che vengono ravvisati nella fisica del tempo [Einstein 1905d; 1916; 1921, 1955]. Senza entrare troppo nei dettagli tecnici della complessa ricerca einsteiniana, iniziamo individuando l'obiettivo generale della sua ricerca, articolata come un edificio a due piani [Einstein 1948]: il primo (Teoria Speciale della

⁹³ Su Faraday si vedano [Tweney 1984; Nersessian 1984; Gooding, James 1985; Tweney, Hoffner 1987]. Per analisi cognitive di altre "rivoluzioni concettuali" si veda [Thagard 1992].

⁹⁴ Si tenga anche conto della seguente osservazione di Holton [1983, p.23]: *quando si rivolgono a un pubblico vasto è più probabile che gli scienziati rivelino le loro assunzioni tematiche, che rimangono altrimenti normalmente inesprese.*

⁹⁵ Il *framework* cognitivo di Tweney [in Gholsen *et al.* 1989; v. anche Gorman 1992], che funge da riferimento per lo studio che segue, contempla cinque livelli per l'attività psicologica dello scienziato: obiettivi, stile cognitivo, euristiche, *script*-schemi, stati ed operatori. Dato il materiale disponibile, gli ultimi due livelli non risultano facilmente accessibili. Da quanto rileveremo, si definiranno invece i primi tre livelli, e se ne mostreranno le valenze epistemologiche.

⁹⁶ Uno studio approfondito della Teoria della relatività deve confrontarsi inevitabilmente con una discussione che viene spesso posta in questi termini drastici: *la questione di cosa Einstein esattamente scopri rimane irrisolta, poiché non vi è consenso sulla esatta natura dei fondamenti della teoria* [Norton 1993 e si veda anche utilmente Boniolo 1988]. Non poche sono le questioni dibattute. Una, ad esempio, verte sulla effettiva generalizzazione della Teoria Speciale della Relatività, da parte della Teoria Generale della Relatività. Anche se nessuno sostiene che nella Teoria Generale della Relatività ci siano sistemi di riferimento ontologicamente assoluti, ma solo che certe soluzioni delle equazioni di campo da lui stabilite descrivono universi in cui vi sono sistemi di riferimento privilegiati, c'è chi sostiene che Einstein abbia, in un certo senso, fallito nella relativizzazione completa della fisica [Weinberg 1972; Boniolo, Dorato in Boniolo 1997b]. Esistono anche altre questioni, connesse a questa che rimane comunque la principale. Ad esempio, *l'origine dell'inerzia è e rimane il più oscuro fra tutti gli argomenti della teoria delle particelle e dei campi* [Pais 1982]. In particolare, proprio la connessione fra *principio di covarianza generale*, *principio di relatività* e *principio di equivalenza* è argomento ancora di vivace discussione [per una esauriente panoramica critica si veda Norton 1993]. Su aspetti fondamentali è illuminante [van Fraassen 1989].

Relatività) tratta tutti i fenomeni fisici ad eccezione della gravitazione, e funge da fondamento al secondo piano (Teoria Generale della Relatività), che tratta soprattutto della gravitazione.

5.1.1 Teoria Speciale della Relatività

Nell'articolo con il quale inizia la sua ricerca sulla relatività [Einstein 1905d], Einstein parte dall'asimmetria presente nel caso dell'azione elettrodinamica reciproca fra un magnete ed un conduttore. Il fenomeno osservabile dipende esclusivamente dal moto relativo dei due e non da un loro (eventuale) moto assoluto, cioè rispetto ad uno spazio assoluto (etere), e dunque non ha conseguenze la scelta di quale dei due venga di fatto mosso (Faraday). Ciò nonostante, le spiegazioni che vengono fornite dalle leggi dell'elettrodinamica (Maxwell) sono differenti, se si parte da un sistema di riferimento in quiete rispetto all'uno, oppure da un sistema in quiete rispetto all'altro (pur essendone comunque identiche, ed anche ben confermate, le previsioni quantitative). Einstein osserva che questa asimmetria non è intrinseca ai fenomeni, ma si rivela dovuta esclusivamente alla nostra cinematica, non appena ci si chiede [Einstein 1948]: *che cosa ha a che fare la natura con i sistemi di coordinate che noi proponiamo e con i loro movimenti?* Una differenza nella velocità del sistema dell'osservatore sembra poter produrre soltanto apparenze *non intrinseche* ai fenomeni naturali. Più in generale, Einstein ritiene sin dall'inizio della sua ricerca che le equazioni con cui articoliamo le nostre leggi fondamentali, per poter rinviare a regolarità fondamentali della natura, debbano essere *indipendenti* il più possibile dalle condizioni dell'osservatore scelto, ed in particolare dalla sua velocità. Ciò, almeno in quei casi (sistemi inerziali) in cui una simile indipendenza si riscontra già per la Meccanica Newtoniana (*principio di relatività*). Il fallimento dei molti tentativi di rilevare la presenza dell'etere elettromagnetico, naturale materializzazione (ipostasi) del concetto di spazio assoluto, *suggerisce* (anche se non è ben chiaro quanto Einstein ne fosse al corrente) che i fenomeni dell'elettrodinamica, come già per quelli della meccanica, non possiedono alcuna proprietà corrispondente all'idea di quiete assoluta (*relatività del moto*). Einstein in [1905d] precisa sin dall'inizio la linea su cui svilupperà la sua teoria dell'elettrodinamica dei corpi rigidi in moto:

le asserzioni di una qualunque teoria che tratti tali argomenti devono riguardare le relazioni fra corpi rigidi (sistemi di coordinate spaziali), orologi e processi elettromagnetici.

Sarà dunque necessario analizzare in dettaglio i concetti di spazio, tempo e moto, a partire dalle misurazioni entro un sistema di riferimento. Si dovrà anche tener conto del fatto che la presenza esplicita della velocità della luce nelle equazioni di Maxwell, suggerisce a sua volta di considerarla una grandezza fondamentale della natura, indipendente cioè tanto dalla velocità della sorgente emittente (*costanza*), quanto dalla velocità del sistema di riferimento scelto (*invarianza*). Se si introducono il *principio di relatività* e quello della *costanza della velocità della luce*⁹⁷, le equazioni di Maxwell risultano effettivamente invarianti per tutti i sistemi di riferimento inerziali. E, per di più, la dinamica newtoniana rimane valida nell'approssimazione di velocità piccole rispetto a quella della luce.

Si fornisce, così, anche una *spiegazione* completamente simmetrica di quei fenomeni *sorprendenti* (Lorentz) che sorgono in conseguenza dell'applicazione di quelle trasformazioni di coordinate che lasciano invariate le equazioni di Maxwell, messe in luce da Voigt, Fitzgerald e Lorentz. La contrazione delle lunghezze e la dilatazione delle durate di tempo sono, adesso, dovute alla contrazione dei regoli ed al rallentamento degli orologi, che si hanno in una misurazione condotta entro un sistema in cui essi appaiono in moto, invece che in uno ad essi solidale. E la nuova teoria rende anche coerenti l'elettrodinamica e la cinematica, dopo che questa è stata così riveduta, e l'etere diventa superfluo. Ma questa teoria *special-relativistica*, agli occhi di Einstein, sembra essere accettabile soltanto in un'ottica di razionalità *satisficing* (Simon): si tratta soltanto di quello che chiamava *il passo*. L'obiettivo del suo cammino è più generale. Per di più, sorgono alcuni gravi problemi.

5.1.2 Teoria Generale della Relatività

Nell'articolo con il quale Einstein porta a termine la sua ricerca sulla relatività [Einstein 1916], egli compie un nuovo passo in avanti verso una generalizzazione della precedente teoria *speciale*, tornando a porsi ancora

⁹⁷ Per Einstein si tratta sia dell'*invarianza* delle velocità della luce per tutti i sistemi inerziali, sia della sua *costanza* per tutte le velocità della sorgente emittente e tutte le direzioni di propagazione. Per una separabilità dei due aspetti si veda [Brown, Maia 1993].

una volta la stessa domanda: *che cosa ha a che fare la natura con i sistemi di coordinate che noi proponiamo e con i loro movimenti?* Per darsi una risposta, adesso scrive:

tutte le nostre verifiche spazio-temporali invariabilmente non sono che determinazioni di coincidenze spazio-temporali. [...] incontri dei punti materiali dei nostri strumenti di misura con altri punti materiali, coincidenze fra lancette di un orologio e punti sul quadrante dell'orologio, e punti-eventi osservati che avvengono nello stesso luogo e nello stesso tempo. [...] Siccome tutta la nostra esperienza fisica può essere in definitiva ridotta a tali coincidenze, non c'è ragione immediata per preferire certi sistemi di coordinate ad altri.

Fin dove è lecito, dunque, distinguere sistemi inerziali e sistemi accelerati? Possiamo riproporci di generalizzare il precedente *principio di relatività*, in un *principio di relatività generale*: per la descrizione dei processi che avvengono nella natura occorre un sistema di riferimento e, inoltre, l'equazione descrivente una legge di natura, espressa mediante le coordinate generalizzate del sistema, deve avere la stessa forma in tutti i sistemi di riferimento. Ovviamente, i valori delle singole grandezze saranno, in generale, differenti in ogni sistema; ma le leggi ricavate in uno qualunque di essi dovranno essere in totale accordo con quelle ricavate in ogni altro, anche se accelerato rispetto al primo.

In uno dei rari luoghi in cui Einstein descrive il suo percorso cognitivo [Einstein, Infeld 1938], egli esplicita ulteriormente la razionalità di questo processo di generalizzazione:

Quando con la teoria della relatività ristretta si ottenne l'equivalenza di tutti i sistemi d'inerzia per formulare le leggi della natura (1905), si presentò quasi spontaneamente il problema di sapere se c'era una equivalenza più estesa fra i sistemi di coordinate. In altre parole, se non si può attribuire all'idea di velocità che un senso relativo, dobbiamo nondimeno ostinarci a considerare l'accelerazione un concetto assoluto? Partendo da un punto di vista puramente cinematico, non si poteva certo dubitare della relatività di movimenti qualsiasi, ma, fisicamente, un'importanza speciale sembrava doversi attribuire al sistema d'inerzia e questo significato privilegiato faceva

apparire artificiale la utilizzazione dei sistemi di coordinate che si muovono in modo diverso.

La limitazione del *principio di relatività* ai soli sistemi inerziali sembra dunque il risultato di una malaugurata *asimmetria esplicativa* fra cinematica e fisica: a differenza del caso della Teoria Speciale della Relatività, è adesso la seconda a risultare limitata. Per proseguire, bisognerà riformulare, cioè, l'intera fisica newtoniana, lavorando sugli stessi enti matematici utilizzati per rappresentare le grandezze fisiche, proprio per trovare il modo di rendere effettiva l'equivalenza di tutti gli osservatori. Come conseguenza ultima cambierà il significato stesso di sistema di riferimento.⁹⁸

Ma anche altre sono, sin qui, le insoddisfazioni esplicative della fisica. Innanzi tutto, l'azione gravitazionale nella teoria newtoniana è una istantanea propagazione a distanza, e ciò costituisce una palese contraddizione della Teoria Speciale della Relatività. Questa, poi, comporterebbe che, se vi fosse un effetto gravitazionale su un raggio luminoso, se ne produrrebbe una accelerazione di questo, e questa variazione di velocità sembrerebbe violare il secondo principio assunto a fondamento della Teoria Speciale della Relatività (*costanza della velocità della luce*).

Poi, l'identità sperimentale fra la massa che compare nella legge newtoniana di attrazione gravitazionale (massa gravitazionale passiva) e quella che compare nella legge che determina l'accelerazione conseguente all'applicazione di una forza (massa inerziale), comporta la *proprietà fondamentale* del campo gravitazionale di dare a tutti i corpi la medesima accelerazione (la massa inerziale elide esattamente quella gravitazionale), a prescindere dalla loro composizione interna. Ciò vuol dire che in un qualunque punto possiamo annullare ogni effetto gravitazionale (entro una zona infinitesima, s'intende) introducendo un'opportuna accelerazione del sistema di riferimento. E, viceversa, possiamo ristabilire per un sistema accelerato la validità del principio d'inerzia, introducendo un opportuno campo gravitazionale (*principio di equivalenza*). Eppure questa proprietà non riceve nell'ambito della teoria newtoniana della gravitazione alcuna

⁹⁸ Chiaramente, alcuni sistemi saranno preferibili per la semplicità con cui vi potranno svolgere i calcoli, ma nessuno sarà altrimenti privilegiato. La descrizione concreta dei fenomeni fisici, comprese le proprietà del moto dei corpi, sarà diversa nei vari sistemi, ed anzi lo stesso concetto di sistema di riferimento cambierà drasticamente da *assi coordinati ortogonali* e un *orologio*, ad un generalissimo *insieme infinito di corpi che occupano come un mezzo continuo tutto lo spazio, ciascuno con un orologio che segna un tempo arbitrario* [Landau, Lifšits 1939sgg].

spiegazione, ma deve venire assunta come *coincidenza casuale* [Einstein 1911].

Inoltre, dalla Teoria Speciale della Relatività si ricava immediatamente che ad ogni energia è associata una massa inerziale ad essa proporzionale. Ma allora dovrebbe esserci anche un corrispondente aumento di massa gravitazionale, perché altrimenti il corpo violerebbe il principio di equivalenza, e dunque la sua accelerazione di caduta libera sarà diversa da quella di tutti gli altri corpi, contrariamente a quanto è sempre stato finora osservato. Se invece la massa gravitazionale aumenta con l'energia di un corpo, la Teoria Speciale della Relatività è inservibile: essa non mostra alcun argomento dal quale inferire che il peso di un corpo dipenda dall'energia in esso contenuta. Per di più, le ipotesi che si potevano ragionevolmente fare per rendere il campo gravitazionale compatibile con la Teoria Speciale della Relatività (ad es. utilizzando un'analogia con il campo elettromagnetico) portavano immediatamente ad altri gravi problemi [v. p.es. Zahar 1989].

Infine, vi è complessivamente uno strano "statuto speciale" della struttura spaziotemporale: essa sembra infatti agire su tutto, senza che sia, però, possibile una qualunque azione su di essa [Einstein 1921sgg]. La teoria che emergerà contemplerà, in effetti, un "assoluto" soltanto di quelli presenti nella dinamica newtoniana: la distanza spazio-temporale. Si tratta, però, di un elemento geometrico (riemanniano) immediatamente fuso con la dinamica del campo gravitazionale e, via le equazioni di Einstein, con la distribuzione di materia ed energia. E, dunque, "assoluto" in senso molto particolare e ancor oggi argomento di vivaci discussioni fra gli studiosi.

Con il superamento della Teoria Speciale, comunque, si realizzerà una grande unificazione fra geometria, gravitazione e dinamica, che avanzerà nell'eliminazione di tutti gli altri *ingombranti fantasmi*: l'accelerazione assoluta (ed il connesso sistema inerziale assoluto) e la stessa costanza della velocità della luce, che nella Teoria Speciale della Relatività erano state, rispettivamente, sottaciuta e postulata in maniera semplicistica.^{99,100,101} La

⁹⁹ Per la verità, vengono anche a qualificarsi come sistemi privilegiati i sistemi inerziali locali, ed è possibile una accelerazione assoluta (rotazione), almeno in alcune interpretazioni contemporanee [p.es. Friedman 1983]. Ma, comunque, gran parte delle traiettorie prima considerate accelerate (caduta libera in campo gravitazionale) sono ora da considerarsi non-accelerate. Inoltre, viene eliminata, in generale, la possibilità stessa di *immobilità relativa* per un insieme di corpi [Landau, Lifšits 1939sgg].

¹⁰⁰ È dunque inaccurato dire, come sostiene Zahar (in questo debitore di una lunga tradizione critica), che l'*ontologia presupposta dalla teoria di Einstein è radicalmente differente da quella classica* [1989]. È proprio una miglior consapevolezza del processo di relativizzazione della "fisica classica" già in atto da secoli, che porta Einstein a mutare lo status delle teorie scientifiche. Che

nuova teoria della gravitazione, ricavata avvalendosi della gravitazione universale e di tutta la Meccanica Newtoniana e della stessa Teoria Speciale della Relatività (assunti come casi limite specifici), risulterà effettivamente invariante per tutti i sistemi di riferimento (fisicamente) ipotizzabili.¹⁰²

5.1.3 Gli obiettivi del programma einsteiniano

A questo punto, possiamo concludere che un primo obiettivo di tutta la ricerca einsteiniana sulla relatività (ed in parte anche delle altre numerose ricerche fisiche alle quali si dedicò) consiste nella eliminazione delle asimmetrie, nel superamento dei limiti e dei difetti epistemologici dalle teorie fisiche di maggiore successo nel suo tempo. Un secondo obiettivo, a questo strettamente connesso, è il perseguimento di livelli di maggiore generalità delle nostre teorie: come scrive assieme ad Infeld, *la nostra idea è semplice: costruire una fisica valevole per tutti i sistemi di coordinate* [Einstein, Infeld 1938].

Per conseguire questi obiettivi, bisognava fare chiarezza sui concetti ereditati da una tradizione culturale, supportati sia da argomenti filosofici, che dati immediati di senso comune, ma con insufficienti fondamenta scientifiche. Vi è dunque, sotto la superficie, un intendimento ancor più ambizioso nella ricerca di Einstein: quello, cioè, di ripensare un'intera tradizione intellettuale, tanto radicata nella conoscenza comune come in quella più propriamente scientifica, così da risultare in luoghi comuni tacitamente accettati. Proprio la ridefinizione in sede scientifica di concetti tanto fondamentali ha fatto sì che la Teoria della Relatività assumesse i connotati di una *rivoluzione concettuale*.

cambi la visione "ontologica" è, tutt'al più, una *conseguenza* di questo ulteriore sviluppo del processo.

¹⁰¹ Per una chiara esposizione di questa revisione del principio di *costanza ed invarianza* della velocità della luce v. [Born 1962].

¹⁰² La ricerca successiva, infruttuosa, di una ulteriore generalizzazione della gravitazione per comprendere anche l'elettromagnetismo, testimonia una volta di più che anche la Teoria Generale della Relatività era, nella mente di Einstein, non più che una tappa razionalmente *soddisfacente*. Così si esprime al riguardo [1936]: *la teoria evita tutte le contraddizioni interne che abbiamo addebitato ai fondamenti della meccanica classica: essa risulta sufficiente, a quanto ne sappiamo, per la rappresentazione dei dati di osservazione della meccanica celeste. Tuttavia, è simile a una costruzione, una parte della quale sia fatta di marmo pregiato, mentre l'altra è costituita di legno di qualità scadente. La rappresentazione fenomenologica della materia è infatti solo un rozzo sostituto di una rappresentazione che dovrebbe corrispondere a tutte le proprietà note della materia stessa.*

È, inoltre, chiaro che Einstein cercasse di sviluppare una teoria compatibile con le evidenze empiriche e con i principi fondamentali¹⁰³, almeno dopo averli opportunamente riformulati per renderli, a loro volta, compatibili con il nuovo schema concettuale. Ed anzi, Einstein fa addirittura in modo di riottenere sistematicamente *in prima approssimazione* tutte le teorie fondamentali, almeno nei loro aspetti ben confermati.

Pur di raggiungere questi obiettivi, Einstein si dimostra disposto a rinunciare persino ad altri requisiti che pure, ragionevolmente, ritiene importanti per una teoria scientifica: a) intelligibilità dei nuovi termini introdotti (temporaneamente rinviato); b) compatibilità con le previsioni di teorie precedenti anche molto ben confermate e con le proprie stesse elaborazioni precedenti (riconsiderate nell'ambito di casi limite); c) coerenza interna e con ben confermate teorie su domini "confinanti".

5.2 Euristiche astrattive

Le euristiche sono strumenti molto generali ai quali lo scienziato come chiunque altro ricorre nell'organizzare ed orientare il proprio cammino cognitivo verso gli obiettivi prefissati, sia per restringere le alternative possibili, sia per suggerirne di nuove. Anche se a volte uno scienziato dimostra di "sentirle" molto fortemente, esse sono comunque sempre *deboli*, poiché non garantiscono l'esito di una soluzione (comunque sia) e neppure prevengono gli errori. Del resto Einstein ben lo sapeva¹⁰⁴, ma quando venne tratto fuori strada dal loro utilizzo, imputò il fallimento più a limiti personali che non a difetti delle euristiche stesse.¹⁰⁵ Esse sembrano in grado di

¹⁰³ Queste compatibilità sono ritenute da Einstein così importanti, che vengono aggiunte esplicitamente anche laddove non sarebbe necessario, perché discendono naturalmente dai risultati matematici acquisiti. Come quando, nello sviluppare la Teoria Generale della Relatività, poiché ignora le identità di Bianchi, impone oltre il bisogno le leggi di conservazione dell'energia-impulso. Si ponga anche mente all'analoga aggiunta del principio di costanza della velocità della luce al principio di relatività speciale il quale, considerate le equazioni di Maxwell come equazioni invarianti, da solo implicherebbe la costanza della velocità della luce che vi compare. Se la prima "insicurezza" può forse trovare una spiegazione nello *skill* matematico di Einstein, in questo secondo caso sembra dominante la linea retorica giustificativa scelta, poiché così facendo la sua teoria veniva ad introdurre un nuovo e fino ad allora insospettato principio fisico fondamentale, con cui per altro risolveva problemi all'epoca molto dibattuti.

¹⁰⁴ Scriveva infatti in una nota dello stesso articolo del 1916: *chiaramente una risposta può essere soddisfacente dal punto di vista epistemologico, eppure essere fisicamente erronea, se è in conflitto con altre esperienze.*

¹⁰⁵ Mi sembra marginale l'influenza delle euristiche sull'errore più clamoroso nel quale incorse, almeno a sua detta, e cioè l'introduzione della famosa *costante cosmologica* per ottenere un universo

fornirgli ottime (o meglio, *soddisfacenti*) ragioni per credere in qualche cosa (un'ipotesi non dimostrata, un risultato non ancora raggiunto, un criterio per attribuire la maggiore rilevanza ad un problema, ad un effetto o ad una coincidenza), e in questo rivelano proprio la loro funzione cognitiva fondamentale.

Distinguiamo le euristiche rintracciabili nel sedimento del suo ragionamento, che è costituito dal materiale pubblicato, in due tipologie molto diverse: le euristiche *astrattive*, di cui trattiamo qui, e quelle *orientative*, che affronteremo subito dopo.

Nancy Nersessian [in Giere 1992] chiama *tecniche astrattive* quattro forme di ragionamento euristico molto diffuse nella ricerca scientifica, soprattutto nelle sue fasi "rivoluzionarie", e cioè: *ragionamento analogico*, *ragionamento per immagini*, *esperimento mentale* e *analisi di casi limite*. In essi la componente immaginativa è massima, mentre quella linguistico-proposizionale è secondaria. È persino impossibile, probabilmente, renderle in forma di strumenti algoritmici, non essendo facile ridurle a sequenze codificate di operazioni di calcolo: i calcoli sembrano poter essere fatti solamente *dopo* che le euristiche sono state adottate per costituire gli elementi da calcolare. Infine, si tratta di tecniche cognitive di supporto al ragionamento induttivo, delle quali non è però certa né l'efficienza (produzione di ipotesi controllabili) né, tantomeno, l'efficacia (produzione di conoscenza deduttivamente certa) conoscitive.

5.2.1 Ragionamento analogico

Nelle nostre attività cognitive quotidiane facciamo sovente ricorso, senza quasi accorgercene, a questo potente strumento cognitivo, molto diffuso anche nella scienza, ma molto difficile da indagare in profondità. Le origini dell'uso dell'analogia nella scienza risalgono ad Aristotele, e soprattutto alle sue opere biologiche ed alla *Meteorologia*.¹⁰⁶

statico. Ma forse di più importanti ne commise durante quel travagliato periodo che va dal 1911 al 1915, per l'ostinazione nel richiedere un significato fisico immediato alle coordinate spaziotemporali, o la linearità delle equazioni del campo. Inoltre, da queste euristiche non discese mai alcuna soluzione accettabile, pur tanto a lungo cercata, per una *generalizzazione della teoria della gravitazione* che inserisse in maniera "strutturale" anche il campo elettromagnetico entro la Teoria Generale della Relatività.

¹⁰⁶ Ma il primo studio sistematico sull'argomento è quello di Mach [1905].

Nelle prime, notoriamente, egli utilizza un doppio criterio per la sua anatomo-fisiologia comparata, che ha proprio nell'analogia un suo requisito fondamentale:

(a) per individui di stesso genere si costruiscono diverse specie in relazione a grandezze quantitativamente variabili (ad es. il numero di zampe, l'apertura alare, la forma delle pinne...);

(b) per evidenziare le specificità di individui di generi diversi, ci si fa invece guidare euristicamente dall'*analogia* con le specie già note (p.es. la cartilagine nella seppia, la lisca nel pesce e lo scheletro dell'uomo sono fra loro analoghi, come anche i polmoni negli uccelli e le branchie nei pesci, oppure le zampe, le ali e le pinne,...).

In questi ultimi casi, in particolare, si tratta di un'analogia funzionale: negli animali che condividono una medesima funzione fisiologica, gli organi anatomici che la compiono sono sicuramente *differenti*, ma fra loro possono essere definiti *analoghi*.

Nella *Meteorologia*, poi, proprio l'analogia tratta dalle esperienze più quotidiane fornisce ad Aristotele un buon surrogato dell'esperienza diretta, in tutti quei casi in cui questa risulta impossibile [Lloyd 1991]. Un esempio notevole e molto preciso è quello in cui egli cerca di spiegare il fatto che la luce del lampo precede il rumore del tuono attraverso l'esperienza che abbiamo di una nave che procede a remi: quando udiamo il rumore del loro impatto sull'acqua, vediamo che i remi stanno già tornando su.

Ma in molti luoghi aristotelici troviamo anche degli attacchi al linguaggio immaginifico, all'uso delle metafore (intese come trasposizioni del significato di una parola), e particolarmente delle *metafore poetiche* e del *mito*, utilizzati a sproposito dai filosofi presocratici, a causa della loro oscurità ed ambiguità. Ecco, dunque, un attacco al ragionamento analogico *in generale*, che d'altronde già sappiamo essere sempre un'euristica *debole*. Questo è un tratto particolarmente interessante dell'euristica del ragionamento analogico: ogni grande "rivoluzione scientifica" sembrerebbe, infatti, rimettere in discussione le analogie e metafore precedenti. Ciò avviene, ad esempio, sia nella "rivoluzione proto-scientifica" nella Grecia del V-IV secolo (soprattutto con l'attacco di Aristotele ai Presocratici) come anche nella *rivoluzione scientifica* del XVI secolo (soprattutto con l'attacco di Galilei alla Scolastica) [Leatherdale 1974]. In particolare, in sede retorica si critica l'uso "improprio" del linguaggio metaforico, ed in sede scientifica si sostituiscono una vecchia "enciclopedia" ed una vecchia "grammatica" di metafore con delle altre, decisamente nuove.

Una schematizzazione generale di ragionamento analogico è la seguente: se sappiamo che A e B condividono alcune proprietà $p_1...p_m$, ragionando per analogia andiamo a vedere se anche B gode di un'altra proprietà p_n che sappiamo essere goduta da A [Hesse 1966, 1976].

Un'inferenza di questo tipo è, però, ancor più debole di una normale inferenza induttiva, in quanto è basata su somiglianze generalmente poco accurate. È infatti proprio grazie a questa inaccuratezza, che l'analogia risulta utilizzabile per costruire nuove ipotesi, anche quando si abbiano soltanto pochissimi elementi a disposizione. Grazie ad essa, noi andiamo oltre la conoscenza che possediamo di un certo dominio, ricorrendo alla conoscenza (stimata migliore) che abbiamo di un altro. Ma, per trasferire la conoscenza dal dominio *source* al dominio *target*, il processo analogico deve focalizzare una struttura di relazioni fra i componenti del dominio *source*, e mantenerla anche dopo un *mapping* (che per questa ragione si definisce *isomorfo*) sul *target* [Gentner in Vosniadou, Ortony 1989]. La conoscenza trasferita, dunque, riguarda *sistemi di relazioni*.

Deve, comunque, essere sempre apportata una modifica finale sostanziale, una *ri-rappresentazione*, in modo da fornire la chiave interpretativa per stabilire quali debbano essere gli elementi effettivamente collegati dalla struttura trasferita, tenendo cioè conto dei vincoli specifici del nuovo dominio.¹⁰⁷ Ciò può comportare un pesante intervento reinterpretativo da parte dello scienziato, che può costringerlo a lottare contro le sue (e nostre) più *inveterate abitudini* [Einstein 1917].

Riassumendo, vi sono, dunque, tre momenti salienti in un ragionamento analogico¹⁰⁸:

- (a) scelta del dominio *source* e della struttura da trasferire in base agli obiettivi;
 - (b) instaurazione di un *mapping* analogico isomorfo fra i due domini;
 - (c) risemantizzazione della struttura nel dominio *target*, secondo criteri specifici di questo, ed eventuale reinterpretazione di questo stesso dominio.
- È opportuno, però, fare alcune osservazioni.

Con un'analogia, si viene a creare un nesso *astratto* relativamente stabile e successivamente riutilizzabile (*schema*) fra due domini eterogenei, che quindi entra a far parte delle risorse cognitive disponibili allo scienziato. Ad esso egli può successivamente tornare, per affrontare altri problemi. Inoltre,

¹⁰⁷ Mach [1905] parla perciò di *analogia incompleta*.

¹⁰⁸ Questo è lo schema di Gentner sopra citato. Per un approccio molto simile si veda [Holland et al. 1986].

in relazione all'eterogeneità, o *distanza cognitiva*, dei domini collegati, si possono riscontrare "lunghezze" del *mapping* anche molto differenti per analogie differenti (Dunbar). Si parla, quindi, di *analogia locale*, se il *source* è rappresentato da un problema molto simile precedentemente risolto nello stesso campo; di *analogia regionale*, se è tratto da un campo confinante o comunque cognitivamente vicino (ad esempio da una differente specializzazione della medesima disciplina); oppure di *analogia a lunga distanza*, se i campi sono più eterogenei. Ma a differenza di quanto vorrebbe un modello logico-linguistico dell'analogia, vorrei insistere sul fatto che un ragionamento analogico è in grado di produrre effettivamente conoscenza *nuova*: innanzi tutto, per i nuovi agganci che stabilisce fra domini, e poi anche per le conseguenze del *mapping* sul dominio *target*.¹⁰⁹

Le analogie sono spesso presenti nei ragionamenti che conducono a scoperte scientifiche¹¹⁰ ed Einstein, in particolare, prende a volte a prestito dall'"archivio cognitivo" della storia della fisica, delle soluzioni trovate per problemi scientifici da lui ritenuti in qualche modo *analoghi* ai suoi. Il caso più lampante è quello della teoria di Maxwell per il campo elettromagnetico, che utilizzerà come *vaga intuizione* sulla forma della teoria del campo gravitazionale [Einstein 1921sgg]. Da questa analogia, in particolare, egli ottiene l'indicazione che le equazioni della Teoria Generale della Relatività dovranno essere alle derivate parziali del secondo ordine nelle grandezze fondamentali (la metrica ovvero il campo gravitazionale). Però, a differenza del dominio *source*, dovranno essere non-lineari, per via dei vincoli imposti dalla specificità tutta particolare della gravitazione (l'energia del campo gravitazionale è essa stessa fonte di campo gravitazionale). Si noti che, proprio sull'analogia menzionata egli si ancorerà per tutta la vita, in un infruttuoso tentativo di generalizzazione della sua teoria della gravitazione [Einstein 1921sgg].

¹⁰⁹ In casi rilevanti gli agganci stabiliti da un'analogia fra due domini non sono transitivi, o almeno non perfettamente [Hesse 1966, 1976]. Si pensi, ad esempio, all'analogia fra il modello dell'atomo di Bohr ed il modello del sistema solare di Copernico: nessuno, a quanto mi risulta, ha mai utilizzato l'analogia nel verso opposto, per trarre, cioè, risultati riguardanti il sistema solare a partire da quella analogia con l'atomo.

¹¹⁰ Holyoak e Thagard [1995] elencano diciotto analogie aventi maggiore o minore rilievo per alcune importanti scoperte o invenzioni: suono/onde d'acqua (Crisippo, Vitruvio), terra/magnete (Gilbert), terra/luna (Galilei), terra/nave (Galilei), luce/suono (Huygens), pianeta/proiettile (Newton), illuminazione/elettricità (Franklin), respirazione/combustione (Lavoisier), calore/acqua (Carnot), competizione di animali e piante/crescita della popolazione umana (Darwin), selezione naturale/selezione artificiale (Darwin), forze elettromagnetiche/meccanica del continuo (Maxwell), benzene/serpente (Kekulé), cromosoma/filo imperlato (Morgan), mutazione batterica/slot machine (Luria), mente/computer (Turing), molecole di gas/palle da biliardo (storicamente molto comune) e atomo/sistema solare (Rutherford, Bohr).

E ciò conferma il carattere semplicemente *euristico*, e non *logico*, del ragionamento analogico.

Ecco altre analogie fondamentali che Einstein sfrutta costantemente, e che possiamo qui solo elencare di passaggio:

- a) analogia fra spazio e tempo, donde egli ricava la nozione di spaziotempo (anche grazie al contributo di Minkowski);
- b) analogia fra sistema di coordinate tridimensionali e quadridimensionali, donde giunge a trasferire gli oggetti matematici che rappresentano le grandezze fisiche in tre dimensioni, prima in uno spaziotempo a quattro dimensioni e poi in coordinate gaussiane generalizzate;
- c) analogia fra il problema matematico della Teoria Generale della Relatività e la teoria gaussiana delle superfici, che lo porta ad elaborare una teoria *fisica* che è contemporaneamente una *geometro*-dinamica (Wheeler).

Queste analogie einsteiniane sono tutte entrate nei fondamenti della struttura concettuale della fisica contemporanea. Esse suggeriscono anche un nuovo concetto di *commensurabilità* epistemologica fra più rappresentazioni: la commensurabilità fra relazioni all'interno di domini differenti.

5.2.2 Ragionamento per immagini

Veniamo ora ad un tipo di ragionamento analogico particolarmente astratto e semplificato, ormai ben studiato dalle scienze cognitive, che permette di visualizzare una certa relazione strutturale e di compiere delle operazioni su di essa [Kosslyn 1983]. Si realizza così quello che Johnson-Laird chiama il *correlato percettivo di un modello mentale, considerato da un preciso punto di vista* [1983]. Il ruolo di questo tipo di ragionamento risiede, probabilmente, nella facilità con cui la nostra mente costruisce inferenze di tipo percettivo, che in questo caso forniscono un livello di astrazione idealmente intermedio fra, ad esempio, i fenomeni, da un lato, e le formule matematiche, dall'altro.

Questo tipo di ragionamento permette un parziale "scarico di memoria" e facilita anche la comunicazione pubblica delle proprie rappresentazioni interne ed in generale l'apprendimento [Nersessian in Giere 1992]. Si tratta, dunque, di un utilissimo strumento cognitivo, che viene molto utilizzato anche nel lavoro di ricerca scientifica [Mach 1905; Hadamard 1945; Miller 1984; Finke *et al.* 1992]. Ed anche Einstein vi ricorre sistematicamente.

In particolare, quando medita sulla sua opera retrospettivamente, e soprattutto a fini storico-divulgativi, egli ricorre a ragionamenti molto fantasiosi e fortemente

connotati in termini visivi, con l'intento ripetutamente esplicitato di *fissare le idee*. Si vedano, per fare qualche esempio:

a) la *tavola di marmo* ed il *mollusco di riferimento* con cui egli visualizza, rispettivamente, il continuo spaziotemporale ed un sistema di riferimento non rigido su di esso [Einstein 1917; Einstein, Infeld 1938];

b) i *dischi rotanti* e gli *esseri piatti dotati di strumenti piatti* che utilizza per evidenziare le difficoltà ed i limiti della geometria euclidea [Einstein 1917; Einstein Infeld 1938];

c) i *fantasmi bidimensionali*, come le immagini dei personaggi di un film proiettato sullo schermo, che hanno la medesima incapacità ad immaginare una terza dimensione che abbiamo noi nel visualizzarcene una quarta [Einstein, Infeld 1938]

d) gli *uomini che conoscono solo una parte molto piccola della superficie terrestre* e che non riescono neppure a vedere le stelle [Einstein 1949].

Ci si potrebbe a questo punto legittimamente chiedere se Einstein usi queste immagini per puri fini divulgativi e retorici (*contesto della giustificazione*), non potendo con esse fornire dimostrazioni, oppure come veri e propri strumenti euristici (*contesto della scoperta*). Pur essendo impossibile dare una risposta definitiva, e non essendo ragionevole d'altronde escludere fini del primo tipo, abbiamo però alcune evidenze di una loro effettiva valenza anche del secondo tipo. Egli stesso riferisce [cit. in Wertheimer 1945, 1959]:

[...] durante tutti quegli anni ci fu la sensazione di una direzione, dell'andare direttamente verso qualcosa di concreto. Naturalmente è molto difficile esprimere a parole quella sensazione, ma decisamente le cose stavano così, ed erano tali da venir distinte chiaramente da considerazioni successive circa la forma razionale della soluzione. Naturalmente dietro a una tale direzione c'è sempre qualcosa di logico; ma in me è sempre presente sotto forma di una specie di sguardo generale, in un certo senso, in modo visivo.

Inoltre, quando Einstein si chiede *cos'è precisamente il pensiero*, egli ribadisce la centralità dell'immaginazione. Infatti, parte proprio dall'*affiorare alla memoria di certe immagini*, che formano poi delle successioni e quindi, e qui è *pensiero*, *quando una certa immagine ricorre in molte di queste successioni, allora essa diventa un elemento ordinatore*, poiché collega tra loro successioni che di per sé non sarebbero collegate: e questo è un *concetto* [Einstein 1949].

Del resto, anche nei suoi principali lavori scientifici [segnatamente in 1905d; 1916] il suo ragionamento, si direbbe, *cristallizza i problemi in immagini fino a che non ne scaturisce la soluzione* [Miller 1984]. Ed anzi, sembrerebbe di poter concludere proprio che Einstein avesse *l'abitudine di pensare per immagini* [Holton 1981].

Molto spesso, infine, l'immagine che egli usa per *cercare le parole prima di poter esprimere dei pensieri* [Einstein alla Conferenza di Kyoto del 1922, cit. in Pais 1992], diventa quasi naturalmente un vero esperimento, sia pur condotto mentalmente.

Noteremo tra breve che le accelerazioni più vistose nel ragionamento di Einstein si hanno proprio quando egli visualizza delle persone¹¹¹ che hanno il medesimo suo problema, e che vengono collocate quasi sempre in un contesto familiare, vicino alle nostre esperienze quotidiane. Egli, in questo modo, va ad attingere a un "archivio analogico" di esperienze semplici e ben consolidate, che noi stessi possiamo facilmente condividere. Se questo gli fornisce delle garanzie di affidabilità nel ragionamento, testimonia anche l'abilità comunicativa di Einstein come divulgatore e forse spiega anche parte del suo successo personale.

5.2.3 Esperimento mentale

Un caso particolare del precedente, è quello costituito dagli esperimenti mentali. In questi si effettua con l'immaginazione addirittura una vera e propria simulazione mentale "interna", ricorrendo ad immagini esplicite. L'importanza di un esperimento mentale si mostra non appena si consideri il non raro caso in cui un esperimento reale sarebbe irrealizzabile, per motivi di ordine tecnico o addirittura per la violazione di ovvie limitazioni fisiche. Più semplicemente, l'esperimento mentale può anche servire a *difalcare gli impedimenti* (Galilei) di un'esperienza effettivamente condotta in laboratorio, in modo da mostrare i risultati di un esperimento ideale, nel quale il fenomeno al centro dell'interesse dello scienziato è l'unico in gioco, "puro".

L'esperimento mentale, dunque, assolve alla medesima funzione psicologica di un esperimento reale, pur essendo compiuto all'interno di un modello mentale [Johnson-Laird 1983; Gooding 1990; Boniolo 1997a; per una

¹¹¹ Non sembra perciò del tutto condivisibile la visione di Gardner [1993] secondo cui quella di Einstein sarebbe una *mente centrata sugli oggetti*. Meglio sarebbe dirla centrata sulle *immagini*.

rassegna v. Gooding 1994].¹¹² Ma ciò sembra implicare il superamento di una concezione "idealista" (come intesa, ad esempio, dal neokantiano Koyré) che lo vorrebbe esperimento condotto *a priori*, cioè con il ricorso esclusivo alle risorse *a priori* della mente. Soprattutto nella scoperta scientifica, infatti, l'esperimento mentale mostra una salienza psicologica, un'efficacia predittiva ed un interscambio con l'esperienza "esterna" [cfr. Mach 1905] che ci fanno convenire, con Gooding ed Hesse, sull'*interdipendenza di pensare e fare, di teorizzare e sperimentare*, piuttosto che con un *finzionalismo alla Vaihinger* [Boniolo 1997a]. Con questa tecnica si prendono a prestito conoscenze fondamentali, per così dire, dal "lato del fare", così come negli esperimenti reali se ne prendono a prestito altre, per così dire, dal "lato del pensare". Ciò che di nuovo viene in luce in entrambi i casi, in parte era già (magari confusamente) presente, ma in parte lo abbiamo scoperto *ex novo* proprio con questa "traduzione" di conoscenza pratica in teorica o viceversa.¹¹³ Si potrebbe allora dire, con precisione, che (anche) *la teorizzazione è la continuazione dell'esperienza con altri mezzi* [cfr. van Fraassen 1972].

Molti sono gli esperimenti mentali concepiti, ed anzi, a questo punto, si direbbe letteralmente *condotti*, da Einstein. Abbiamo qui l'opportunità di darne soltanto un sommario schizzo di alcuni dei più rilevanti.

Il primo che citiamo è quello che ricorre tanto spesso nelle sue esposizioni della Teoria Generale della Relatività, e che egli definiva *il pensiero più felice della mia vita*. Mentre un giorno del novembre del 1907 era seduto in poltrona all'Ufficio Brevetti di Berna, come raccontò in un discorso a Kyōto [cit. in Pais 1982], gli balenò in mente il seguente pensiero: *per un osservatore che cada liberamente dal tetto di una casa, non esiste - almeno nelle immediate vicinanze - alcun campo gravitazionale*. Se mi calo nell'immagine e suppongo di essere proprio tale osservatore, riesco a figurarmi di stare perfettamente "immobile", con il tetto della casa che si

allontana sempre più rapidamente ed il terreno che mi si avvicina nella stessa misura. E gli oggetti che cadono liberamente con me, del pari "immobili". Se ora astraiamo da questa situazione immaginaria, possiamo formalizzare quel pensiero dicendo che un cambiamento di sistema di coordinate può annullare esattamente gli effetti locali del campo gravitazionale della Terra. Ne deriva immediatamente il ruolo chiave del *principio di equivalenza* fra la massa inerziale (quella che offre resistenza alla variazione dello stato di moto), e la massa gravitazionale passiva (quella che subisce l'attrazione gravitazionale), ai fini di una generalizzazione del *principio di relatività* anche ad osservatori in moto accelerato. E questo è proprio l'avvio della ricerca che porterà Einstein alla Teoria Generale della Relatività.

Vediamo ora un secondo esperimento mentale, anch'esso famoso, che probabilmente è l'articolazione razionale a posteriori di quello precedente: quello dell'uomo in un ascensore [Einstein, Infeld 1938]. Immaginiamo, una prima volta, un ascensore che si trova *all'ultimo piano di un grattacielo molto, ma molto più alto di quelli che esistono realmente*. Supponiamo che improvvisamente si spezzi il cavo che lo sostiene: l'ascensore cade, ma l'uomo al suo interno e tutti gli oggetti che sono con lui nell'ascensore rimangono fermi tra loro. L'accelerazione di caduta, anche in questo caso, è annullata esattamente dalla forza peso, e dunque non si sperimentano accelerazioni, almeno localmente, cioè se l'ascensore non è troppo grande da raggiungere luoghi in cui il campo gravitazionale è diverso. Questo osservatore è in un'edizione tascabile di un sistema inerziale, ovvero egli non rileva alcun campo gravitazionale, anche se un osservatore esterno, indubbiamente, lo descriverebbe in moto accelerato in un campo gravitazionale esterno. Ma le due diverse descrizioni sono entrambe perfettamente coerenti e compatibili con i fenomeni osservabili nel relativo sistema di riferimento e con le leggi della fisica. I due osservatori sono, perciò, *equivalenti*. Una seconda volta, immaginiamo invece un ascensore identico, immerso però nello spazio interstellare. Supponiamo che esso venga *tirato con forza costante verso l'alto* (moto uniformemente accelerato) da qualche strana forza, sì da simulare esattamente al suo interno (sempre localmente), un campo gravitazionale verso il basso. Le descrizioni di un osservatore esterno e di uno interno, anche in questo caso, sono coerenti e compatibili con le leggi della fisica: in ogni caso i punti di vista dei due osservatori sono equivalenti. Ma supponiamo che un raggio laser penetri dritto dritto dall'esterno dell'ascensore, e lo percorra in tutta la sua larghezza andando a colpire la parete opposta a quella in cui è entrato. Per l'osservatore interno, la luce ha percorso un cammino curvo, violando il principio dell'ottica geometrica della propagazione rettilinea, mentre per l'osservatore

¹¹² Scriveva già Mach nel 1897 [ora in Mach 1905]: *Il sognatore, il costruttore di castelli in aria, il poeta di utopie sociali o tecniche, esperimentano mentalmente. Ma anche il solido commerciante, l'inventore o lo scienziato seri fanno la stessa cosa [...] Mentre i primi però combinano nella fantasia delle circostanze che non si incontrano nella realtà, oppure le pensano accompagnate da conseguenze che non vi sono legate, i secondi - le cui rappresentazioni sono buone copie dei fatti - restano col pensiero vicino alla realtà. La possibilità degli esperimenti mentali riposa sulla maggiore o minore esattezza della riproduzione involontaria dei fatti nelle rappresentazioni.*

¹¹³ Se questo è vero, qualcosa di nuovo viene conosciuto già prima del completamento dell'esperimento, sia esso mentale o reale, e dunque prima di saperne l'esito: ancora una volta, *si impara facendo*.

esterno ha percorso esattamente una segmento di retta, andando a colpire la seconda parete ad una diversa altezza rispetto alla prima, perché l'ascensore, nel frattempo, si è mosso. Per riconciliare le due descrizioni, e far dunque sì da ristabilire la perfetta equivalenza delle descrizioni dei due osservatori, bisogna inserire nelle leggi della fisica la curvatura dei raggi di luce in presenza di un campo gravitazionale. Con il che il raggio laser segue le medesime leggi di propagazione per i due osservatori, e *la speranza di costruire una fisica relativistica è ben fondata, ma è però necessario attaccare preventivamente il problema della gravitazione.*

Una presenza "classica" nelle esposizioni della Teoria Speciale della Relatività è anche quella del terzo esperimento mentale che consideriamo: l'esperimento del *vagone ferroviario*. Immaginiamo un osservatore su di un vagone ferroviario in moto rettilineo ed uniforme lungo i binari di una ferrovia, ed un altro fermo sulla banchina di una stazione [Einstein 1905d; 1917]. Considerando le modalità empiriche con le quali i due osservatori possono accorgersi di eventi improvvisi, come la caduta di un fulmine sul treno, attraverso la ricezione del segnale luminoso, Einstein ricava la necessità di ridefinire radicalmente il concetto di simultaneità, legandolo intrinsecamente al sistema di riferimento che si sceglie.¹¹⁴

Ed infine, ricordiamo l'esperimento mentale che lo stesso Einstein riferisce di aver condotto all'età di sedici anni [Einstein 1949; v. anche Pais 1982]: quello di stare *a cavallo di un raggio di luce*, e di osservare che il campo elettromagnetico propagato dal raggio sarebbe un'onda stazionaria, ovvero un campo elettromagnetico oscillante nello spazio e costante nel tempo. Ma, osserva, *nulla del genere sembra possa sussistere sulla base dell'esperienza o delle equazioni di Maxwell del campo elettromagnetico*. Da qui deriva sia l'esigenza di costruire leggi invarianti per gli osservatori (qui, ancora, soltanto per quelli in moto relativo rettilineo ed uniforme), quanto quella di ripensare la definizione delle coordinate spaziotemporali.

In alcuni dei casi qui esaminati, come si vede, si tratta di esperimenti addirittura fisicamente irrealizzabili. Ma, comunque, si può notare che la conoscenza fisica che viene ritenuta essenziale deve sempre essere trasferita, una prima volta, dal mondo "reale" a quello di simulazione, ed una seconda volta, dal mondo immaginario a quello "reale".

5.2.4 Analisi di un caso limite

Esiste, infine, un caso particolare di esperimento mentale nel quale si conduce un esperimento, o più semplicemente un calcolo, in condizioni molto particolari se non proprio eccezionali. Simili condizioni vengono realizzate attraverso una estrapolazione al limite, dei valori di alcuni parametri critici. I risultati che si ottengono in queste condizioni limite, vengono poi tenuti presenti nel ritorno alle condizioni normali, ed utilizzati, ad esempio, per fattorizzare un problema complesso in sotto-problemi più semplici o per individuarne gli parametri critici essenziali.

Einstein ricorre ampiamente all'uso di *analisi di casi limite*, e ciò diviene particolarmente evidente nei momenti in cui consegue il massimo distacco dalla concezione tradizionale.

Il caso più eclatante è quello in cui Einstein deduce la teoria newtoniana della gravitazione come prima approssimazione della sua Teoria Generale (approssimazione di campo debole e quasi-statico), calcolandovi, dapprima, il valore della costante che è presente nelle equazioni più generali che portano il suo nome, e per diretta conseguenza le tre previsioni osservative fondamentali della nuova teoria (spostamento delle righe spettrali verso il rosso, deflessione di un raggio di luce in vicinanza del Sole e del pianeta Giove, precessione "anomala" del perielio dell'orbita di Mercurio) [Einstein 1916].

Se a questo punto ricordiamo anche alcuni esperimenti mentali molto espliciti di Galilei (su tutti quello delle sfere in moto lungo un piano inclinato nel *Dialogo* del 1632), possiamo ipotizzare uno schema di ragionamento generale che, nel voler ridurre la complessità di un problema, uno scienziato potrebbe utilizzare. Innanzi tutto, egli si costruisce una immagine visiva di un caso limite, in maniera magari molto elementare, ma intuitivamente vivida, in cui ha tutte le variabili sotto controllo. A questo punto egli può condurre un esperimento mentale in queste condizioni particolari "ottimali", e quindi generalizzare i risultati così ottenuti a tutti i casi ipotizzabili, ricorrendo ad un'analogia. Einstein usa proprio uno schema di questo tipo in tutti quei numerosi casi in cui formula i problemi fisici entro un semplicistico spazio vuoto e piatto, oppure in un campo gravitazionale debole e quasi-statico, per generalizzarli poi ai casi che vedono la presenza di materia e campo, senza restrizioni particolari.

Ma anche la determinazione del significato fisico degli oggetti matematici in *relatività generale* viene sovente condotta proprio analizzando a cosa si riduca nel caso limite newtoniano o special relativistico. E questo è l'uso

¹¹⁴ Non è dato sapere se Einstein avesse davvero in mente questo esperimento mentale anche nello scrivere il suo articolo del 1916. E' però un'eventualità plausibile non appena si leggano in parallelo i suoi [1916] e [1917].

ancor più interessante del caso limite e riveste particolare rilievo per la Teoria della Relatività, come vedremo più diffusamente fra breve. A volte, infatti, il caso limite non è soltanto uno strumento di calcolo o di sperimentazione simulata, ma viene assunto immediatamente come *risorsa cognitiva* esso stesso. L'elaborazione della nuova teoria (Teoria Speciale della Relatività prima, Teoria Generale della Relatività poi) viene condotta in modo tale da ridurla alla teoria precedente, in un caso limite, appunto, che non era specificabile *a priori*, cioè dalla vecchia teoria. Esso è, allora, funzionale, oltre che per un supporto euristico alla generalizzazione induttiva, anche per la stessa interpretazione fisica degli enti matematici introdotti e delle relazioni che si vengono ricavando. Le grandezze della dinamica nella Teoria Speciale della Relatività, ad esempio, vengono costruite *per ridursi* a quelle della dinamica galileiana, per velocità piccole rispetto alla velocità della luce. Lo stesso dicasi per quelle della dinamica nella Teoria Generale della Relatività, costruite *per ridursi* a quelle della dinamica nella Teoria Speciale della Relatività, se le accelerazioni sono impercettibili ovvero i campi gravitazionali trascurabili; ed a quelle nella teoria newtoniana della gravitazione, se i campi gravitazionali sono deboli e lenti i moti.¹¹⁵ Ma siamo qui già alle euristiche orientative.

5.3 Euristiche orientative

Stando agli scritti da noi considerati, possiamo individuare delle altre euristiche che sono *specifiche* della ricerca einsteiniana in due sensi diversi. Innanzi tutto, si tratta di procedure o moduli di ragionamento dal risultato non certo (*debolezza epistemologica*). Sono delle *rules of thumb* [Simon 1977; Langley *et al.* 1987] che Albert Einstein utilizza, più o meno consapevolmente¹¹⁶, per orientarsi nella sua ricerca sulla relatività nel confuso panorama della fisica dei primi anni del secolo XX, che vedeva agitarsi dati sperimentali, teorie, rappresentazioni mentali e valori spesso assai diversi, a volte contraddittori.

¹¹⁵ Si tratta qui di un'osservazione quasi banale per la "deduzione" delle equazioni einsteiniane. Si rinvia a qualunque manuale sull'argomento [ad es.: Einstein 1921, 1955; Pauli 1921; Landau, Lifshits 1939sgg; Weinberg 1972; Misner *et al.* 1973; d'Inverno 1992].

¹¹⁶ Intendo dire che, pur rispecchiando gli obiettivi consapevoli della ricerca Einstein, le euristiche che qui presentiamo non ricevono negli scritti esaminati né una articolazione cognitiva, né una esplicitazione dei fini epistemologici paragonabili a quella che qui tentiamo. La quale rimane, quindi, un'indagine esplorativa.

Queste euristiche, poi, non definiscono propriamente degli obiettivi da centrare, cioè *non sono requisiti di adeguatezza che debbono essere soddisfatti dalle ipotesi* [Zahar 1989]. Essi hanno una peculiare *natura cognitiva*.

I loro risultati non sono neppure garantiti e possono, anzi, generare conclusioni che si riveleranno erranee. Apprendiamo *se* un'euristica è utile e *quale* lo è maggiormente soltanto in seguito ad una loro applicazione (*tentativo-ed-errore*). Ma Einstein le adotta sistematicamente, ciò nonostante, come strategie cognitive affidabili; e lo fa con maggiore lucidità e sistematicità rispetto ai molti scienziati-filosofi suoi contemporanei che si occupavano dei suoi medesimi problemi fisici, con approcci a volte nemmeno troppo differenti (su tutti Mach, Poincaré, Lorentz e, poi, Hilbert).¹¹⁷

A differenza delle euristiche *astrattive*, inoltre, queste *orientative* hanno una natura fortemente riflessiva. In prima approssimazione possiamo dire che esse sono strumenti per mantenere la rotta cognitiva di una via privilegiata alla conoscenza. Si tratta, cioè, di *dispositivi metacognitivi* che regolano l'uso strategico delle risorse cognitive disponibili.

Ma non solo non se ne può mai garantire un risultato corretto: non è certa neppure la produzione di un risultato pur che sia (*efficacia incerta*). Ciò nonostante esse servono allo scienziato come guida nel dirigersi verso uno (o forse pochi) risultati possibili, o *principi generali della ricerca*¹¹⁸, non appena vengano stabilite, diciamo così, le *condizioni cognitive iniziali*, evidentemente *ceteris paribus*.

Se i loro output sono ben più ristretti di quelli delle euristiche astrattive (*rigidità di output*), lo sono anche i loro input. Esse sono, infatti, sensibili al contesto, non potendosi utilizzare in misura tanto generale quanto, ad esempio, le euristiche astrattive, ma soltanto quando si ha a che fare con una teoria scientifica già sufficientemente complessa (contestualità o *rigidità di input*). Le euristiche orientative modellano, perciò, le componenti di una teoria già disponibile, quali ad esempio i suoi concetti, inducendo una

¹¹⁷ Proprio questa differenza costituisce un vantaggio di Einstein su tanti altri fisici e matematici suoi contemporanei, e fornisce una *spiegazione* della sua scoperta della Teoria della Relatività. Se Holton [1973; v. anche Gorman 1992] sostiene che il vantaggio di Einstein consistesse nel possesso di un *modello mentale* migliore, qui sembra di poter ridurre il "modello" holtoniano alla formulazione ed utilizzo consapevole di euristiche più affidabili, meglio formulate e fra loro integrate in un sistema cognitivo coerente.

¹¹⁸ Di qui si spiega il fatto che in alcuni casi troveremo che le euristiche orientative compaiono là dove tradizionalmente siamo soliti individuare dei principi (p.es. il *principio di relatività* nel caso dell'*euristica di covarianza/invarianza*).

mutazione concettuale, da doversi poi controllare con altri mezzi prima di essere accolta.

Con queste euristiche, dunque, il problema di stabilire in che cosa consistano i concetti di una teoria, diviene quello di individuare i processi cognitivi che sono attivati per modificare le rappresentazioni mentali nel dato contesto. Questi processi cognitivi hanno, però, una struttura regolare, tendenzialmente costante, il che fa pensare a loro come a degli *schemi* di ragionamento che vengono *tematizzati*, trovando applicazione in contesti anche molto diversi. Le euristiche che qui consideriamo sono, insomma, schemi particolarmente stabili, tanto da permetterci di parlarne come di *temi culturali* [Strauss, Quinn 1997]. Ne ricaveremo, dunque, che l'*insight* scientifico sembra avere effettivamente delle regole, almeno nel caso della scoperta einsteiniana.

Nell'esaminare queste euristiche, d'altra parte, non ci si mostrerà soltanto il modo presumibile di ragionare di Einstein, ma anche il contenuto filosofico della sua scoperta scientifica. Le ipotesi che egli elabora attorno a concetti fondamentali, i modelli che egli si rappresenta mentalmente e le stesse regolarità di natura che inferisce, sembrano prodotte dall'attivazione di queste euristiche (e probabilmente anche di altre). Concetti, modelli e regolarità gli servono come mattoni per costruire la sua teoria, raggiungendo un grado complessivo di compiutezza e coerenza, che egli può giudicare (temporaneamente) soddisfacente, ma comunque sempre perfettibile. Queste euristiche, dunque, sono caratteristiche della Teoria della Relatività non soltanto perché orientano Einstein nel percorso della sua scoperta, ma anche perché costituiscono la struttura portante ed il traguardo epistemologico della sua teoria. Riesaminandole criticamente e considerando il grado di soddisfacimento che ne possiamo trarre oggi noi, potrebbe anche delinearsi un sentiero teorico da proseguire ulteriormente.¹¹⁹

Per affrontare queste euristiche¹²⁰, ci si dovrà avvalere di un esame epistemologico retrospettivo, allo scopo di individuare i principi che hanno orientato la sua ricerca e determinato il suo successo, in particolare nel conseguimento della Teoria Generale della Relatività, in quanto suo ultimo approdo. La nostra analisi si focalizzerà, dunque, su alcuni aspetti

¹¹⁹ In questa prospettiva, le euristiche orientative costituiscono una sorta di *metrica del pensiero*, che tiene insieme gli aspetti fondamentali, tanto del nostro cervello, quanto della nostra esperienza evolutiva del mondo circostante. Forse questa potrebbe rivelarsi qualcosa di più di una semplice metafora, più o meno colorita.

¹²⁰ Su alcune di queste euristiche ha indagato a lungo Zahar [p.es. 1973; 1989], anche se con intenti diversi dal nostro.

fondamentali del programma einsteiniano, senza che i risultati da lui effettivamente conseguiti debbano essere intesi come completi o in alcun modo definitivi.¹²¹

5.3.1 Perfezione interna

Oltre che per il grado di *conferma esterna*, secondo Einstein una teoria scientifica è apprezzabile se gode di quella che chiama *perfezione interna*. Al proposito parla di una *musicalità nella sfera del pensiero* che così possiamo esplicitare: *una teoria è tanto più convincente quanto più semplici sono le sue premesse, quanto più varie sono le cose che essa collega, quanto più esteso è il suo campo d'applicazione* [Einstein 1949].¹²²

Innanzitutto, vi è una diffusa idea di *economia cognitiva* in tutti i passaggi in cui Einstein propone una nuova ipotesi. Il punto di partenza di Einstein è in questi casi la *semplicità della natura*: *sulla base dell'esperienza fin qui raccolta, abbiamo il diritto di credere che la natura sia la realizzazione di ciò che di più matematicamente semplice è immaginabile* [1933 in Einstein 1953]. Questa richiesta di semplicità non era certamente nuova, ed era stata, anzi, tradizionalmente racchiusa nel motto *simplex veri sigillum* (Boerhave).¹²³ Ma nell'opera di Einstein essa assume i caratteri di un personale *stile cognitivo* ad alto valore euristico.

La semplicità delle teorie può essere riassunta nel cosiddetto *rasoio di Occam*: *frusta fit per plura, quod potest fieri per pauciora*. Anche se questo motto si presta alle due ben note interpretazioni: l'una, *ontologica* (non moltiplicare le entità esistenti oltre il necessario), e l'altra, *epistemica* (contenere per quanto possibile i principi di spiegazione) [v. McAllister 1996]. Rientra, in entrambe le interpretazioni, l'esempio paradigmatico dell'eliminazione che Einstein compie del concetto di etere.

Einstein mira anche a costruire una teoria che sia, oltre che, come evidente, *empiricamente*, anche supportata *logicamente*: una teoria, cioè, che egli definisce come *teoria di principi*, più che *costruttiva*. Egli va alla ricerca,

¹²¹ Ritengo che si possa convenire che il programma einsteiniano sia almeno *parzialmente* compiuto, come Einstein medesimo, magari per altri motivi, era disposto a riconoscere, ad es. nella *Prefazione* a [Januiner 1954].

¹²² Qui Einstein si esprime conformemente a quanto individuato da Kuhn [1962, 1977] e Lakatos [1970] nel considerare la capacità della teoria a risolvere problemi al di fuori del dominio del suo successo iniziale [v. anche Donovan *et al.* 1988, *criterio GA 1.4*].

¹²³ Si vedano anche il concetto di *economicità di pensiero* in Mach [1883ggg] e di *semplicità e bellezza* in Duhem [1906].

dunque, di una teoria che, piuttosto che derivare un quadro dei fenomeni complessi partendo da premesse relativamente semplici, parta da proprietà generali dei fenomeni osservati empiricamente, e ne deduca delle formule matematiche che valgano in ogni caso particolare che si possa presentare [Einstein 1948]. Come le teorie costruttive si distinguono per la loro *generalità, adattabilità e chiarezza*, così le teorie di principi si distinguono per la loro *perfezione logica e saldezza delle loro basi* [Einstein 1948].

Un aspetto che contraddistingue la perfezione interna è anche quella che possiamo definire *compattezza logica*. Egli, ad esempio, così argomenta la perfezione interna della sua teoria, con un orgoglio malcelato: *se una qualsiasi deduzione tratta dalla teoria dovesse rivelarsi insostenibile, la teoria dovrebbe esser messa da parte per intero. Una sua modificazione sembra impossibile senza distruggere la struttura di insieme* [Einstein 1936].¹²⁴

Inoltre, come si è già potuto notare, la *perfezione interna* della nuova teoria è misurata dalla lontananza in cui apparivano, alla luce della vecchia teoria, i domini che vengono poi unificati dalla nuova. E questo, oltre che un carattere estetico ed economico, attribuisce alla teoria anche un ovvio requisito di ampiezza del *dominio di validità*.

Ma, complessivamente, la semplicità e l'intelligibilità che Einstein considera requisiti di perfezione della sua nuova teoria, riguardano sempre e soltanto la emergente *fisica nel suo complesso* [Einstein 1949]. Dunque, nello specifico, vale per la fisica (e la geometria), e non vale per ciascun ingrediente che la compone, preso isolatamente. Egli è, conseguentemente, ben disposto a rinunciare temporaneamente alla intelligibilità di singoli termini fisici per salvaguardare quella che vede come perfezione logica della teoria che viene elaborando [Zahar 1973]. Un caso particolarmente evidente di comportamento conforme a questa componente dell'euristica, è quello in cui Einstein impone genericamente le *condizioni matematiche di covarianza* (v. oltre) delle equazioni da prendere in considerazione per la descrizione del campo gravitazionale. Egli può vantarsi della perfezione logica della teoria complessiva, trascurando del tutto la complessità del formalismo e del calcolo matematico della teoria (come si sa le *equazioni di Einstein* si sanno tuttora risolvere in un numero assai piccolo di casi) perché, scrive: *il mio apparato matematico è più complicato del vostro, ma le mie supposizioni fisiche sono più semplici e più naturali* [Einstein, Infeld 1938]. E questo gli basta.

¹²⁴ Ciò in conformità con il criterio individuato da Lakatos [1970] di considerare la capacità della teoria a condurre predizioni utilizzando i suoi assunti centrali, piuttosto che ipotesi accessorie [v. anche Donovan et al. 1988, criterio GA 1.5].

È chiaro, d'altra parte, che l'intelligibilità che si pretende dalla teoria è, comunque, *storicamente determinata*. Essa viene, dunque, stabilita di volta in volta in *analogia* con le conoscenze prese a modello esemplare, o con quelle via via acquisite in prima persona da Einstein. E se, prima di lui, ammettere un etere in quiete assoluta era l'ipotesi più semplice, in seguito all'introduzione della Teoria della Relatività, lo stesso concetto di semplicità di un'ipotesi scientifica viene a mutare, segnando un nuovo "livello di intelligibilità". È, anzi, proprio questo che si intende riferendosi all'introduzione di una nuova teoria come all'avvento di una *rivoluzione concettuale*.

Il ricorso a considerazioni "estetiche" nella scelta delle teorie, lungi dall'essere una minaccia alla razionalità della scienza, è, proprio al contrario, una chiave per ricostruire il ragionamento che guida lo scienziato [McAllister 1996]. Addirittura, per esempio, il grande fisico Paul A.M. Dirac consigliava gli studenti di *non preoccuparsi troppo del significato delle equazioni della fisica ma soltanto della loro bellezza* [cit. in Weinberg 1987]. La nozione di bellezza epistemica ha ascendenze molto antiche, fino a Platone e, se vogliamo, anche ad Omero, ed è stata a lungo riassunta nel motto *pulchritudo splendor veritas*. A questa indicazione, però, uno dei più grandi fisici viventi, Steven Weinberg, aggiunge [ivi, pp 65-6]:

La bellezza è senza dubbio il nostro principio guida in fisica teorica, ma ciò di cui andiamo in cerca non è la bellezza che possono darci delle equazioni scritte su un pezzo di carta, bensì la bellezza inerente ai principi e alle loro mutue relazioni. Desideriamo che i principi ci ispirino un senso di assoluta inevitabilità, e poco importa se le equazioni risultano più o meno belle.

Per esemplificare la sua concezione, in verità molto razionale, di teoria *bella*, Weinberg considera proprio il confronto fra la teoria einsteiniana e quella newtoniana della gravitazione. Se è vero che questa seconda ha un numero inferiore di equazioni (per altro più semplici), non ne deriva che è più bella di quella einsteiniana. Questa, scrive, possiede *un carattere di inevitabilità assai più accentuato*. Nei casi limite in cui la teoria generale della relatività si riduce alla Meccanica Newtoniana, infatti, la dipendenza della forza gravitazionale dall'inverso del quadrato delle distanze fra le masse è semplicemente inevitabile, a partire dalle equazioni di Einstein. Nella teoria newtoniana, al contrario, sono ammissibili dipendenze da qualsiasi potenza dell'inverso della distanza. Dunque: la *teoria di Einstein* è

più rigida, più stringente [ivi]. Ed anzi, altrove, Weinberg aggiunge che *la simmetria fra sistemi di riferimento diversi richiede espressamente l'esistenza stessa della gravitazione* [Weinberg 1993].

La rigidità di cui parla Weinberg, il carattere di necessità che lega un maggior numero di fatti ad un numero inferiore di assunzioni all'interno di una teoria, comparativamente con altre di cui per ciò stesso risulta migliore, è proprio quanto possiamo anche chiamare *superiorità esplicativa* di una teoria [Petroni 1990].

La tendenza di Einstein ad assumere un atteggiamento "estetizzante" andrà, però, acuendosi con gli anni, a scapito delle altre componenti di questa euristica. Ed alla fine, un certo estetismo fine a se stesso sembrerà addirittura prendere il sopravvento.¹²⁵

Infine, osserviamo che dietro la *necessarietà* è la *simmetria*, che abbiamo trovato genericamente stabilite nell'euristica qui esaminata, si celano altre componenti più specifiche di "perfezione" della teoria einsteiniana. Esse meritano una trattazione separata.

5.3.2 Spiegare-o-assumere

Einstein usa anche diffusamente un'altra euristica: l'*euristica spiegare-o-assumere*. Essa, d'altra parte, ha radici molto antiche nella scienza, e si può rinvenire già in Aristotele. Ad esempio, a proposito del moto naturale, leggiamo [*Physica VIII* 4 255b14sgg]:

Ora noi stiamo cercando di dare una risposta a questo: per quale motivo le cose leggere e quelle pesanti si muovono verso il proprio luogo? *La causa è data dal fatto che, per natura, esse sono in un certo luogo* - e questo è appunto per natura l'essenza di ciò che è leggero e di ciò che è pesante -, differenziati l'uno dall'altro in quanto il primo è in alto, il secondo in basso [corsivo mio].

¹²⁵ Anche a questo eccesso può, forse, essere attribuito l'insuccesso einsteiniano di unificare la Teoria Generale della Relatività con l'elettromagnetismo attraverso l'individuazione di un *meccanismo matematico*.

Questa apparente tautologia può, infatti, essere così interpretata: *poiché possiamo empiricamente constatare che le cose della natura stanno sempre a questo modo, così è allora* [Düring 1966].

Più in generale, possiamo esprimere l'euristica con il seguente principio: *non considerare come casuali le connessioni regolari tra fenomeni percepiti o descritti come distinti* [Petroni 1990; cfr. Zahar 1973; 1989]. In mancanza di una spiegazione scientifica, ciò sembra la conclusione dettata dal buon senso. È però vero, la soluzione che essa propone è soltanto temporanea: una "vera" soluzione è semplicemente rinviata, a fronte dell'assunzione, per la nuova teoria, di un minimo "costo" a livello esplicativo.

Si tratta di un'euristica che Einstein applica spesso. Vediamone qualche caso.

Un primo esempio è quello in cui, nel considerare la velocità della luce, Einstein [1905d] passa, dal tentativo di trovare una spiegazione per il significato fisico dell'invarianza delle equazioni di Maxwell (per trasformazioni di Lorentz del sistema di coordinate), all'assunzione del postulato di invarianza della velocità della luce. Si tratta, in effetti, di un postulato *anti-intuitivo*, oltre che addirittura *contrario* alle fondamentali leggi della composizione delle velocità, e richiede, perciò uno slancio rischioso da parte di Einstein.

Un secondo esempio è quello in cui Einstein [1911] osserva la coincidenza sistematica dell'eguaglianza di massa inerziale e massa gravitazionale, che non trova spiegazione nella teoria newtoniana, e la *assume* a fondamento di una revisione della teoria della gravitazione come geometrodinamica. E la connessione geometria-gravitazione è l'architrave sul quale poggia l'intera teoria generale della gravitazione.

Entriamo ora un poco nei meccanismi dell'euristica.

Essa viene applicata ad ogni coincidenza *apparentemente* casuale che la vecchia teoria riscontra in misura vistosa, sia in via sperimentale (ad es. non rilevabilità del moto assoluto, eguaglianza fra massa inerziale e massa gravitazionale) oppure in via teorica (invarianza delle equazioni di Maxwell per una certa trasformazione delle coordinate), e più in generale ad ogni evidenza ritenuta *rilevante*.

L'euristica consiste nel cercare, innanzi tutto, di spiegare la coincidenza all'interno di una teoria, in maniera naturale. Nel caso di insuccessi ripetuti in questa ricerca, interviene una decisione improvvisa, drastica e a volte coraggiosa da parte del ricercatore, con la quale egli assume quella coincidenza come principio per sviluppare una nuova teoria, ipotizzando che

debba esistere una ragione profonda per una tale coincidenza [Einstein 1936], ancorché (per il momento) sconosciuta.¹²⁶

Il passaggio dalla prima soluzione, la più lineare e la prima a doversi perseguire, alla seconda soluzione, eccezionale e teoricamente assai impegnativa, avviene in tre stadi:

- (1) si trasforma dapprima l'evidenza in *congettura*;
 - (2) si trasforma, quindi, tale congettura in *principio* che viene postulato come base di una nuova teoria;
 - (3) da questo principio vengono dedotte delle possibili conseguenze teoricamente rilevanti, e soprattutto sperimentalmente rilevabili, al fine principale di produrre un soddisfacente sostegno alla sua "intelligibilità".
- Possiamo, però, pensare che possa darsi anche un'altra soluzione di fronte a medesimi insuccessi, un'alternativa allo *spiegare-o-assumere*: ritenere semplicemente che la coincidenza in questione sia un *dato effettivamente casuale*. In questo caso, però, deve risultare da ragioni di fondo che non è in gioco un parametro critico per la teoria. Si pensi, quale esempio di questa terza soluzione, alla casualità che Einstein attribuisce al valore assunto della velocità della luce nel vuoto.¹²⁷ Quando un'assunzione non ha ancora ricevuto spiegazioni e, a maggior ragione, quando la coincidenza rilevata viene ritenuta casuale, si può parlare di una *sovradeterminazione della teoria da parte dei dati* e di una conseguente *incompletezza della teoria*. Sono, infatti, soltanto i dati a spingere l'assunzione della coincidenza entro la teoria (come postulato teorico fondamentale o come mero parametro). Ma qui l'*euristica spiegare-o-assumere* mostra proprio il suo carattere euristico: se è una sorta di bisogno psicologico, essa è anche una sorgente di progresso scientifico, poiché individua lo spazio per un possibile progresso nella scienza: andare alla ricerca di spiegazioni in grado di eliminare questa sovradeterminazione [Mamchur 1987].

5.3.3 Corrispondenza esplicativa

Come appare ormai ampiamente documentato [ad es. Fadner 1985], un'euristica molto diffusa nelle cosiddette "scienze mature" è costituita dal

¹²⁶ Vi è qui qualcosa di più preciso e radicale di quanto rilevato da Laudan [1977], per il quale la valutazione di una teoria spesso dipende dalla sua capacità di volgere apparenti contro-esempi in problemi risolti [v. anche Donovan et al. 1988, *criterio T2.1*].

¹²⁷ Un caso storico rilevante è quello del numero dei pianeti del sistema solare, che per Einstein e Newton era casuale, mentre per Keplero, al contrario, rifletteva l'ordine *cosmografico* della creazione.

principio di corrispondenza.¹²⁸ Seguendo Fadner [1985], così possiamo stabilire il *Principio di corrispondenza generalizzato*: le equazioni di ogni nuova teoria debbono ridursi, con appropriata accuratezza, alle corrispondenti equazioni di una precedente, ben stabilita teoria nelle regioni in cui questa è ben supportata dai dati.

È interessante riflettere sul significato di questa euristica. Non soltanto, ogni limitazione evidenziata in una teoria suggerisce la via di un superamento immediato [Einstein 1921sgg], ma uno dei primissimi passi per derivare la teoria ed attribuire un'interpretazione fisica ai termini teorici che vi compaiono, consiste nel considerare ancora valida la vecchia teoria, anche se solo in condizioni limite (p.es. l'interpretazione geometrico-gravitazionale del campo gravitazionale a partire dalle *regioni galileiane*). Scrive, ad esempio, Einstein: *per decidere se le equazioni sono in accordo con l'esperienza, è necessario anzitutto esaminare se, in prima approssimazione, conducono alla teoria newtoniana* [ivi].

Proprio come Achinstein nota che i concetti che compaiono nella teoria di Bohr sono parenti stretti di quelli dell'elettrodinamica classica (per definizione dei termini e determinazione dei valori delle grandezze), anche noi possiamo notare che quelli della teoria einsteiniana sono parenti stretti dei termini della teoria newtoniana. Anche nel nostro caso, infatti, *risulta prevedibile come il termine sarà usato nella nuova teoria a partire proprio da come viene usato nella vecchia* [Achinstein 1968].

Andando più a fondo, scopriamo un doppio flusso semantico fra nuova e vecchia teoria, nel caso in cui la prima sia una generalizzazione di questa e contemporaneamente la unifichi con teorie valide in altri domini, come avviene soprattutto nella Teoria Generale della Relatività.

a) La vecchia teoria costituisce, in sede di scoperta, un costante riferimento euristico, non soltanto per garantire l'accordo con l'esperienza [ivi], ma anche per l'assegnazione dei significati ai nuovi termini, e dunque per la ridefinizione dei concetti. Anche per il significato dei termini, insomma, vale un "principio di corrispondenza" analogo a quello delle equazioni, ed anzi il primo è presupposto dal secondo. I termini che compaiono nelle equazioni della nuova teoria, infatti, debbono ridursi all'equivalenza con quelli che compaiono nelle equazioni corrispondenti nella vecchia, nella

¹²⁸ Il *principio di corrispondenza* venne formulato esplicitamente da Bohr nei primi anni Venti, per la costruzione della meccanica quantistica, ed è interpretato all'incirca come euristica fondamentale nella scienza da Reichenbach [1920], Popper [1951-6, vol.I], Post [1971], Fadner [1985] e, in riferimento alla *Teoria della Relatività*, da Zahar [soprattutto in 1973; 1989]. Si veda anche [Toraldo di Francia 1976, 1981] e la rassegna critica in [Radder 1991].

regione costituita dai dati per i quali questa era stata ben confermata (*regione di appropriata accuratezza*) [Fadner 1985].

Possiamo anzi dire che la nuova teoria viene costruita attraverso una ripetuta *analogia semantica* (corrispondenza termine-termini, equazione-equazione, oltre che *mapping* di struttura fra termini o fra equazioni) con quanto si aveva nel *caso limite* della vecchia, che assegna i significati ai termini della nuova, e trasferisce a questa anche tutta la sua intelligibilità. Facendo ricorso ad euristiche psicologiche si elimina, come vediamo, quella incommensurabilità fra concetti che compare nelle analisi logiche, proprio grazie al fatto che i concetti sono, per così dire, *heuristic laden*.

b) È, d'altra parte, anche evidente che la nuova teoria, di fatto, rafforza *a posteriori* la vecchia teoria attraverso una *deduzione esplicativa*. La vecchia teoria, insomma, riceve un *supporto esplicativo* aggiuntivo a quello che possedeva prima del sorgere della nuova teoria, perché questa si fa, in un certo senso, garante della sua proiezione all'esterno del suo originario dominio effettivamente controllato e, per di più, le può recare un nuovo *sostegno interteorico* proveniente da altre teorie con cui essa viene, eventualmente, portata coerenza.¹²⁹ Complessivamente, dunque, aumenta il tessuto esplicativo che tiene assieme la costruzione teorica, e aumenta conseguentemente la *coerenza esplicativa* [Thagard 1992] della teoria di cui si dispone.

Se per questo secondo aspetto la nuova teoria mostra *perché* la vecchia funzionava bene in quella regione e non in altre, per il primo la vecchia testimonia *che* la nuova vale, almeno nel caso limite della regione in cui esse coincidono.¹³⁰ È per questo motivo che chiamo l'euristica in questione *corrispondenza esplicativa*.

¹²⁹ Si tenga inoltre presente che, nel caso della Teoria Generale della Relatività la nuova teoria non si avvale di *una sola* vecchia teoria, ma di più d'una (la teoria della gravitazione universale e l'intera meccanica newtoniana, nonché l'elettromagnetismo maxwelliano). Nel creare un sistema coerente, ognuna ne riceve già, in qualche misura, un sostegno interteorico.

¹³⁰ Questo è anche quel che si fa nella Teoria Generale della Relatività ogni volta che si conduce una dimostrazione entro un certo sistema di riferimento in cui è particolarmente agevole il calcolo, e poi, in virtù della scrittura covariante delle grandezze fisiche coinvolte, se ne induce "naturalmente" la validità in generale [si vedano p.es. Weinberg 1972; Landau, Lifšits 1939sgg]. Si tenga presente che è addirittura sempre possibile trovare un sistema, detto *sistema inerziale locale*, nel quale il campo gravitazionale si annulla lungo un'intera linea d'universo qualsiasi, per il *teorema di Fermi*. Così, dunque, la geometria si riduce (in un volume infinitesimo) a quella (pseudo)euclidea. Ciò sembra implicare che il principio di equivalenza fra massa inerziale e massa gravitazionale sia *già* contenuto nella matematica della geometria riemanniana [v. ad es. Anderson 1967, Davis 1970], ma si tratta di una questione ancora aperta [Norton 1993]. Se così fosse, però, sembrerebbe esservi ancora un terzo caso in cui Einstein aggiunge un contenuto fisico a requisiti fondamentali che lo implicano già, oltre a quelli già visti della costanza della velocità della luce nella Teoria Speciale della Relatività e della

È, ciò nondimeno, chiaro che vi possono essere delle conseguenze della nuova teoria semplicemente imprevedibili dalla vecchia (ad es. l'equivalenza energia-materia o l'impossibilità teorica dell'equilibrio di un sistema di molti corpi). Ed è dunque insostenibile la tesi, secondo la quale la teoria di Einstein sia deducibile da quella di Newton; ma essa si pone, anzi, come una generalizzazione non cumulativa. Fra i concetti (intesi classicamente come definizioni) formalizzati nell'una e quelli nell'altra teoria non può esservi mediazione. Qualcosa di nuovo viene introdotto alla radice, e non si tratta né di dati sperimentali né di significati linguistici dei termini teorici: nuove risorse cognitive vengono attivate, o riattivate e portate a conseguenze più estreme, utilizzando come "materiale contestuale" le teorie preesistenti. È proprio a questo sotto-livello euristico che ricompare, però, una certa continuità.

È ben presente ad Einstein, ad esempio, l'esistenza di un sottostante processo continuo di sviluppo di lungo periodo, di una teoria nuova "sulle spalle delle precedenti"¹³¹, come quando scrive [1917 cit. in Pais 1982]:

Comunque si selezioni dalla natura un complesso di fenomeni usando il criterio della semplicità, in nessun caso la sua trattazione teorica risulterà per sempre appropriata (sufficiente). La teoria di Newton, ad esempio, rappresenta il campo gravitazionale in modo in apparenza completo per mezzo del potenziale scalare. Questa descrizione si dimostra carente, e le funzioni g_{ik} ne prendono il posto. Ma non ho dubbi che verrà il giorno in cui anche quest'ultima descrizione dovrà cedere il passo a un'altra, per ragioni che al momento non sospettiamo neppure. Sono convinto che questo processo di approfondimento della teoria non abbia limiti.

Non solo, quindi, non corrisponde alla storia della scienza l'affermazione che *la teoria di Einstein può essere accettata soltanto se si riconosce che quella di Newton era sbagliata* [Kuhn 1962, 1970], ma accade anzi proprio il contrario. Scriveva infatti Einstein nel 1921 [*New York Times* del 4 aprile, cit. in Holton 1986, p. 164]:

conservazione dell'energia nella Teoria Generale della Relatività.

¹³¹ Il riferimento è d'obbligo alla seguente formula molto diffusa nella storia del pensiero (si pensi su tutti a Newton) *Pigmei gigantum humeris impositi plusquam ipsi gigantes vident* (dei pigmei posti sulle spalle di giganti vedono più degli stessi giganti). Sulle complesse origini e la permeazione culturale della filosofia sottostante, si rinvia al bizzarro scritto di Robert K. Merton [1965, 1985].

Si è ampiamente diffusa tra il grande pubblico la falsa opinione che la teoria della relatività si discosti radicalmente dai precedenti sviluppi della fisica da Galileo e Newton in poi, e che essa si opponga drasticamente alle loro deduzioni. È vero il contrario. Senza le scoperte di ciascuno dei giganti della fisica, ovvero coloro che in passato ne formularono le leggi, non sarebbe stato possibile concepire la relatività e tantomeno garantirle una base. È psicologicamente impossibile pervenire d'un balzo a tale teoria, prescindendo dal lavoro che essa presuppone. Galileo, Newton, Maxwell e Lorentz sono stati coloro che hanno gettato le fondamenta della fisica su cui ho potuto costruire la mia teoria.

Ad Einstein sembra sia stato, dunque, cognitivamente possibile elaborare la Teoria della Relatività, proprio *perché* egli ha ragionevolmente assunto la vecchia teoria newtoniana e, dovremmo forse dire, l'ha "compresa" meglio di come non si fosse potuto fare prima di lui. Tale posizione era, d'altronde, molto ragionevole, tanto che già Poincaré aveva indicato questa strada euristica nel 1904, e dunque ancor prima della Teoria Speciale della Relatività [in Poincaré 1905b]:

Come l'animale che muta, che rompe il guscio troppo stretto e se ne fa un altro nuovo, sotto il suo nuovo involucro, si riconosceranno facilmente i tratti essenziali dell'organismo che sussistono ancora. [...] Forse così dovremo costruire tutta una nuova meccanica, che possiamo soltanto intravedere, nella quale, crescendo l'inerzia con la velocità, la velocità della luce diverrà un limite insuperabile. La meccanica volgare, più semplice, rimarrà una prima approssimazione poiché sarà vera per le velocità non molto grandi, sì che l'antica dinamica si ritroverà sotto la nuova. Non dovremo lamentarci di aver creduto ai principi, e inoltre, poiché le velocità troppo grandi per le antiche formule saranno eccezionali, la cosa più spiccia in pratica sarà di comportarsi come se si continuasse a credere ai principi stessi. Questi sono così utili, che bisognerà conservare loro un posto. Volere escluderli del tutto equivarrebbe a privarsi di un'arma preziosa.¹³²

¹³² Il passo citato così si concludeva: *Mi affretto a dire, per terminare, che non siamo ancora a questo punto, e che nulla ancora ci prova che essi non usciranno dalla lotta vittoriosi e intatti. Lo studio di Zahar vorrebbe dimostrare che Poincaré sia giunto alla Teoria Speciale della Relatività*

Infine, si possono notare delle interessanti connessioni fra questa ed altre euristiche.

L'*euristica della corrispondenza esplicativa* è, se collegata all'*euristica della perfezione interna* ed a quella *spiegare-o-assumere*, un potente strumento di investigazione fra le pieghe più profonde di una teoria esistente, alla ricerca di quegli aspetti che possano venir giudicati come *difetti* della vecchia teoria [Einstein 1905d; 1916]. Questi costituiscono le *orme* da seguire induttivamente verso una nuova teoria, che, come abbiamo appena visto, deve ammettere che la *regione di appropriata accuratezza* della vecchia teoria sia un proprio (ragionevole) caso limite.¹³³ Associando, poi, all'*euristica* in questione anche quella dell'*analisi di un caso limite*, può venir data adeguata risposta a quei *difetti*, attraverso la ridefinizione dei presupposti fondamentali della vecchia teoria e la precisazione dei suoi limiti di validità. Proprio queste analisi mettono in luce una criticità di certi parametri della vecchia teoria, prima insospettabile: la vecchia teoria ne riceve, conseguentemente, una migliore *comprensione* e, soprattutto, una migliore *spiegazione* [Post 1971]. Così come otteniamo per la nuova una precisa definizione del significato dei termini, e dunque anche una migliore *comprensione*. Ma l'*euristica* che meglio qualifica la scoperta einsteiniana come la soluzione (temporanea) di un problema metodologico di durata storica è la prossima.

5.3.4 Covarianza/invarianza (relatività metodologica)

Le *euristiche orientative* che abbiamo fin qui esaminato possono fornire criteri molto generali per evidenziare i *difetti* di una teoria scientifica. Il principale difetto della meccanica pre-relativistica, agli occhi di Einstein, era però di natura schiettamente *filosofica*: essa era incapace a conciliare la variabilità delle descrizioni dei fenomeni fornite da diversi osservatori, con l'esistenza di leggi universali indipendenti dall'osservatore medesimo.

contemporaneamente ad Einstein fra il 1904 ed il 1905. Come minimo, esso dimostra che Einstein non era l'unico a lavorare sulla stessa linea, e ciò sembra conferire ulteriore forza alla razionalità sottostante. Ma sarebbe forse azzardato andare oltre.

¹³³ Ne può anche risultare l'inserimento - *ex post* - nella vecchia teoria di proprietà ed elementi non considerati che dalla nuova. Si tratta allora di un'*orma* della nuova teoria sulla vecchia. Come esempio, si può citare il caso dell'eguaglianza delle masse gravitazionale ed inerziale, a fondamento della Teoria Generale della Relatività, che distrugge la separazione fra massa e forza, che era a fondamento della Meccanica Newtoniana. In questo caso si tratta dell'*orma* della teoria di Einstein su quella di Newton [Post 1971].

Questo è, se vogliamo, il *problema di Einstein*. Cercare una teoria che soddisfacesse questo requisito epistemologico, equivaleva ad utilizzare un'altra euristica: l'*euristica di covarianza/invarianza*. Precisiamone subito i tratti salienti.

In accordo con essa si deve cercare, contemporaneamente, di soddisfare due requisiti:

(a) rappresentare ogni quantità fisica fondamentale (coinvolta nella teoria) in forma *co-variante*, cioè ricorrendo a enti matematici (*tensori*¹³⁴) le cui componenti variano, in relazione al sistema di riferimento nel quale vengono calcolate, esattamente nella stessa maniera in cui variano le misure delle coordinate (o, più esattamente, dei loro differenziali). Questo requisito è denominabile *co-varianza* (in senso stretto).¹³⁵

(b) disegnare una relazione fra tali quantità, attraverso un'equazione opportuna, che sia tale da rimanere *in-variata* ogni qual volta venga sostituito un sistema di riferimento con un altro. Questo requisito è un *tipo di generalità* (van Fraassen) denominabile *in-varianza*.¹³⁶

In conseguenza dell'applicazione di questa duplice regola, ogni osservatore, pur sperando fenomeni dall'apparenza diversa, è in grado di trovare esattamente la medesima equazione¹³⁷: e questo è proprio un *prerequisito*, secondo Einstein, affinché quella equazione possa esprimere una regolarità fondamentale della natura. Egli parla, infatti, del *valore euristico* o direttivo della *teoria* della relatività e a volte del *principio generale* di relatività

¹³⁴ Così Einstein definì una volta i tensori [Einstein, Besso 1970, lettera 27]: cose che si possono descrivere relativamente a un sistema di riferimento (a piacere) tramite un certo numero di grandezze, in cui queste ultime sono sottoposte a una legge di trasformazione determinata. L'indipendenza dal sistema di riferimento consiste, in generale, nel fatto che in conseguenza di questa legge tutte le grandezze trasformate si annullano quando si annullano quelle di partenza. Notiamo, di passaggio, che i termini covariante ed invariante si debbono al matematico inglese J.J. Sylvester, che li introdusse già a metà dell'Ottocento.

¹³⁵ Un'eccezione apparente è costituita dal campo gravitazionale. Ciò non inficia, però, la generalità dell'euristica, poiché il campo gravitazionale è intrinsecamente non-lineare, essendo esso stesso sorgente di gravità. In letteratura si osserva, inoltre, un uso del termine *covarianza* dal quale, in questa sede, mi distacco al fine di suddividere i due aspetti epistemologicamente differenti dell'euristica, il primo dei quali viene in genere trascurato, in quanto ovvio per i fisici.

¹³⁶ Bisogna aggiungere che questo requisito è da intendersi equivalente alla richiesta che tale equazione sia vera in ogni sistema di riferimento oppure sia falsa in ogni sistema di riferimento [van Fraassen 1989], e cioè, che mantenga esattamente le stesse soluzioni fisiche (*invarianza sotto simmetria*). Non è sufficiente, infatti, una semplice invarianza-in-forma, poiché, come Kretschmann [1917] osservò, ed Einstein concordò [1918], ogni legge fisica può sempre essere scritta in forma covariante.

¹³⁷ Per qualche osservatore, evidentemente, il compito può essere enormemente più semplice. Inoltre, l'insieme di osservatori considerati espressamente può essere variabile, come la storia della fisica mostra. Per Einstein doveva essere l'insieme di tutti i possibili (immaginabili) osservatori fisici.

[Einstein 1917; 1949], ponendolo in questi termini nell'articolo fondamentale sulla Teoria Generale della Relatività [Einstein 1916]¹³⁸: *le leggi generali della natura debbono essere espresse da equazioni che valgono per tutti i sistemi di coordinate, cioè che sono co-varianti rispetto ad ogni sostituzione qualsiasi (generalmente co-varianti)*.¹³⁹

Questa richiesta per la teoria che stava elaborando richiese l'uso di un apparato matematico molto complesso, ma il cui significato è chiaro: se tralasciamo le costanti fisiche fondamentali, ogni grandezza fisica che compare nelle equazioni deve essere una grandezza covariante. Possiamo anche dire che, per ogni grandezza, [Reichenbach 1927]:

se si passa da un sistema di riferimento a un altro, essa muta, varia insieme a - questo è il significato della parola covariante. Non è da credere, tuttavia, che con ciò si sia eliminato il significato oggettivo della conoscenza della natura, poiché tutte queste descrizioni che possono essere fornite a partire da sistemi di riferimento diversi costituiscono soltanto diversi modi di parlare attraverso i quali si può cogliere il vero carattere della natura. [...] tutte queste descrizioni intendono riferirsi a un solo e medesimo stato oggettivo. Questo stato è l'invariante, ciò che non muta. Nella coppia di concetti invariante-covariante si esprime forse con la massima chiarezza la peculiarità della matematica relativistica: covariante è il tipo della descrizione, invariante lo stato colto in comune da tutte le diverse descrizioni.

Quindi la *covarianza*¹⁴⁰ richiesta deve essere tale, da far sì che la sostituzione di un sistema di riferimento con un altro sia una *simmetria* per la legge, lasci cioè invariata la *struttura essenziale o rilevante del problema*, in modo tale che si abbiano *essenzialmente le stesse soluzioni*, e che dunque

¹³⁸ Einstein così scrisse nel 1921 a proposito del nome della "sua" teoria [cit. in Holton 1986]: *Veniamo ora al nome teoria della relatività. Riconosco che si tratta di un'espressione infelice, che ha dato adito a fraintendimenti filosofici. Il termine 'Invarianz-Theorie' sarebbe adatto a descrivere un metodo di ricerca della teoria, ma non, purtroppo, il suo contenuto materiale [...] ma credo che cambiare, dopo tutto questo tempo, il nome generalmente accettato sarebbe motivo di confusione.*

¹³⁹ Una nota presente nell'articolo originale, riportata in [Norton 1993] ma non presente, invece, nella traduzione inglese, divenuta ormai lo standard di riferimento, così recita: *Qui non vogliamo discutere certe restrizioni che corrispondono alla richiesta di coordinazione univoca e di continuità.*

¹⁴⁰ Il principio di covarianza generale ha in fisica una accezione più tecnica [p.es. Friedman 1983]. Lo uso qui in accezione metodologica, seguendo Reichenbach [1927].

le leggi espresse in due sistemi diversi non appaiano come due leggi distinte, ma siano invece ricondotte ad una più generale [van Fraassen 1989]. Si parla, perciò, di *invarianza sotto simmetria*.¹⁴¹ In ogni caso, però, si tratta di una regola *euristica*, e non di una richiesta inflessibile di adeguatezza delle ipotesi.

Vediamo qualche esempio dell'uso euristico del requisito di *covarianza/invarianza*.

Il primo esempio è quello in cui Einstein formula per la prima volta il *principio di relatività* [1905d]:

i fenomeni dell'elettrodinamica come quelli della meccanica non possiedono alcuna proprietà corrispondente all'idea di quiete assoluta. Essi suggeriscono, piuttosto, [...] che le stesse leggi dell'elettrodinamica e dell'ottica saranno valide per tutti i sistemi di riferimento per i quali valgono le equazioni della meccanica. Eleveremo questa congettura (il cui intento sarà d'ora in avanti chiamato "principio di relatività") allo status di un postulato.

Non appena prendiamo la velocità della luce come costante fondamentale ed universale¹⁴² e la luce come mezzo privilegiato di propagazione dell'informazione, ci rendiamo conto che non abbiamo altro che modi relativi per misurare intervalli temporali con orologi (e lunghezze spaziali con regoli): *non possiamo attribuire un significato assoluto al concetto di simultaneità*. Ma, allora, le equazioni di Maxwell rimangono *invariate*, anche se le componenti delle grandezze coinvolte *covariano* con le coordinate del sistema di riferimento non-accelerato prescelto e di ogni altro in quiete o in moto rettilineo uniforme rispetto al primo. Ecco allora che concetti fondamentali della fisica (*quiete, velocità, simultaneità, durata, lunghezza*) emergono radicalmente mutati.

Un secondo esempio è quello in cui Einstein [1911] considera due sistemi: K , scelto stazionario in un campo gravitazionale omogeneo, e K' in moto, all'interno di una regione priva di campi gravitazionali, con una accelerazione uniforme ed equivalente a quella impressa ad un punto materiale in caduta nel campo gravitazionale sperimentato in K . In entrambi i casi, punti materiali non soggetti

all'azione di altri punti materiali si muovono seguendo esattamente le medesime equazioni del moto. Dunque, i due sistemi sono dal punto di vista fisico *esattamente equivalenti*, e perciò non possiamo attribuire alcun significato assoluto neppure al concetto di accelerazione. Ma, non appena si abbandona questo assoluto, si trova che, se assumiamo che K e K' siano equivalenti rispetto a tutti i processi fisici, *arriviamo ad un principio che, se è realmente vero, ha grande importanza euristica. Poiché per considerazioni teoriche dei processi che hanno luogo relativamente ad un sistema di riferimento con accelerazione uniforme, otteniamo informazioni sull'andamento dei processi in un campo gravitazionale omogeneo*. Egli è di conseguenza condotto ad indagare le regolarità del campo gravitazionale parallelamente alla relatività dell'accelerazione, giungendo, di lì a qualche anno, alla formulazione della Teoria della Relatività Generale. In questo caso, sono concetti quali *accelerazione* e *gravità* a subire una mutazione irreversibile, ma anche ogni modello che ci possiamo costruire di un sistema fisico immerso in campo gravitazionale.

Un terzo esempio è quello in cui Einstein [1916] nota che *tutti i nostri controlli consistono invariabilmente di coincidenze spazio-temporali. [...] i risultati delle nostre misure non sono altro che controlli di tali incontri di punti materiali dei nostri strumenti di misura con altri punti materiali, coincidenze fra le lancette di un orologio e punti sul quadrante dell'orologio e punti-evento osservati che avvengono nello stesso luogo e nello stesso istante*. Per esprimere i fenomeni fisici, dobbiamo quindi scrivere le equazioni in modo tale che le grandezze fondamentali che vi figurano siano rappresentate da oggetti matematici (*tensori*), composti da funzioni di coordinate (generalizzate) che si trasformano, di sistema in sistema, esattamente come si trasformano le coordinate che usiamo per stabilire quelle coincidenze di cui parla Einstein. Ecco che, allora, sono mutate le rappresentazioni mentali di ogni grandezza e misura fisica, e possiamo anche dire che prende avvio una intera nuova disciplina: *la fisica teorica*.

A proposito dell'uso costante da parte di Einstein di questa euristica, bisogna effettivamente notare che vi è un sia pur breve lasso di tempo durante il quale, dovendo affrontare un problema particolarmente difficile¹⁴³, egli giunge a pensare di aver trovato una buona ragione per abbandonarla.¹⁴⁴ Ma egli ritorna presto sui suoi passi, decidendo di *non attribuire al sistema di*

¹⁴³ Si trattava, in realtà, di un problema di carattere esclusivamente matematico: ignorava le cosiddette *identità di Bianchi*.

¹⁴⁴ Si tratta del periodo che va dalla metà di Agosto 1913 alla metà di luglio del 1915. Per una indagine su questo periodo si rinvia a Norton [in Howard, Stachel 1989]. Si vedano anche utilmente [Earman, Glymour 1978] e [Pais 1982].

¹⁴¹ Sul concetto di simmetria si rinvia a [Weyl 1952].

¹⁴² Si rammenti la presenza della velocità della luce entro le equazioni fondamentali del campo elettromagnetico, con le quali Maxwell aveva già mirabilmente unificato elettricità, magnetismo ed ottica attorno al 1870.

riferimento alcuna realtà (lettera ad Ehrenfest, 26 dicembre 1915, cit. in [Pais 1982]). Riconoscerà, alla fine della sua ricerca, che quel suo abbandonare l'euristica in favore di *inveterate abitudini* [Einstein 1917] era stato un *errore* (lettera a Lorentz, 1 gennaio 1916, cit. in [Pais 1982]). In fin dei conti, dunque, dobbiamo rilevare che questa euristica si è dimostrata uno strumento realmente *affidabile* nella ricerca einsteiniana di una *soddisfacente* teoria della relatività, se non proprio un punto di riferimento costante.

Diamo ora un bilancio epistemologico dell'*euristica di covarianza/invarianza*.

Possiamo, innanzi tutto, chiederci quanti "punti", per così dire, con essa riusciamo effettivamente a recuperare, di quelli perduti dalla relatività rispetto al facile *appeal* di dottrine assolutistiche. Di fronte alle nostre più che ragionevoli aspirazioni di conoscere il mondo nel quale viviamo, queste dottrine prevedevano l'esistenza di una *episteme* "neutra" (*nonostante* la sua assoluta relatività *de facto*). E dunque, in definitiva, vi era spazio legittimo per il primato di una qualche *meta-fisica*. Ad un "recupero" comparativo della nostra teoria scientifica, non basterà certo la sola *invarianza-in-forma* che con la Teoria Generale della Relatività viene guadagnata per le leggi della fisica, come spesso si sostiene. A farlo, compatibilmente con i nostri limiti, sarà invece l'*aggiunta concreta* del *come* tale flessibilizzazione delle grandezze e delle equazioni viene condotta internamente alla teoria, senza che ciò abbia effetti di catastrofico relativismo. Come scrive Reichenbach, con la teoria einsteiniana [1928]

la descrizione della natura non viene spogliata della sua arbitrarietà da un assolutismo ingenuo, ma dal riconoscimento e dalla formulazione dei punti di arbitrarietà.

Con la Teoria della Relatività, insomma, si supererebbe un'improbabile *episteme-nonostante-la-relatività*, ovvero una *from-nowhere view* [Nagel 1986], confermandoci che *non c'è nessuna posizione totalmente al di fuori della scienza da cui giustificare la scienza* [Giare 1988]. Di più, sembra che riusciamo a conseguire una realistica *episteme-perché-relativa*, per così dire una *from-somewhere view*, che dipende secondo modalità *specifiche* dal particolare soggetto che osserva. È proprio soltanto l'inserimento del soggetto in un contesto nomico di tipo naturalistico, non differentemente da un qualunque oggetto osservato, forse, ad essere in grado di restituire una (progressiva) oggettività alla sua personale visione soggettiva dei fenomeni fondamentali della natura.

Al di là, poi, di quanto a fondo Einstein sia effettivamente riuscito ad andare lungo questa strada, cosa di cui si discuterà in sede storica ancora a lungo e senz'altro proficuamente, l'indicazione epistemologica che emerge dalla Teoria Generale della Relatività per una teoria della categorie sembra, dunque, essere questa: la vecchia nozione di universalità delle leggi deve essere ridefinita integrando *contemporaneamente* la loro *co-varianza* ed *invarianza*. Ma l'universalità della legge scientifica è l'universalità di una predicazione scientifica, dunque di una categoria scientifica. Ne concludiamo che i concetti della scienza, allora, non possono più essere concepiti come quei monoliti che spesso vengono ritenuti essere [ad es. Michalski in Vosniadou, Ortony 1989]. Al contrario, la loro caratteristica distintiva sembrerebbe essere, ancora una volta, proprio questa *flessibilità intrinseca*, il cui elemento decisivo è il soggetto categorizzante. Ciò non sembra però rientrare in una definizione classica del concetto, in quella concezione, cioè, basata su vincoli rigidi di proprietà singolarmente necessarie e congiuntamente sufficienti.

Inoltre, la conoscenza fisica che emerge dall'applicazione di questa euristica è *localizzata, embodied*, ovvero strutturata come *conseguenza della natura delle proprietà biologiche umane e dell'esperienza del suo funzionamento in un contesto ambientale fisico e sociale* [Lakoff 1988]. Vi è la necessità metodologica di esplicitare un *indice soggettivo* [Cassirer 1920] che simbolizza le condizioni specifiche che costituiscono il contesto in cui quella conoscenza viene incorporata: *l'unica via per giungere ad una conoscenza oggettiva passa attraverso la consapevolezza cosciente del ruolo che la soggettività ha nei nostri metodi di ricerca* [Reichenbach 1928]. Proprio l'inclusione del soggetto osservante nell'indagine fisica rilancia l'esigenza di una *internalizzazione del metodo*: *formulare ovunque possibile ogni aspetto delle nostre credenze e porlo in relazione con credenze ben fondate, in modo tale da poter controllare tale aspetto* [Shapere in Nersessian 1987]. Quel che ne risulta è una sorta di *coevoluzione fra obiettivi e metodi, da un lato, e credenze sulla natura, dall'altro* [ivi]. Se questo è vero, e la nostra indagine sulla Teoria della Relatività sembra corroborare questa ipotesi, possiamo anche supporre che vi sia una più generale coevoluzione fra la conoscenza riflessiva sulle nostre credenze e la conoscenza sulla natura. Dovremmo trovare, allora, qualche traccia di una tale coevoluzione anche in quel più ampio contesto della conoscenza riguardante le credenze, che va sotto il nome di cultura. E nel prossimo capitolo troveremo forti evidenze a questo riguardo. Anche da uno studio cognitivo della scoperta einsteiniana, dunque, abbiamo qualche elemento a sostegno della necessità di un generale riesame delle categorie. Ed anche qui le caratteristiche del modello introdotto da Barsalou

paiono meglio in sintonia con la categorizzazione della scienza. Ma, certo, occorre ancora altro lavoro sia empirico che teorico e forse anche, come credo sia emerso, metodologico.

In conclusione, l'*euristica di covarianza/invarianza* non appare soltanto come la soluzione del problema fisico affrontato da Albert Einstein. Essa si mostra, più in generale, come una potente euristica di *problem solving* nella scoperta di nuove regolarità nel nostro mondo dell'esperienza, in un'ottica di *razionalità satisficing* (Simon). Se, però, in quanto euristica di *problem solving* utilizzata da Albert Einstein, essa è un elemento costitutivo del *contesto della scoperta* (formulazione di nuove ipotesi) della Teoria della Relatività, come abbiamo visto, con essa è altresì possibile ricostruire il contenuto epistemologico, quello, cioè, sul quale si costituisce anche il *contesto della giustificazione* per la teoria. Una ulteriore contrapposizione fra i due contesti risulta, perciò, dannosa, oltretutto artificiosa: mentre si ricerca sui reali processi cognitivi che guidano il ragionamento di uno scienziato, guadagniamo tanto in *comprensione* del suo profondo disegno e reale contributo epistemologico, quanto in *spiegazione* della sua scoperta.

L'affidabilità dimostrata dall'*euristica di covarianza/invarianza*, poi, risulta rafforzata da una riflessione sui retroscena della ricerca einsteiniana (cap. 5). Un processo di relativizzazione del moto era stato, infatti, il filo rosso lungo il quale si era sviluppata l'intera meccanica classica, in tutto l'arco della sua plurisecolare storia, dalla protoscienza greca alla meccanica medioevale, e poi fino a Galilei e Newton.¹⁴⁵

L'uso einsteiniano di questa euristica è, dunque, la riattivazione di una risorsa cognitiva, la ripresa di un filo che, seppure mai interrotto del tutto, aveva perso di nitidezza nello spazio mentale degli scienziati. In particolare ciò è vero nella meccanica post-newtoniana e negli studi sull'etere per tutto l'Ottocento. Se poi leggiamo l'*euristica* appena esaminata come un sofisticato e specializzato raffinamento della duplice richiesta, da un lato, di riconoscere la molteplicità dei punti di vista e la dignità delle visioni che se ne ricavano, e, dall'altro, di riconoscerne l'equivalenza e, dopotutto, l'ininfluenza di una scelta, abbiamo degli altri collegamenti di questa euristica con il contesto storico-filosofico e sociologico nel quale la ricerca einsteiniana si è sviluppata. Tutto ciò mi sembra rafforzi il grado di *affidabilità nel processo di formazione delle credenze nella scienza* [Papineau 1993] di questa come delle altre euristiche che abbiamo incontrato.

6. La cultura nella scoperta einsteiniana: scenario di una "rivoluzione"

Cos'è genio? - Volere una meta alta e i mezzi per raggiungerla.

Friedrich Nietzsche [1879]

Le convinzioni necessarie e determinanti per il nostro comportamento e per i nostri giudizi non possono essere trovate semplicemente seguendo questo concreto metodo scientifico. Tali fini fondamentali esistono in una società sana come potenti tradizioni, che agiscono sul comportamento e le aspirazioni e i giudizi degli individui.

Albert Einstein [1939]

Dopo avere esaminato questioni di metodo e processi cognitivi nella Teoria della Relatività, è ora la volta di affrontare il ruolo della cultura nella scoperta einsteiniana.

Ci chiediamo, innanzi tutto, perché uno scienziato si ponga una certa meta, soprattutto se questa gli si mostra ardua e destinata ad impegnarlo per lunghi anni di faticose ricerche, e lo potrà portare, magari, ad aspri scontri con la comunità del suo tempo. Dove trova i mezzi per una soluzione a problemi di lunga data, se non addirittura secolari, quello scienziato che, poi, a un certo punto, compie una rivoluzione concettuale?

Se i *processi* cognitivi sembrano essere comuni a tutti gli esseri umani, ed anche se le stesse *competenze* tecniche e metodologiche possono svilupparsi secondo regole comuni, le *performance* possono invece essere palesemente differenti in relazione a contesti culturali differenti [Berry *et al.* 1992]. Non si deve pensare che lo spazio sociale o culturale entro il quale un individuo vive, *determini* meccanicisticamente la sua impresa intellettuale, per riconoscerne l'importanza per la scienza. D'altra parte, neppure una spiegazione funzionale od una teoria goethiana di *affinità elettive*, ripresa da Weber in sede sociologica, possono dare pieno conto dei concreti passaggi attraverso i quali importanti cambiamenti nella sfera scientifico-culturale hanno preso corpo.

¹⁴⁵ Vedremo questo processo in maggior dettaglio nel prossimo capitolo.

Dietro una ricerca scientifica svolta da uno scienziato, possiamo immaginare le diverse fonti alle quali è biograficamente plausibile che egli abbia attinto risorse cognitive, sia per la definizione del problema particolare da affrontare, sia per la sua (eventuale) risoluzione. Si va dai riferimenti di natura più generalmente culturale (filosofici, religiosi) recepiti nel percorso educativo e sviluppati nella frequentazione del gruppo dei pari e nel proprio personale approfondimento, fino a quelli disciplinarmente più vicini al problema di ricerca, perfezionati nel corso della formazione professionale.

Si può anche supporre, però, che una rivoluzione concettuale, quale certamente può essere considerata quella einsteiniana, in quanto cambia sostanzialmente le risorse cognitivamente disponibili agli individui che con essa entrano "in contatto", possa avere un impatto sull'intera struttura culturale di un'epoca, tanto da avere essa stessa riflessi di ordine socio-culturale. Ciò accresce, evidentemente, l'interesse per un approfondimento cognitivo delle rivoluzioni concettuali che ne evidenzia tanto le fonti quanto gli esiti di carattere generalmente culturale.

Dopo aver sin qui definito il quadro epistemologico del problema costituito dalla relatività delle categorie della conoscenza scientifica e le euristiche attivate da Einstein nella sua ricerca sulla Teoria della Relatività, cercheremo adesso di individuare le principali componenti della *riserva cognitiva* da lui presumibilmente utilizzata. Si tratterà, dunque, di scendere in quella miniera di *sollecitazioni intellettuali e morali antecedenti alla scoperta scientifica* [Crombie 1986 in 1992] che possono aver fornito motivazioni molto profonde, obiettivi tanto fondamentali, da indurre Einstein stesso a confessare in una lettera [1954 cit. in Pais 1982], poco prima di morire:

ero, per ragioni di carattere generale, fermamente convinto che non esista il moto assoluto, e il mio unico problema era come ciò potesse conciliarsi con quello che sapevamo dell'elettrodinamica.

Cercare di spiegare la scoperta einsteiniana dovrà anche essere, e forse soprattutto, cercare di spiegare questa intima convinzione. Inizieremo il nostro esame dai retroscena di quel *processo di relativizzazione* che egli stesso riteneva permeare la storia della fisica, avendogli egli stesso dato un contributo con la sua opera, senza averlo, per altro, portato a conclusione [Prefazione a Jammer 1954]. Vedremo, quindi, il contesto culturale nel quale egli si formò e le fonti scientifiche dirette che furono più influenti.

6.1 Retroscena storico-disciplinare della relatività in fisica

Non solo la storia della filosofia, come abbiamo visto nel Capitolo 4, ma anche la storia della fisica ci mostra che il problema affrontato nella Teoria della Relatività è un problema fondamentale per la teoria della conoscenza. Tenendo conto del fatto innegabile che la conoscenza nasce sempre come prodotto locale, e dunque è *de facto* relativa, possiamo ancora una volta identificarlo con il problema di rispondere contemporaneamente a due questioni intrinsecamente collegate: (a) come varia la nostra conoscenza dei fenomeni naturali in relazione alla nostra condizione (*co-varianza*)? (b) quali sono i gruppi di osservatori in diverse condizioni per i quali tale conoscenza è la medesima (*in-varianza*)?

Nella fisica classica, e segnatamente nella meccanica, questo problema è stato a lungo studiato; ed è proprio nella meccanica che concretamente Einstein ha trovato quella che, per il momento, ci si presenta come la sua soluzione. Vediamo i due "macro-moduli" in cui possiamo logicamente articolare le concezioni relative al nostro problema, prima del compimento della ricerca einsteiniana.

6.1.1 Modulo geometrico o aristotelico-euclideo.

L'antichità ci consegna il problema della relatività nella meccanica imbevuto di una visione che voleva il moto dei corpi come un loro attributo qualitativo dipendente da un ordine del cosmo dato per scontato. Ogni movimento non era altro che un processo di mutamento, in quanto *realizzazione di ciò che, prima, era in potenza, per l'intervento di una causa motrice* (Aristotele). La dinamica non poteva che essere la scienza qualitativa delle disposizioni dei corpi a raggiungere il luogo assegnato loro da un principio cosmologico (*moto naturale*) ed a subire l'azione diretta per contatto di una causa motrice (*moto violento*).

Quest'ordine (meta)naturale, dato immediatamente ai sensi ed ovviamente preesistente ed indipendente dai moti che su di esso erano *a priori* sincronizzati, era a-temporale, spaziotemporalmente astratto. Da esso si poteva sperare di dedurre i molti moti mutevoli osservabili: era *il trionfo dell'ordine che il pensiero astratto mette nel caos dell'esperienza immediata* (Crombie). Ma questa visione semplicistica era particolarmente soggetta alle critiche "relativistiche" classiche, delle quali saranno qui sufficienti alcuni brevi cenni.

A quanto mi risulta, furono gli storici greci a sferrare i primi attacchi agli *assoluti*, ed in particolare Erodoto, con la sua clausola degli *usi come re di tutto*. Ma più importante è per noi quella dottrina sofistica dell'*homo mensura* di Protagora che, nell'interpretazione platonica (*Teeteto*), stabilisce la centralità del riferimento al singolo soggetto umano, per ogni conoscenza sensibile.¹⁴⁶

Da ultimo, accenniamo appena alla dottrina scettica dei dieci *tropi* di Enesidemo, con i quali si argomentava a favore di una generica relatività a partire dalle infinite varietà riscontrabili: negli esseri viventi ed in particolare negli esseri umani, a proposito dei loro costumi e nelle loro credenze; nei cinque sensi, a proposito delle prospettive ottiche e del mezzo attraverso il quale la sensazione ci giunge; ma anche nelle frequenze degli eventi e nelle conseguenti diverse impressioni suscitate in noi o negli stati di coscienza e di età.¹⁴⁷

Inoltre, quella stessa visione scontava una assoluta *non-equivalenza fenomenologica* fra corpi (e più in generale fra sistemi di coordinate) che si trovino in stati di moto differenti. Se essere in quiete assoluta voleva dire essere in equilibrio armonioso con l'ordine cosmologico, ed essere in moto significava essere spinti a cercarlo attraverso un mutamento *qualitativo*, le *invarianze* della meccanica non potevano che essere meri riflessi di quell'ordine geometrico-cosmologico nelle *qualità* più intime dei corpi. Ogni moto è un mutamento, e a rigore è una *qualità* distinta da ogni altra, in particolare dalla quiete, e dunque minor senso riveste la sua misura precisa, rispetto alla determinazione primaria di esistenza o inesistenza. Così come, per lo spazio ed il tempo, ciò che importa primariamente è la differenziazione qualitativa (trascendente) dei luoghi (centro dell'universo, mondo sub-lunare e relazioni con questi), delle direzioni spaziali (alto/basso), degli istanti (prima/dopo) e delle direzioni temporali (passato/futuro). L'unica relatività compatibile con questa visione è quella geometrica, fondata sulle simmetrie di prospettiva della geometria canonizzata da Euclide. Di qui, il nome scelto per questo modulo.

È questa la visione che impedì di fatto lo sviluppo di una teoria scientifica della relatività dei moti, anche se servì a mettere gradualmente a fuoco il problema chiave della fisica, che, ribadiamolo, è quello di riuscire a

contemperare la vitale molteplicità dei moti dei corpi e dei punti vista *relativi*, con il bisogno umano di governo della complessità attraverso l'individuazione di *invarianze*.¹⁴⁸

6.1.2 Modulo dinamico o galileo-newtoniano.

Gli studi condotti durante l'Umanesimo sulla prospettiva e sulle simmetrie spaziali (Alberti, Leonardo) ed anche alcune profonde speculazioni filosofiche rinascimentali (Cusano, Bruno), che non abbiamo qui modo di analizzare, fornirono nuove suggestioni epistemologiche a favore della ricchezza e variabilità dei punti di vista sul mondo, suggerendone contemporaneamente la compatibilità con delle invarianze più simboliche ed astratte, matematizzate. È soltanto con Galileo Galilei e la sua dinamica, però, che si affacciò un nuovo "modulo", anche se solo a livello "fenomenologico", per la relatività (che Leibniz indirizzò, come abbiamo visto a proposito di Kant, verso una incerta china relazionistica).

Divenne chiaro, innanzi tutto, che i risultati di tutte le osservazioni debbono tenere espressamente conto del sistema di riferimento in cui vengono condotte: infatti, basta cambiarlo perché l'immagine del mondo che se ne ricava risulti a tutta prima affatto diversa. Eppure, basta immaginarsi di stare chiuso in una stiva senza oblò, su una nave ferma in porto oppure in una nave in moto rettilineo uniforme in mare calmo, e subito emergono notevoli *invarianze*, ovvero, con termine galileiano, *corrispondenze d'effetti: voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da alcuno*

¹⁴⁸ Nel Capitolo 4 abbiamo già approfondito il concetto di relatività in Aristotele. È qui però il caso di accennare a quel concetto di spazio esposto nella *Fisica* [IV], secondo il quale *non c'è un "luogo" al di fuori delle cose, c'è solo come determinazione geometrica e metrica di una cosa che può subire mutamento; il luogo è cioè la coerenza del rapporto che intercorre fra due corpi* [Düring 1966]. È qui palese il richiamo tanto alla connessione geometrica significata dallo spaziotempo einsteiniano, quanto alla sua nozione metrico-misurativa o operativa, che hanno condotto alcuni a considerare questa concezione aristotelica più vicina a quella della Teoria Generale della Relatività einsteiniana, che non a quella galileiana o newtoniana [Jammer 1954; Sambursky 1956; Kuhn 1962, 1970; Düring 1966]. Tanto più che lo spazio, come anche il tempo, non è in sé una categoria (nel senso stretto di *genere sommo*, ovvero di predicati/proprietà generalissimi): categorie, si ricorderà, sono soltanto il dove ed il quando, *perché sono questi che usiamo nel determinare le collocazioni spaziali e temporali*. Altri spunti *germinali* (Clagett) utili alla definizione più moderna del problema della relatività potrebbero essere rintracciati anche nei fermenti della scienza medievale, soprattutto del Due-Trecento. Se tutto questo va a scapito della esaustività della schematizzazione modulare che stiamo qui tentando, è utile insistere sul carattere eccezionalmente asistematico di questi spunti, per altro storicamente assai interessanti.

¹⁴⁶ Del resto, proprio nel confrontarsi con Protagora, Platone ed Aristotele recepiscono innegabilmente alcuni stimoli che possiamo definire genericamente "relativistici", come ad esempio, rispettivamente, nel *Politico* [263c-d] e nella *Metafisica* [K 6 1063a-b].

¹⁴⁷ Per un approfondimento, si veda utilmente Feyerabend [1987].

di quelli potrete comprendere se la nave cammina oppure sta ferma [Galilei 1632].

Al di là delle cause che effettivamente adduce Galilei¹⁴⁹, è interessante notare che la struttura stessa dell'esperimento mentale qui condotto presuppone comunque un profondo cambiamento del concetto di moto. Esso non è qui più inteso, aristotelicamente, come *qualità* o *stato* di un corpo, una sua *affezione*; bensì diviene *una relazione con uno schema di riferimento, e questa relazione può venir chiamata indifferentemente tanto una proprietà di questa schema quanto una proprietà del corpo. Quest'ultimo può muoversi con velocità enormi senza averne la minima percezione* [Dijksterhuis 1950]. In altre parole, il corpo, rimanendo identico a se stesso, può cambiare stato di moto, così come corpi completamente diversi (un sasso come una stella, e la stessa Terra) possono acquistare il medesimo stato di moto.

Questo processo di trasformazione del concetto di moto da affezione a relazione funzionale¹⁵⁰ era, d'altra parte, già iniziato proprio con Aristotele¹⁵¹ e si era sviluppato nel corso dell'antichità e poi del Medioevo attraverso varie intuizioni, caute ma non per questo poco lucide. Ciò è tanto vero, che l'esperimento (più o meno mentale) della nave era un classico già all'epoca di Galilei, visto che si incontra spesso in letteratura (ad es. Buridano, Oresme, Copernico, Bruno e verrà successivamente ripreso anche da Descartes, Newton, Kant, Mach e, come abbiamo visto nel capitolo precedente, sarà poi sviluppato con notevole fantasia da Einstein nell'esperimento mentale del *treno lungo la banchina* o quello dell'*ascensore nel cosmo*). In particolare, spicca il passo seguente di Giovanni Buridano [in Clagett 1959]:

se infatti qualcuno si trovasse su una nave in movimento, e immaginasse di trovarsi in quiete, e vedesse un'altra nave, in realtà immobile, gli apparirebbe che sia quell'altra nave a

¹⁴⁹ Sarebbe, infatti, opportuno distinguere fra la relatività di Galilei, secondo la quale un movimento comune a più corpi non ha effetti sui moti relativi a un corpo rispetto agli altri, comunque esso sia (dunque, anche per il moto di rotazione della Terra), e quella che, invece, chiamiamo *relatività galileiana*, secondo la quale ciò vale solo per moti rettilinei ed uniformi [Dijksterhuis 1950].

¹⁵⁰ Questo processo è descritto da Cassirer come una conversione dal concetto-*sostanza*, e dalla connessa ricerca di *costanza di cose*, al concetto-*funzione*, ed alla invarianza di relazioni prese come *criteri interpretativi*, cioè ad una forma simbolica oggettiva della natura [1910; 1920]. Koyré, da parte sua, ne parla come di una *sostituzione dello spazio concreto della fisica pregalileiana con lo spazio astratto della geometria euclidea* [1966].

¹⁵¹ Mi sto qui riferendo alla embrionale *doppia relatività* discussa nel quarto capitolo.

muoversi; poiché il suo occhio sarà rispetto a quell'altra nave esattamente come se la propria nave fosse immobile e l'altra in movimento, così come sarebbe anche nel caso contrario. Analogamente poniamo che la sfera del Sole sia del tutto in quiete e che la Terra vada in giro trasportandoci con sé; se immaginiamo di essere in quiete, così come l'uomo che si trova sulla nave che si muove velocemente, il quale non percepisse il moto suo né quello della nave, allora è certo che per noi il Sole prima sorgerà e poi tramonterà esattamente come fa ora quando è lui a muoversi e noi a restare immobili [...] È indubitabilmente vero che, se le cose stessero così come si pone in quest'ipotesi, i fenomeni celesti non sarebbero diversi da come ora ci appaiono.

Complessivamente, all'interno del modulo dinamico che, per comodità eponimica, definiamo *galileo-newtoniano*, vi è, sì, una dipendenza critica delle nostre descrizioni dal sistema di riferimento, ma almeno per una legge fisica quale il *principio d'inerzia*, è già possibile, ciò nonostante, trovare un accordo fra osservatori in stato di moto diverso, almeno in alcuni casi speciali. Possiamo infatti formulare il *principio di relatività galileiana* in questo modo: se esiste un sistema di riferimento in cui vale il principio d'inerzia, nel quale, cioè, i corpi non soggetti a forze conservano il loro stato di moto rettilineo uniforme o di quiete, allora lo stesso vale anche per tutti i sistemi in moto rettilineo uniforme rispetto ad esso (*sistemi inerziali*), perché non vi compare nessuna forza aggiuntiva.

Anche le altre due leggi fondamentali, o *principi*, della meccanica sistematizzate da Newton risultano effettivamente *invarianti* per la scelta del sistema fra tutti quelli inerziali che, ontologicamente distinti da tutti gli altri, risultano epistemologicamente equivalenti fra loro. Si possono, in effetti, individuare per questo ampio, ma ben definito gruppo di osservatori, oltre ad alcune grandezze che rimangono sempre costanti, dunque *assolute* (su tutte spiccano: la distanza fra due punti, la simultaneità fra due eventi, l'accelerazione di un corpo, la forza misurata attraverso allungamenti di una molla e la massa), anche molte grandezze sempre *relative* al sistema di riferimento considerato (le coordinate spaziali della posizione *fisica* di un corpo, la sua velocità, la sua energia cinetica). Ma dato che, appunto, le tre leggi della meccanica coinvolgono soltanto accelerazione, forza e massa misurate ad un medesimo istante, esse risultano proprio invarianti per tutti gli osservatori inerziali.

All'interno di questo modulo persiste, inoltre, la possibilità di uno spazio "vero", assoluto, almeno intellettualmente accessibile, al di là di tutti gli spazi relativi, i soli ai quali i sensi ci diano fisicamente accesso. Ma se i nostri sensi non riescono a discernere spazi e tempi relativi da (eventuali) spazi e tempi assoluti, e se è persino possibile che non esista neppure alcun corpo in quiete al quale poter riferire tutti i luoghi e tutti i moti relativi, come lo stesso Newton ammette [1687sgg], come è possibile giustificare il fatto che esistano delle leggi che sono di fatto *invarianti*, che cioè non sono spazialmente e temporalmente relative (nel senso di *assolutamente relative*), e che noi, di fatto, riusciamo a conoscerle?

Il già esaminato tentativo di *relatività trascendentale* condotto da Kant mirava proprio a conciliare *la relazione che tutte le scienze hanno con la natura umana* [Hume 1739] con la saldezza della scienza, *in primis* della fisica newtoniana: si voleva dedurre rigorosamente questa, a partire dai soli spazio e tempo *assoluti*, concepiti come "*dati internamente*", cioè come categorie *a priori* della possibilità stessa della nostra sensazione [Kant 1781, 1787; 1783]. Ma, come abbiamo anche visto, il tentativo kantiano è risultato fallimentare.

Le grandezze che ancora rimanevano assolute non superarono indenni, però, l'attacco di una "ondata relativistica" che montò in Europa nel corso dell'Ottocento contro diffuse e radicate credenze filosofico-culturali nell'esistenza di verità assolute. Essa culminò, per quanto più da vicino precede Einstein, con le critiche di Mach e Poincaré al concetto di spazio assoluto. Con uno sguardo più ampio, possiamo però definire un intero *milieu culturale* che fa da sfondo alla rivoluzione concettuale einsteiniana, come un archivio cognitivo "a portata di mente".

6.2 Milieu culturale

Vi sono molte potenziali fonti generalmente culturali di *risorse cognitive* particolarmente critiche per la Teoria della Relatività.

Spazio e tempo, ancor più di altre categorie filosofico-scientifiche, infatti, registrarono sul finire dell'Ottocento l'emergere di concezioni innovative, se non proprio "rivoluzionarie", un po' in ogni campo della vita intellettuale. Persino nella letteratura di fine '800, ad esempio, si possono rintracciare delle "consonanze" con la ricerca einsteiniana, che contribuiscono a non renderla un "irrazionale" fatto isolato ed a suggerire un comune riferimento

cognitivo. Scriveva, ad esempio, H.G. Wells ne *La macchina del Tempo* [1896]:

Esistono in realtà quattro dimensioni: le prime tre sono costituite dai piani dello spazio; la quarta è il tempo. [...] Non c'è differenza tra il tempo e una qualunque delle tre dimensioni dello spazio. Perché allora una quarta dimensione ad angolo retto con altre tre? [...] Guardiamo una serie di ritratti della stessa persona a otto, quindici, diciassette, ventitré anni, e così via. Questi ritratti sono la proiezione, e cioè la rappresentazione a tre dimensioni, di un individuo che ne ha quattro.

Sembra più che un "segnale debole" della perdita di individualità distinta fra spazio e tempo, che solo con la Teoria Speciale della Relatività verrà stabilita.

Del resto già il Gulliver dell'irriverente Swift [1726] e, poi, la Alice del logico Dogson [Carroll 1864] avevano sondato la relatività delle dimensioni spaziali, ma anche dei valori morali e più in generale della conoscenza, anche se quotidianamente li prendiamo tutti quanti per assoluti. Il fantasioso Abbott [1884] aveva già ipotizzato per lo spazio, addirittura, *quattro, cinque o persino sei dimensioni*. Né può esser taciuto il ricentramento che avvenne sul soggetto, individualmente inteso, fra l'ultimo scorcio del XIX secolo e gli inizi del XX, con le concezioni filosofiche del tempo di Bergson ed Husserl e quella letteraria di Proust. Ciò non fu troppo dissimile (ma in questo solo aspetto) da quanto Einstein fece su di un *sistema di riferimento*.¹⁵²

Come abbiamo visto, dunque, non soltanto nelle scienze della natura, in particolare nella "dura" meccanica, si vennero a creare dei fermenti, anche se forse non molto più che tali, che noi possiamo oggi, con il vantaggio del distacco storico, considerare potenziali risorse cognitive per la transizione verso un nuovo modulo relativistico nella cultura e nella scienza. Ciò vale, comunque, in primo luogo per la scienza della meccanica, ove prende il nome di *fisica relativistica*.

Occorre però, a questo punto, aumentare un poco l'ingrandimento della lente della nostra indagine sullo scenario concettuale nel quale questa rivoluzione prese corpo, focalizzandola progressivamente su Albert Einstein.

¹⁵² Riflessioni molto accorte sugli aspetti filosofici della Teoria della Relatività si trovano nei quaderni di Paul Valéry [1894-1945].

Sarà qui il caso di considerare, almeno, la *critica delle ideologie* e degli *assoluti astratti* hegeliani (Feuerbach, Marx), la distruzione del *creazionismo delle specie* e del mito della non-animalità dell'uomo (Darwin), il *relativismo storicista* (Dilthey), la distruzione dei miti della *Razionalità classica* (Nietzsche, Freud), il *relativismo storico-economico* (Veblen) e la *relatività generale del mondo* (Simmel).

Approfondiamo ora alcuni di questi esempi per meglio caratterizzare questa ondata critico-relativistica nella filosofia ottocentesca.

6.2.1 La critica degli assoluti hegeliani in Feuerbach e Marx

La critica della filosofia hegeliana condotta da Feuerbach e, a breve distanza e sulla medesima linea metodologica, da Marx, prende corpo da una prima critica: la filosofia di Hegel ha estraniato l'uomo da se stesso, avendo fatto poggiare tutto il suo sistema sull'astrazione dell'essenza della natura al di fuori della natura, dell'essenza dell'uomo al di fuori dell'uomo, dell'essenza del pensiero al di fuori dell'attività del pensare [Feuerbach 1839; 1843]. Una volta "smascherato" questo *segreto della filosofia speculativa*, si scopre che la sua essenza risiede nella *teologia speculativa*, ovvero in quella *teologia che colloca nell'al di qua, rendendolo presente e determinato e attuale, quell'essere divino che appunto la teologia comune ha per paura e per incomprensione relegato, lontano, nell'al di là* [1843].

Di qui, Feuerbach muove per un'indagine *genetico-critica* sul fenomeno religioso, in particolare sulla religione cristiana, che egli conduce *trasformando e riducendo la teologia in antropologia*, secondo l'indicazione che è *l'uomo l'essenza della religione* [1841]. Se *la religione è la prima coscienza che l'uomo ha di se stesso*, allora, è l'uomo a creare il proprio dio a propria immagine e somiglianza, e non viceversa: *come l'uomo pensa, quali sono i suoi principi, tale è il suo dio*. Se ribaltiamo in questo modo il rapporto Dio-uomo scopriamo, infatti, che l'uomo proietta i propri desideri, le proprie speranze, e soprattutto il desiderio di non morire, di essere onnisciente ed onnipotente, proprio in un essere divino. Un ente che, in mancanza di limitazioni, si oggettiva come *ente assoluto* (*alienazione*). Per questo aspetto, anzi, il Dio cristiano personifica addirittura l'immagine dell'intera *specie* umana nel suo complesso e nella sua proiezione storica, in ciò contrapponendosi al singolo *individuo*, a volte in maniera antagonistica.

L'ulteriore passo che Feuerbach intende poi compiere, consiste nel tentativo di esaminare il fondamento antropologico, psicologico e fisiologico alla base della religione. Egli mette, perciò, sotto osservazione l'origine ed essenza stessa della religione, che individua nel senso di dipendenza dell'uomo, nel *bisogno*, nello scarto fra volere e potere e, quindi, in un *desiderio* destinato a rimanere esigenza che non è in nostro potere soddisfare [1846].

Dunque, bisognerà retrocedere la filosofia hegeliana *dal rango dell'assoluta realtà dell'idea al posto assai più modesto di una realtà determinata e particolare* [Feuerbach 1839]. Si dovrà operare una riforma della filosofia per mettere capo ad una *filosofia dell'avvenire* ispirata al seguente imperativo metodologico [1844]:

non essere filosofo e uomo distintamente; non essere null'altro che un uomo pensante; non pensare in quanto pensatore, cioè valendoti di una facoltà di per se stessa isolata e scissa dalla totalità dell'uomo reale; pensa come essere vivente e reale, perché in quanto tale tu sei esposto all'influsso vivificante e rianimatore dei flutti del mare universale; pensa inserendoti nell'esistenza, nel mondo, e considerandoti una parte di esso: non pensare nel vuoto dell'astrazione come una monade isolata, come un monarca assoluto, come un dio che sta al di fuori del mondo e non vi partecipa; allora soltanto tu potrai ottenere che il contenuto del tuo pensiero costituisca un'unità di pensiero ed essere.

Ma questa linea di intenti non troverà grande sviluppo nelle opere successive dell'Autore. In stretto parallelismo con questo ragionare, e con ascendenze che ammontano alla critica antiplatonica che già fu di Aristotele, Marx argomenterà un medesimo rifiuto del *pensare-in-astratto*, del pensiero concepito come isolato da alcunché e separato dalla dimensione temporale in cui deve invece essere sempre collocato, e più in generale, di tutte le *astrazioni storiche* [Marx, Engels 1845-6]. Egli inizierà di qui la sua ricerca dei *nessi reali* sottostanti alle categorie dell'economia politica, che ne emergeranno profondamente trasformate. Quelle categorie che costituivano il fondamento del *mistero della costruzione speculativa* di Hegel, infatti, risulteranno delle *ipostasi, astratte generalizzazioni o essenze intellettuali* nelle quali l'universale come tale veniva fatto *per sé sussistente*.¹⁵³ Ad

¹⁵³ Si veda su questo punto l'illuminante saggio di Colletti [1958 in Colletti 1969, cap. VI].

esempio, invece di essere lo Stato il prodotto dell'individuo, come la sua più alta realtà sociale, era al contrario il singolo uomo empirico, l'empirica persona, ad essere un prodotto dalla suprema realtà dello Stato [1842-3]. Un simile *smascheramento* metterà capo al tentativo di *rovesciamento del rapporto soggetto-predicato*, rifondando quelle categorie sul loro *reale presupposto*, sulla loro concreta *base materiale*. Esse divengono, così, delle *astrazioni determinate*, cioè un prodotto della storia degli uomini [Marx 1842-3; Marx 1843; Marx, Engels 1845-6].¹⁵⁴

Un ultimo punto conviene ora discutere, seppur brevemente, per una forte consonanza con un aspetto che sarebbe poi venuto a costituire una delle basi concettuali della teoria einsteiniana. Marx così scrive a proposito del *computo naturalismo o umanismo* che dovrebbe risolvere la contrapposizione (apparente) fra idealismo e materialismo ingenuo [Marx 1844]:

Un ente non oggettivo è un *non-ente*. Supponete un ente che non sia oggetto né abbia un oggetto. Un tale ente sarebbe innanzi tutto l'*unico* ente, non esisterebbe alcun altro fuori di lui, esso solo esisterebbe, solitario. Giacché subito che si danno oggetti fuori di me, subito che non ci sono io *solo*, io sono un *altro*, un'*altra realtà* che non l'oggetto fuori di me. Per questo terzo oggetto io sono dunque una realtà altra da esso, cioè suo oggetto. Un ente che non è oggetto di un altro ente presuppone dunque che *non* ci sia ente oggettivo. Tosto che ho un oggetto, questo oggetto ha me stesso come oggetto. Ma un ente *non oggettivo* è un ente irrealé, non sensibile, soltanto pensato, cioè soltanto immaginato, un ente dell'astrazione. Esser sensibile, cioè reale, è esser oggetto di senso, esser oggetto *sensibile*, dunque avere oggetti sensibili fuori di sé, avere degli oggetti della propria sensibilità. Esser sensibile è esser *passivo*.

Si noti la consonanza di questa critica con quella che Einstein avrebbe portato alla concezione tradizionale (pregiudizi) di *spazio assoluto*, *tempo assoluto* ed *etere elettromagnetico*. A titolo di esempio, così egli scrive a proposito del continuo dello spazio-tempo: *il concepire una cosa che agisce essa stessa, ma sulla quale non è possibile agire, è contrario alla linea del pensiero scientifico* [1921sgg].

Altrove, in un'appendice del 1952 a [Einstein 1917], così precisa:

¹⁵⁴ Sul concetto di *astrazione determinata* si veda [della Volpe 1950, 1969].

Secondo la meccanica classica e secondo la teoria della relatività ristretta, lo spazio (spazio-tempo) ha un'esistenza autonoma rispetto alla materia o al campo. Per poter descrivere in generale ciò che riempie lo spazio e che dipende dalle coordinate, lo spazio-tempo o il sistema inerziale con le sue proprietà metriche deve essere pensato come già esistente *a priori*, poiché altrimenti la descrizione di "ciò che riempie lo spazio" non avrebbe significato. Secondo la teoria della relatività generale, invece, lo spazio non ha un'esistenza separata rispetto a "ciò che riempie lo spazio" e che dipende dalle coordinate. [...] Non esiste qualcosa come uno spazio vuoto, ossia uno spazio senza campo. Lo spazio-tempo non pretende di avere un'esistenza per proprio conto, ma soltanto una qualità strutturale del campo. [...] non esiste spazio "vuoto di campo".

Ma, tornando a Marx, ben presto le esigenze di *trasformazione* proprie della prassi politica e politico-economica, per dirla parafrasando le *Testi su Feuerbach* [1845], inizieranno a prendere il sopravvento sull'approfondimento metodologico dell'*interpretazione* del mondo, che qui, in verità, era appena avviata.

6.2.2 Il prospettivismo di Nietzsche

In maniera non troppo dissimile, Nietzsche conduce una critica altrettanto radicale, non soltanto contro i valori morali e religiosi, ma anche contro tutti gli *idoli* (ideali) tradizionali.

In particolare egli denuncia come prima *idiosincrasia dei filosofi* il loro *egizianesimo* a proposito delle categorie [1888a]:

Credono di rendere *onore* a una cosa destoricizzandola, *sub specie aeterni* - facendo di essa una mummia. Tutto quello che i filosofi hanno avuto tra le mani per millenni, erano mummie di concetti; nulla di reale uscì vivo dalle loro mani. Questi signori idolatri del concetto, quando adorano, uccidono, imbalsamano - diventano un pericolo mortale per ogni cosa, quando adorano. La morte, il mutamento, la vecchiaia, così come la procreazione e la crescita, per loro sono obiezioni - addirittura confutazioni.

Ciò che è, non *diviene*; ciò che *diviene*, non è ... allora credono tutti, addirittura con disperazione, a ciò che è. Ma giacché non arrivano a possederlo, cercano le ragioni per cui ne vengono privati. "Dev'esserci una finzione, un inganno, nel fatto che non percepiamo ciò che è; dove si nasconde l'ingannatore?" - "Lo abbiamo", gridano beati, "è la sensibilità! Questi sensi, *per altro sempre così immorali*, ci ingannano sul vero mondo. Morale: liberarsi dall'inganno dei sensi, dal divenire, dalla storia, dalla menzogna, - la storia non è altro che fede nei sensi, fede nella menzogna. [...] E soprattutto basta con il *corpo*, questa miserevole *idée fixe* dei sensi! Affetto da tutti gli errori della logica che esistano, confutato, persino impossibile, eppure tanto impudente da atteggiarsi a reale!" [...] Eraclito avrà eternamente ragione [solo] in questo, che l'essere è una vuota finzione. Il mondo "apparente" è l'unico: il "mondo vero" è soltanto un'aggiunta menzognera...

Questa imbalsamazione del concetto operata dall'essenzialismo, con il prescindere dai processi di trasformazione, è un ribaltamento del *concetto concreto* hegeliano, in quanto mira a *smascherare* l'umano che si cela, *de facto*, sotto l'ideale. Ma, si noti, il *rovesciamento di tutti i valori* [1886; 1888b] non passa per una semplice sostituzione con altri valori, ma per l'affermazione di un *prospettivismo di ogni valore* [1878-9], che è la "dichiarazione programmatica" di una vera e propria teoria della relatività dei valori della morale. Se la distruzione di tutti gli assoluti della tradizione occidentale avviene smascherandone la relatività e contingenza, relative e contingenti risulteranno, infatti, anche tutte le altre tradizioni, vecchie e nuove. Ma siamo, tuttavia, costretti a fornirci di "strumenti mummificatori": per sopravvivere, addirittura biologicamente, abbiamo la necessità di mummificare il divenire per poterlo conoscere.

Non soltanto, però, la critica agli assoluti che Nietzsche conduce non è sistematica (le preferenze in ordine allo stile filosofico certamente non lo assistevano in questo), anzi possiamo concordare che *egli intuisce una nuova dimensione, ma non è in grado di spiegarla* [Fink 1960]. Siamo, comunque, su una delle creste più alte dell'ondata relativistica demolitrice. E siamo anche molto vicini all'innesto della *pars construens* specifica della ricerca einsteiniana: per Nietzsche, i primi assoluti da smascherare sono, infatti, le categorie classiche, e fra di esse sveltano proprio quello spazio e quel tempo sui quali Einstein riuscirà, di lì a poco, a gettare qualche nuovo lume.

6.2.3 La visione relativistica di Simmel

Infine, prendiamo ora in considerazione la dottrina relativistica di Simmel, come viene esposta nella sua opera capitale, *Filosofia del denaro* [1900,1907].

Per sviluppare il suo studio economico-sociale della categoria di *moneta*, quale *culmine ed espressione più pura del concetto di valore economico*, Simmel sente l'esigenza di inserire la formula di questo valore all'interno di una *formula del mondo*, che denomina *visione relativistica*, e che si distacca radicalmente da quella che egli chiama la *visione usuale*. Così scrive per caratterizzare la *visione usuale* [ivi]:

Siamo soliti organizzare le prime impressioni che ci offre un oggetto separando una sostanza permanente ed essenziale dai suoi movimenti, colorazioni, destini, la cui presenza o assenza lascia immutata la solidità della sua essenza. Questa articolazione del mondo in nuclei persistenti di fenomeni passeggeri e in determinazioni casuali di portatori costanti si trasforma nella contrapposizione tra l'assoluto e il relativo.

Ma, osserva, la scienza come e meglio di altre culture, sta uscendo dalle secche di questa non più fruttuosa dicotomia, mostrando la sua caratteristica dominante nell'esprimere le qualità delle cose, non più in termini di sostanze, ma come determinazioni quantitative, quindi relative (*funzioni*, in termini cassireriani).

Ma, se è vero che *molto di ciò che era stato ritenuto a priori un tempo, è stato riconosciuto più tardi come empirico e storico*, non bisogna confondere grossolanamente *relativismo* con *scetticismo*. E proprio qui si mostra la continuità epistemologico-cognitiva fra l'analisi simmeliana e quella einsteiniana [ivi]:

la relatività [della verità] non è una qualificazione aggiuntiva che indebolisce un concetto di verità per il resto autonomo, ma è l'essenza stessa della verità, è il modo in cui le rappresentazioni diventano verità, è il modo in cui gli oggetti del desiderio diventano valori. [...] L'euristica, che è la pura conseguenza dell'applicazione del principio relativistico alle categorie della conoscenza, può sopportare senza contraddizione il fatto di

essere essa stessa un principio euristico. [...] Il relativismo tende a dissolvere ogni assoluto che gli si presenta come fondamento di questa nuova relazione.

Simmel argomenta, infatti, sulla necessità di *dissolvere le rigidità dogmatiche nel processo vitale e continuo della conoscenza*, tenendo fermo come principio fondamentale la seguente osservazione:

Storicamente, la mente, con tutte le sue forme e i suoi contenuti, è un prodotto del mondo, proprio di questo mondo che, in quanto prodotto di rappresentazione, è allo stesso tempo prodotto dalla mente. Fissate in concetti rigidi, queste due possibilità genetiche producono una contraddizione angosciante. La cosa è diversa, però, se ognuna vale come principio euristico che si trova con l'altra in rapporto di interazione e di reciproca scambiabilità. [...] la contrapposizione si trasforma in interazione e la reciproca negazione si trasforma nel processo senza fine di questa interazione.

È così, insomma, che per Simmel bisogna coniugare i due principi euristici fondamentali: quello di *cercare in ogni fenomeno esistente le norme a priori che lo formano*, e quello di *ricondere ogni singolo a priori (ma non l'a priori in generale) alla sua origine genetica nell'esperienza*. La vicinanza all'*euristica covarianza/invarianza* che abbiamo incontrato nella ricerca di Einstein di una teoria della relatività è, a questo punto, esplicita. Ma gli ulteriori sviluppi del pensiero di Simmel, che metteranno capo ad una *metafisica della vita*, non ci portano più altri sviluppi utilizzabili in questa sede.

6.2.4 La generazione di Einstein

Ma stringiamo per un attimo l'obiettivo su quella che è stata definita la *generazione di Einstein*. Nello studiare il pensiero sociale europeo fra il 1890 ed il 1930, Stuart Hughes osserva che, effettivamente, nel corso di quegli anni molti *pensatori* (sociologi, politologi, psicologi, storici, filosofi e letterati) arrivarono indipendentemente a *teorie sorprendentemente simili*, ad un comune stile di pensiero, costituendo così un comune fondo di *idee*

sociali e morali. Egli così definisce questo patrimonio cognitivo comune [Stuart Hughes 1958]:

Un altro modo di definire la loro epoca consisterebbe nel notare che essa fu il periodo in cui, per la prima volta, si fece avanti imperiosamente la posizione soggettiva dell'osservatore della società [...] razionalisti ed empiristi erano d'accordo nel constatare un'identità di vedute tra attore e spettatore nel processo sociale, e nell'ipotesi che questa comune posizione fosse quella richiesta dall'indagine scientifica o dall'etica utilitaristica. Si era sostenuto che tutti gli altri punti di vista potevano essere abbandonati o scartati come intrusioni di emozioni estranee. Ora, quasi all'improvviso, molti pensatori, indipendentemente l'uno dall'altro, cominciarono a domandarsi se quei complessi fatti emotivi, ben lungi dall'essere elementi meramente estranei, non potessero essere piuttosto l'elemento centrale della storia. [...] scoprirono che l'uomo, in quanto è attore nella società, raramente è influenzato in modo decisivo da considerazioni razionali; valori sopra o infra-razionali, di un genere o di un altro, guidano di solito la sua condotta.

Se ci atteniamo ad un'analisi di medesima scala prospettica, e traduciamo *posizione soggettiva dell'osservatore della società con sistema di riferimento dell'osservatore fisico*, non è avventato includere Albert Einstein nella medesima schiera di *pensatori* cui Stuart Hughes si riferisce di preferenza, e cioè: Freud, Durkheim, Mosca, Bergson, Meinecke, Weber, Troeltsch, Croce, Benda, Pirandello, Alain, Gide, Proust, Péguy, Jung, Mann, Michels, Hesse.

A proposito di Einstein, effettivamente, Ortega y Gasset, un altro che entrerebbe di diritto in quella già nutrita schiera, invitava i filosofi a riflettere sulla Teoria della Relatività in questi termini [1921]:

Si osservi come la prospettiva, il punto di vista, acquisiscano un valore oggettivo, mentre fino ad ora erano considerati deformazioni che il soggetto imponeva alla realtà. [...] L'individuo per conquistare il massimo possibile di verità non dovrà, come si è andato predicando per secoli, eliminare il suo spontaneo punto di vista per far posto ad un altro esemplare e

normativo che si soleva chiamare "visione delle cose *sub specie aeternitatis*". Il punto di vista dell'eternità è cieco, non vede nulla, non esiste. Al posto di ciò, cercherà di essere fedele all'imperativo unipersonale che rappresenta la sua individualità.

Segnalare la comunanza della ricerca einsteiniana fino alla Teoria della Relatività, con ricerche in campi assai differenti, non vuole qui né sminuire il duro lavoro individuale, che sappiamo impegnò lo scienziato per almeno un decennio, né offuscare le specificità della Teoria della Relatività. Vuole soltanto contribuire a cercare una spiegazione della scoperta einsteiniana entrando nel serbatoio cognitivo *specifico ma non esclusivo* di Einstein; ed a ciò può essere di qualche aiuto una riflessione critica sulla categoria sociologica di *generazione*.

Dopo le elaborazioni romantiche nel corso dell'Ottocento, tale categoria è stata sviluppata nell'ambito delle scienze sociali da José Ortega y Gasset [1923; 1929] e Karl Mannheim [1927 in Mannheim 1964], ed utilizzata più recentemente da Feuer proprio nello studio sociologico della *generazione di Einstein* [Feuer 1982]. È questa la concezione che merita almeno un breve cenno.

Feuer parla esplicitamente della *generazione del 1905* come di quella generazione che condivide una *linea isoemozionale* che può essere qualificata come rivoluzionaria ed è ben rappresentata dall'idea della relatività, *dal relativismo economico al relativismo morale e fisico*. Per noi il 1905 è, effettivamente, un anno particolare, come avremo modo di vedere nelle rapide notizie biografiche su Einstein. Ma finché una nozione di generazione è basata sulle date di nascita, è destinata a rimanere alquanto vaga e, tutto sommato, poco utile alla ricerca.

Nella medesima "generazione", per dirne una, rientrano Freud, classe 1856, ed Einstein, classe 1879: la differenza di ventitré anni, più vicina a quella fra genitori e figli che non tra fratelli, a rigore, ci spingerebbe a collocarli in classi d'età, cioè generazioni, diverse. Sarà, dunque, utile svincolare il concetto di generazione da una mera collocazione temporale della nascita e da sfuggenti "linee isoemozionali", così scarsamente controllabili da non poter essere condotte oltre il confine di generiche affermazioni di "rivoluzionarietà" o "conservatorismo".

Noi legheremo il concetto di *generazione*, invece, alla definizione di un serbatoio cognitivo comune, che abbia costituito un ingrediente essenziale per esiti, eventualmente, qualificabili come "rivoluzionari" piuttosto che "conservatori". Pur essendo per altri riguardi eterogenei, quegli individui

possono effettivamente aver ricevuto *simili* risorse cognitive oltre che conoscitive, per essersi trovati in una *simile* situazione formativa.

Vediamo, dunque, più da vicino le fonti cognitive che più direttamente influirono, presumibilmente, sulla ricerca einsteiniana, con l'idea di mettere a fuoco la sua "formazione culturale".

6.3 Le risorse culturali della formazione di Einstein

La generazione di Einstein, ridefinita in senso socio-cognitivo, è ben rappresentata da quella comunità, o meglio contro-comunità, che si stabilì in Svizzera all'inizio del XX secolo, e che vide Einstein stesso come uno dei suoi esponenti di maggiore spicco. A questo punto, qualche breve nota biografica potrà servire da utile introduzione.¹⁵⁵

6.3.1 Profilo biografico degli anni giovanili

Einstein nacque nel 1879 ad Ulm, piccola città portuale sul Danubio, nel Württemberg, da Hermann e Pauline Koch. Entrambe le famiglie dei genitori erano ebrei e, stabilitesi nella zona ormai da alcuni secoli, erano tradizionalmente dedite al commercio ed all'artigianato. Quella in cui visse Albert può essere considerata una colta e liberale famiglia ebrea tedesca, non osservante, non ricca, ma desiderosa di integrarsi socialmente (non a caso, i nomi messi ai due figli, Albert e Maria (Maja), erano chiaramente non ebrei).

Molto presto gli Einstein si trasferirono a Monaco, dove Hermann, che aveva dovuto rinunciare in precedenza ad iscriversi all'università per subentrare a suo padre nelle attività di commercio in materassi di piume, si era poi messo in società con l'intraprendente fratello ingegnere elettrotecnico. I due avevano aperto una piccola officina per la costruzione di strumenti e attrezzature elettriche, che fallì però di lì a pochi anni. Pauline, di famiglia più agiata del marito, colta e creativa, aveva un vero amore per la cultura e per la musica classica in particolare, che trasmise intatto al figlio sin da quando questi era molto piccolo. In casa, Albert ebbe *un ambiente caldo, solido e stimolante* [Pais 1982], frequentò scuole

¹⁵⁵ Si sono utilizzate le seguenti fonti secondarie: Bernstein [1973], Brian [1996], Clark [1973], Martin [1979], Pais [1982].

cattoliche molto rigide e, fra gli undici e i quindici anni, il *Gymnasium Luitpold* di Monaco.

Il padre, matematico mancato, amava ripetergli il motto degli abitanti di Ulm, che ad alcuni biografi è suonato "profetico": *Ulmenses sunt mathematici*. Gli esordi della sua formazione scientifica si debbono, però, allo zio ingegnere e ad un giovane studente in medicina, Max Talmud (poi mutato in Tamey). Questi fu ospite regolare di casa Einstein un giorno a settimana per diversi anni, in osservanza alla tradizione del *Sabbat* di invitare a pranzo uno studente ebreo povero. Il primo si divertiva ad insegnargli algebra e geometria, e senz'altro possiamo immaginare che abbia suscitato la curiosità del piccolo nipote, portandolo nel laboratorio attiguo alla bella villetta bifamiliare che condivideva con il fratello. Il secondo, invece, aveva spiccati interessi filosofici, e si sdebitava dell'ospitalità offertagli, guidando le letture di divulgazione scientifica del piccolo Albert e, a dodici anni, facendogli studiare la filosofia di Kant, instaurando insomma con lui una sorta di *complicità intellettuale* [Martin 1983].

Ma nel 1894, in seguito al fallimento dell'azienda paterna, i genitori dovettero trasferirsi in Italia, a Milano, per cercare di risollevare le proprie sorti economiche. Hermann aprì una piccola attività a Pavia, grazie all'interessamento di un cugino della madre che si trovava già a Genova. Ma anche in questo caso ebbe sorti sfortunate.

L'introverso e impertinente Albert, rimasto da solo presso una famiglia di conoscenti, dovette suo malgrado continuare a frequentare l'Istituto Kaiser Wilhelm, in attesa di espletare gli obblighi di leva. L'anno dopo, in preda alla disperazione ed all'insaputa della famiglia, si procurò un certificato medico che ne attestava la *particolare emotività e sofferenza*, in seguito all'abbandono da parte della famiglia, e suggeriva di lasciarlo andare immediatamente a Milano. Ma proprio allora fu praticamente cacciato dal Preside, per indisciplina. Ai genitori, Albert disse che si sarebbe preparato da solo agli esami di ammissione al prestigioso Politecnico di Zurigo, appoggiandosi ad una lettera favorevole a tale decisione da parte del suo insegnante di matematica ed all'antico desiderio paterno di vederlo ingegnere. Anche se, personalmente, avrebbe preferito continuare gli studi filosofici.

All'esame, però, ricevette una prima bocciatura. Ma alcuni membri della commissione, incuriositi dalle sue capacità in matematica e fisica, gli suggerirono di iscriversi alla vicina scuola cantonale di Aarau, dove regnava una disciplina non autoritaria, totalmente diversa da quella del *Gymnasium*,

per ottenerne la maturità. Abbandonata la cittadinanza tedesca, il 29 ottobre 1896 si iscrisse al sospirato Politecnico, da residente a Zurigo ma apolide, e mantenuto da un assegno periodico dei cugini di Genova, venuti in soccorso economico di suo padre.

Nell'estate del 1900, superò l'esame finale in maniera non particolarmente brillante, ottenendo una votazione di 54, la quarta fra i quattro studenti promossi (su cinque candidati presentatisi), mentre la sua futura moglie venne bocciata con 44. Non venendo considerato dai suoi insegnanti per una posizione come assistente, si diede a piccoli insegnamenti in scuole private, finché, il 16 giugno del 1902 ottenne un'assunzione in prova all'Ufficio Brevetti di Berna, dove si era nel frattempo trasferito e dove si sposò nel gennaio successivo. Ma gli rimaneva molto tempo per studiare la fisica: fino a che, nel 1905, la sua vita cambiò e di lì a poco venne conosciuto in tutto il mondo.

Nel corso di quell'anno, infatti, lo sconosciuto ventiseienne, che aveva già pubblicato sulla prestigiosa rivista *Annalen der Physik* cinque articoli di non particolare rilievo, conclude sei lavori, che si riveleranno tutti fondamentali nella storia della fisica. Ecco la sua produzione scientifica del 1905:

[1905a] il 17 marzo termina il secondo articolo storicamente fondamentale per la teoria quantistica (dopo quello di Planck del 1900), nel quale venne sostenuto per la prima volta che, oltre a potersi raffigurare la luce durante la sua propagazione come quantizzata, si poteva fare altrettanto per emissione ed assorbimento da parte della materia. In esso si ricavava anche un buon valore per il *numero di Avogadro*, con il primo dei tre differenti metodi che Einstein escogitò a questo scopo, nel giro di nemmeno due mesi. L'articolo verrà pubblicato dalla rivista *Annalen der Physik* e sarà il lavoro al quale farà riferimento la motivazione del Nobel per la Fisica del 1921 (assegnato però soltanto nel 1922).¹⁵⁶

[1905b]: il 30 aprile termina la sua tesi di dottorato (una prima versione non era stata giudicata sufficiente l'anno prima) dal titolo *Su una nuova determinazione delle dimensioni molecolari*, che gli fornirà un secondo metodo (qui viziato ancora da un piccolo errore) per ricavare il valore del numero di Avogadro, e rafforzerà la cosiddetta ipotesi molecolare, cioè la teoria atomica della materia. La tesi verrà pubblicata ancora una volta dagli *Annalen der Physik* l'anno successivo, risultando poi un articolo citatissimo.

¹⁵⁶ Si noti che nella motivazione al Nobel, non si fa alcun riferimento alla Teoria della Relatività. La si accenna solamente nel discorso di presentazione tenuto da Arrhenius, ma trattandola come *teoria epistemologica*. Ciò provocò l'ilarità di Einstein ed è lecito sospettare che contribuì, con il carattere che aveva, a fargli disertare la cerimonia ufficiale di premiazione.

Ma vi sono altri tre articoli di Einstein fra gli undici più citati nello stesso periodo [Pais 1982].

[1905c]: l'11 maggio sempre alla stessa rivista giunge un articolo sul moto browniano, in cui si descriveva un terzo metodo per misurare il *numero di Avogadro*.

[1905d]: il 30 giugno ancora la stessa rivista riceve il primo articolo sulla Teoria Speciale della Relatività.

[1905e]: è ora la volta del secondo articolo sulla Teoria Speciale, nel quale appare la famosa equivalenza fra massa ed energia $E=mc^2$.

[1905f]: il 19 dicembre, infine, arriva agli *Annalen* un ultimo articolo, ancora sul moto browniano.

Ai lavori pubblicati nel 1905 seguirono cinquantotto pubblicazioni nel periodo che va dal 1906 al 1914, così distribuite: 8 sulla teoria molecolare, 13 su quanti e fotoni, 8 sulla termodinamica, 15 sulla teoria generale della relatività e 14 sulla teoria della gravitazione.

La Teoria della Relatività vedrà la luce fra il 1905 (Teoria Speciale) ed il 1915 (Teoria Generale), ed una seconda fonte va di conseguenza ricercata in quella *comunità*¹⁵⁷ di giovani intellettuali e politici rivoluzionari che egli frequentò nel periodo che va dagli studi al Politecnico di Zurigo (1896), al lavoro presso l'ufficio brevetti di Berna e poi fino ai primi insegnamenti universitari tenuti a Zurigo e Praga (aprile 1914), dopo di che passerà all'università di Berlino.

6.3.2 La contro-comunità svizzera

Siamo di fronte ad un laboratorio politico-intellettuale in cui cova, effettivamente, una *rivoluzione generazionale*, ben ricostruita da Feuer [1982]. Il diritto d'asilo politico contenuto nella Costituzione svizzera (1848) aveva contribuito, infatti, a disegnare fra Berna, Basilea, Ginevra e soprattutto Zurigo, allora denominata la *Atene sul Limmat*, i contorni di uno dei più vivi centri dell'attività intellettuale europea. Un *melting pot* della cultura europea vi si veniva costituendo, anche in seguito alle persecuzioni di ebrei e rivoluzionari in mezza Europa.

¹⁵⁷ Si tratta di una *comunità* anche intesa nel senso tecnico di Tönnies [1887].

Lì si ritrovavano "epistemologie delle credenze" dalle ascendenze più varie: Marx, Darwin, Veblen, Mach. Vi nasceva un "angolo di Russia" alla vigilia della rivoluzione d'Ottobre, con Rosa Luxemburg, Alexandra Kollontaj, Plechanov, Lenin, Trockij, per non citare che i suoi ospiti russi più famosi. E stava anche diventando la culla del movimento sionista, ad opera soprattutto di Theodor Herzl e Chaim Weizmann. Rappresentanti dell'intelligentsia continentale, ma anche del resto del mondo, vi giungevano anche solo per sprovvincializzarsi, per respirare l'aria del nuovo secolo, con lo spirito di "dar fuoco alle polveri", di scardinare la società ereditata dai padri con tutti i suoi valori. Fra i più "irrequieti" vanno senz'altro ricordati Benito Mussolini e Friedrich W. Adler. Il primo era allora un giovane socialista e sarebbe divenuto un futuro ammiratore della Teoria della Relatività, tanto da voler collocare il *fascismo* (definito *super-relativista*) nell'alveo intellettuale dell'opera einsteiniana [Mussolini 1921]. Il secondo, figlio del fondatore del Partito Socialdemocratico austriaco, Victor, ed amico fraterno di Einstein, era allora un giovane intellettuale, e sarebbe stato presto autore della prima traduzione in tedesco di *La teoria fisica* di Duhem, con prefazione di Mach. Per "fervore rivoluzionario" inoltre ... assassinerà il Presidente del Consiglio dell'Austria, Karl von Stürgkh nel 1916, divenendo in seguito esponente di spicco dell'Internazionale socialista e punto di riferimento della corrente filosofico-politica dell'*austro-marxismo*.

Possiamo a questo più stretto riguardo concordare con le linee generali di Stuart Hughes [1958], secondo il quale siamo qui dinanzi ad un *comune fondo di idee* centrato sulla emersione irruente del ruolo del soggetto, sia esso agente *politico-sociale* o osservatore *fisico* del mondo. Ma, entro quel *circolo marxista-machiano* di Zurigo-Berna (Feuer), bisogna pensare soprattutto a quei giovani ebrei intellettuali (Einstein stesso, Habicht e Solovine), che diedero vita alla informalissima *Akademie Olympia*, una sorta di *cenacolo* filosofico-culturale. E poi, a quella cerchia di comuni amici (Adler, Besso ed i matematici Grossman e Mileva Maric, prima moglie di Einstein) che vi stavano maturando le loro convinzioni fondamentali, in adesione alla filosofia di Ernst Mach ed ai fermenti rivoluzionari tesi a sovvertire ogni "ordine assoluto", nella pratica politica come nella teoria scientifica.

Einstein, rimanendo sempre *pas très rouge, pas très juif* e coltivando sempre una fervida religiosità assai "laica", cioè orientata alla moralità più che alla fede, più intellettuale e culturale che dottrinaia [v. ad es. Einstein 1934], lavora all'Ufficio Brevetti di Berna, facendo le sue ricerche sui fondamenti della fisica da *provvinciale, scientificamente e mantenendo scarsissimi legami con il corpo dei fisici contemporanei* [Clark 1973]. Nel 1907, finalmente, riceve una chiamata come *professore extraordinarius* all'Università di Zurigo, grazie al rifiuto di

quella posizione da parte di Adler, rifiuto che questi aveva posto proprio allo scopo di favorire lo stimatissimo amico.

In questa *marginalità sociale* egli trova ovviamente dei limiti, legati sia al mancato aggiornamento sulle pubblicazioni che gli sarebbero particolarmente utili, sia alle grandi difficoltà nel procurarsi libri e riviste. Ed all'essere, più in generale, tagliato fuori dal mondo accademico. Ma vi trova anche, ed anzi proprio per questo, una preziosa occasione cognitiva: grazie a questa sua *marginalità* (di cui più d'una volta sembrò farsi vanto) egli riesce a "guardare indietro" verso i fondamenti della sua disciplina con grande spregiudicatezza, senza l'assillo di scadenze o ossequi dottrinari, ed a coniugare con grande originalità, la sua passione per la fisica teorica con l'attenzione verso un approccio sperimentale, pragmatico.

Ebbe così origine lo stile tipico di Einstein nell'approccio ai problemi: grande ambizione nel formulare i problemi, spinta immaginativa nel cercare impervie vie di risoluzione, estrema formalità e consequenzialità nell'argomentare, ma attenzione a tradurre i problemi più astratti o teorici in questioni concrete. E venne inoltre dispiegandosi il suo radicamento in quel processo culturale di relativizzazione che abbiamo appena esaminato, che di lì a poco lo avrebbe portato alla formulazione della Teoria Generale della Relatività.

6.3.3 La cultura ebraica

Il primo filone culturale che troviamo nella formazione di Einstein è rappresentato dall'*ebraismo* a cui venne introdotto dalla famiglia, e che sembra egli abbia preso particolarmente sul serio almeno fino all'età di dodici anni (così, almeno, dichiarò in seguito), sicuramente più dei suoi stessi genitori, i quali si considerarono sempre dei "liberi pensatori". Mi è qui impossibile dedicare a questo argomento affascinante poco più che qualche osservazione di passaggio, però sufficiente ai nostri scopi. Scrive Einstein nel 1939 [in Einstein 1950]:

le convinzioni necessarie e determinanti per il nostro comportamento e per i nostri giudizi non possono essere trovate semplicemente seguendo questo concreto metodo scientifico. [...] tali fini fondamentali [...] esistono in una società sana come potenti tradizioni, che agiscono sul comportamento e le aspirazioni e i giudizi degli individui [...] I principi più alti che

stanno alla base delle nostre aspirazioni e dei nostri giudizi ci sono indicati dalla tradizione religiosa ebraica e cristiana.

Del resto, non può essere un caso se, alla morte di Weizmann nel 1952, Ben Gurion incaricò il suo ambasciatore a Washington, Abba Eban, di proporre ad Einstein di diventare Presidente d'Israele, su decisione di Ben Gurion e del suo governo (ricevendo, per la verità, un rifiuto molto garbato).¹⁵⁸

Si può, in effetti, concordare con Merlau-Ponty, secondo il quale *Einstein si escludeva dalla comunità dei fedeli della religione ebraica, proclamando la propria appartenenza a quella dei Giudei* [1993]. Anche nelle sue opere, del resto, è palese il riconoscimento di una appartenenza che, più che religiosa, meglio definiremmo *culturale*.

Con tutt'altro spirito ed intenti, la propaganda antisemita nazista non ebbe dubbi nell'individuare nella Teoria della Relatività una matrice ebraica ed in Einstein un *fisico talmudico*, suscitando dimostrazioni di piazza a lui ostili già a partire dal 1920.

Vi fu, indubbiamente, un'esagerazione, per altro indotta da tutt'altre urgenze. Così fu riconosciuto persino del governo nazista stesso, che sul finire della guerra dovette constatare il danno che aveva causato alla Germania l'aver rifiutato aprioristicamente la "scienza ebraica", lasciandola lunghezze indietro nella fisica teorica ed anche nelle applicazioni belliche.

Una tale campagna "anti-relativistica" fu anche alimentata da quella che, benevolmente, potremmo definire una "svista" scientifica, anch'essa risalente al 1920, da parte del cosiddetto *Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher zur Erhaltung reiner Wissenschaft* (Gruppo di lavoro di ricercatori tedeschi per la conservazione della scienza pura), costituito dai fisici Ernst Gehrcke e Ludwig Glaser e dall'ingegnere Weyland. Ed a questo Gruppo andrebbero aggiunti i più famosi Philipp Lenard, Johannes Stark e Hugo Dingler.¹⁵⁹

¹⁵⁸ È lecito supporre che, se Einstein avesse accettato, la sua spiccata personalità avrebbe potuto creare problemi, se è vero che Ben Gurion chiese al suo segretario personale, Navon: *e che cosa facciamo se accetta?* [Pais 1982].

¹⁵⁹ Anche in Italia si respirò un clima contrario ad Einstein visto come profeta di una "scienza ebraica". Si veda l'esauriente lavoro di Israel e Nastasi [1998] per il più generale clima antiebraico sorto contro la scuola di matematica di Roma, gran parte dei cui componenti erano effettivamente di origini ebraiche (fra i quali Vito Volterra, Federico Enriques, Guido Castelnuovo, Tullio Levi-Civita, Salvatore Pincherle, Eugenio Elia Levi). L'epurazione del 1938 la disperse. Gli effetti delle leggi razziali in Italia furono devastanti anche per la fisica (dissoluzione della scuola dei "ragazzi di via Panisperna") e la biologia (dispersione della scuola di Torino). Danni irreversibili, diretti o indiretti, vennero anche inferti ad altre discipline, quali la chimica, la biomedicina, la chirurgia, le scienze giuridiche, la letteratura e la filosofia. In tutto furono "epurati" 96 professori universitari ordinari

È, comunque, interessante esaminare la motivazione esplicita addotta da Thüring a sostegno della presunta "ebraicità" della Teoria della Relatività [1940]:

Einstein [...] proposé che la descrizione dei fenomeni naturali dovesse essere fatta in modo tale che l'uomo ne rimanesse interamente escluso. Occorreva che la descrizione dei processi naturali venisse fatta in modo da risultare assolutamente libera e indipendente dal punto di osservazione specifico dello sperimentatore. [...] Eccoci di nuovo davanti alla pretesa ebraico-marxista di "libertà" e di "uguaglianza" presentata in veste scientifica!

Il *metodo talmudico* consisterebbe, per Thüring, nel legare la *Torah* (la parola divina in assoluto, data direttamente da Dio) e i singoli *halachot* (i precetti morali tramandati oralmente che si afferma siano in essa impliciti) mediante un rispettivo *midraš* (metodo di dimostrazione).

Se prendiamo per corretta questa interpretazione, vi è, effettivamente, qualcosa che ricorda quel metodo della fisica teorica inaugurato da Albert Einstein. Possiamo, infatti, leggerlo come la soluzione "canonica" che si presenta ad uno scienziato alla ricerca di una spiegazione teorica per un fenomeno fisico: se troviamo delle difficoltà che possono parere insormontabili, ad esempio nella rivelazione di una differenza di velocità per la luce emessa da due sorgenti in stato di moto differente, possiamo provare ad assumere che nei due casi la velocità sia la medesima, nonostante che ciò sia controintuitivo. Abbiamo chiamato questo ragionamento che, effettivamente, è tipico di Einstein, *euristica dello spiegare o assumere*. Come amava ripetere Einstein, *sottile è il Signore, ma non malizioso*: le leggi di natura *devono* essere semplici.

Inoltre, scrive sempre Thüring, le geometrie non euclidee, le equazioni differenziali e le matrici furono impiegate come *midrašim* da Einstein e dai suoi seguaci, nello stesso modo in cui nella letteratura talmudica le deduzioni per analogia sono usate come *midrašim*, senza che esse lo siano per essenza. Ed anche il ragionamento analogico, come abbiamo visto precedentemente, è effettivamente un tipo di euristica astrattiva ampiamente utilizzato da Einstein.

(pari a quasi il 7% dell'intera categoria) e 196 liberi docenti. Spesso si trattava di personalità di primissimo rilievo nel panorama internazionale.

Ma l'euristica più tipica della Teoria della Relatività fra quelle che abbiamo finora esaminato, è quella che abbiamo chiamato *euristica di covarianza/invarianza*: ebbene, proprio questa è l'euristica einsteiniana che può apparire in migliore sintonia con una componente fondamentale della dottrina ebraica, pur non venendo messa in luce da Thüring. Anche per essa, in effetti, si può rinvenire qualche traccia nella cultura ebraica o, almeno, in una delle tradizioni ebraiche.

Un punto centrale nella cultura ebraica è, infatti, lo snodo disegnato fra *rivelazione* e *tradizione*, cioè fra legge promulgata da Dio, raccolta nella *Torah*, e giurisprudenza promulgata dagli uomini, raccolta nel *Talmud*. Il confine fra le due è, per la verità, di assai difficile focalizzazione, essendo anche variabile con le interpretazioni che ne sono state date e che vengono tuttora accettate o, almeno, tollerate.

Nell'affrontare questo complesso tema, Gershom Scholem, in un illuminante saggio intitolato, per l'appunto, *Rivelazione e tradizione come categorie religiose dell'ebraismo* [Scholem 1970], riporta un passo dell'autorevole Meir ben Gabbai risalente al 1531 (*Avodath ha-Kodesh*) nel quale questi riprende la tradizione dei cabbalisti:

[...] le differenze e le contrapposizioni [riguardanti le interpretazioni della Torah] non provengono da diversi ambiti, ma insorgono tutte da uno stesso luogo in cui non esiste differenza e contrapposizione alcuna. È in virtù di questo mistero che ad ogni sapiente è consentito di mantenersi nella propria opinione trovando sostegno e attestazione nella Torah, perché è proprio in questo modo e in nessun altro che si compie l'unità [dei differenti aspetti dell'unica corrente della rivelazione] [...] Le cose ci appaiono, dunque, contraddittorie e differenti: ma esse sono tali soltanto dal nostro punto di vista e solo perché noi non siamo in grado di penetrare fino a quel punto in cui tutte le contraddizioni vengono risolte. [...] Dal nostro punto di vista noi cogliamo, invece, tutto come molteplice e registriamo una diversità di posizioni [...]

Adirittura, prosegue Scholem, la cabbala più tarda formulò una sentenza che ebbe ampia diffusione, per cui la Torah si rivolgerebbe ad ogni singolo ebreo secondo un volto particolare, che solo a lui è dedicato e soltanto a lui risulta conoscibile.

In questo snodo fra rivelazione e tradizione, fra atemporalità e storicità, continuità ed innovazione, si può trovare un'eco dell'*euristica della*

corrispondenza esplicativa. Così come, nelle parole conclusive del medesimo saggio di Scholem, possiamo trarne per l'*euristica di covarianza/invarianza*: questo discorso ci attesta che tutte le differenti opinioni e i differenti punti di vista che si contrappongono reciprocamente, sono stati dati da un Dio unico ed espressi da un unico interprete.

Altri riferimenti concordanti con l'autorevole interpretazione di Scholem potrebbero esser trovati nella letteratura filosofica ebraica.¹⁶⁰ Ma in questa sede ci interessa soltanto che nella cultura religiosa che Einstein "frequentò" possa essere trovata qualche *risorsa cognitiva* specifica da lui utilizzata per condurre la sua "rivoluzione" scientifica, in particolare per quelle *euristiche orientative* che abbiamo incontrato nel capitolo precedente.

In conclusione, se vogliamo ricorrere al concetto di probabilità come viene espresso da Giere [1988], possiamo concordare che sembra davvero *poco probabile* che la *saggezza talmudica* la quale riconosceva a tutte le scuole nella loro onesta ricerca, la validità delle loro intuizioni delle verità [sul significato della Legge], la cui realtà assoluta le trascendeva tutte non abbia esercitato alcuna influenza sulla sua teoria così fondata proprio su un simile gioco reciproco fra *relatività* ed *invarianze* [Feuer 1982].

6.4 Fonti scientifiche dirette

Da ultimo, nella nostra ricognizione sulle fonti cognitive della "rivoluzione" einsteiniana, non possiamo ignorare le due personalità scientifiche che Einstein stesso riconobbe come maggiormente influenti sul suo percorso: Mach e Poincaré. Anche di altre personalità in qualche modo cognitivamente vicine a lui, comunque, dovremo dare qualche conto.¹⁶¹

Cominciamo con Mach, il riferimento ideale einsteiniano meglio definito nei tratti di comunanza e di differenziazione. La sua influenza epistemologica immediata, è rintracciabile nella condivisione almeno dei seguenti criteri metodologici del pensiero filosofico machiano [v. Mach 1883sgg; 1905a]¹⁶².

¹⁶⁰ Kushner [1993] alla voce *Verità* così scrive, richiamandosi a Menachem Mendel di Kotzk: *La realtà può essere osservata attraverso un numero infinito di spettri. Ogni rifrazione è a suo modo distorta. I bambini si esprimono spesso in termini di vero o falso, gli adulti molto meno. Non perché hanno rinunciato alla verità, ma perché hanno capito quanto essa è elusiva, sfuggente. Ciò non vuol dire che sia relativa. Sospettiamo invero che ci sia una verità assoluta, misteriosamente connessa a qualcosa che qualcuno chiama "Dio". Dio non è la verità, ma potrebbe esserlo stare al cospetto di Dio. Come le cose appaiono a Dio, questa è verità.*

¹⁶¹ Sul ruolo di Mach, Duhem e Poincaré per la Teoria della Relatività si veda [Howard 1995].

¹⁶² Zahar, interpretando Mach in maniera eccessivamente positivista, trova più differenze che

- nell'indagine scientifica occorre partire dalle sensazioni e lasciar parlare i fatti che giacciono dietro le nostre concettualizzazioni fondamentali (spazio, tempo, moto, ecc.);
- l'impegno metodologico che ci deve guidare è quello di vincere la tendenza per noi naturale ad ipostatizzare i concetti che risultano utili e ad essere ossequiosi verso le autorità della scienza, cercando di distruggere quelle mostruosità intellettuali che sono le categorie assolute, in nome dei fatti esperiti e della equidignità dei punti di vista (con influenza esplicita anche di Hume);
- la relatività dei concetti fondamentali (atomo, energia, materia ecc.) è bilanciata soltanto dal suo ruolo ausiliare alla semplicità delle spiegazioni;
- le idee sono tanto più scientifiche quanto più esteso ne è il dominio di validità e più ricco il modo di completare l'esperienza, poiché sono meglio in grado di sostituirla;
- tutti i corpi sono in rapporto reciproco, e non esiste un oggetto esattamente isolato;
- occorre, infine, rimuovere sistematicamente tutti gli ostacoli frapposti dalla metafisica al progresso della scienza.

È vero che, nel corso del tempo, Einstein andò affrancandosi dagli insegnamenti di Mach; ma la matrice machiana della Teoria della Relatività fu, e rimase, forte. Quando Einstein iniziò a prenderne le distanze, probabilmente in seguito ad un burrascoso incontro con lui, avvenuto nel 1913, così l'amico Besso lo rimproverò in una lettera del 1917 [Einstein, Besso 1970, lettera 33]:

Quanto al cavallino di Mach, non ingiuriamolo; non ci ha assistito nel viaggio infernale tra le due relatività? È chissà se non continua a portare, anche attraverso i malvagi quanti, il cavaliere Don Chisciotte della Einsta!

Bisogna però aggiungere che Duhem, non citato espressamente da Einstein, ma certamente a lui noto almeno a partire dalla traduzione in tedesco curata dal suo amico Adler [1908], forniva alle ipotesi teoriche e ad una teoria profonda, un ruolo

somiglianze. Se è vero che, così facendo, risulta più comprensibile il rifiuto da parte di Mach di riconoscersi come "padre spirituale" della relatività ed il distacco progressivo da Mach che Einstein riconosce nel proprio cammino filosofico, sembra comunque ineludibile una interpretazione ben più articolata del pensiero di entrambi, quale emerge, ad esempio, in Howard [1995].

molto più rilevante di quello fornito loro da Mach. Anche se rendeva impossibile la separazione della componente teorica dagli esperimenti di laboratorio, questo margine ulteriore concesso alla pura teorizzazione era forse più adatto sia alla generalizzazione della Teoria della Relatività, sia agli sviluppi einsteiniani della teoria quantistica. Per Einstein, effettivamente, il confronto con l'esperienza avviene per la *costruzione teorica come un tutto*, come scrive ad esempio attorno agli anni Dieci [cit. in Howard 1995]. Proprio questo probabile influsso di Duhem, per altro dotato di qualche riscontro oggettivo, contribuì forse a rafforzare il convincimento di Einstein in un fondamentale ruolo euristico della teoria, e della sua in particolare.

Ma vi è anche un'altra fonte importante: Henri Poincaré. Fu lui, infatti, a coniare un *postulato di relatività* durante un congresso internazionale negli Stati Uniti (1904), e per giunta a pubblicare una critica penetrante del concetto di tempo [Poincaré 1898] ed a tenere quindi una fondamentale conferenza già nel 1900, durante la quale aveva criticato a fondo il concetto di etere [in Poincaré 1902]. Sappiamo che Einstein aveva meditato e discusso a lungo delle opere di Poincaré con i suoi amici di *cenacolo*, leggendo insieme a loro *La science et l'hypothèse* [Pais 1982]. È palesemente il concetto di *convenzionalità della simultaneità* a colpirli in maniera particolare, e la conseguente demolizione del feticcio di un tempo assoluto. Vi è, addirittura, chi sostiene che Poincaré sia il vero scopritore della Teoria della Relatività (*speciale*), del tutto indipendentemente da Einstein [ad es. Zahar 1989].

Va però osservato che vi è una differenza di fondo fra Poincaré ed Einstein: alla profondità filosofico-metodologica del primo, il secondo poteva opporre un senso fisico ben più marcato. Se intendiamo la Teoria della Relatività in senso stretto, cioè la teoria fisica che, partendo dalla Relatività Speciale giunge alla Relatività Generale, sembra dunque doveroso attribuirla alla ricerca einsteiniana, e riservare invece a Poincaré un ruolo di primissimo piano in quella corrente culturale cui si è già avuto modo di collegarla da un punto di vista cognitivo.

È, insomma, del tutto evidente che l'opera di Poincaré possa essere stata importante e persino determinante per il compimento della ricerca einsteiniana, sia per l'idea di una relativizzazione di concetti fondamentali della fisica, sia per la considerazione euristica in cui erano da lui tenute la semplicità e l'eleganza di una teoria scientifica (si rammenti l'*euristica della perfezione interna*). Ma ciò non può, a mio avviso, farci dimenticare le fatiche intellettuali di Albert Einstein per superare un ambito geometro-cinematico, al quale era interessato, in maniera dominante, Poincaré, e

giungere ad una concezione relativistica dei processi dinamici e delle misurazioni fisiche. Ha, forse, ragione Martin quando afferma [1979]:

Einstein spiegava con la relatività i dati sperimentali di tutta la successiva fisica sperimentale, mentre Poincaré considerava la relatività solo una delle ipotesi possibili, fornita da una deduzione matematica altrettanto probabile di altre.

E, in questi termini, può avere addirittura ragione Pais che, in quello che rimane il più autorevole studio su Einstein tuttora a nostra disposizione, conclude che *Poincaré o non comprese mai la teoria della relatività ristretta, o non l'accettò mai* [Pais 1982].

È anche chiaro, del resto, che l'opera di molti altri scienziati di poco a lui precedenti, oltre a Mach, Duhem e Poincaré, abbia potuto influenzare cognitivamente Einstein, nello sviluppo del suo ripensamento dei fondamenti della fisica.

È persino ovvio, ad esempio, che lo sviluppo del concetto di campo da Faraday a Maxwell e la teoria dell'elettrone di Lorentz, nonché l'unificazione di elettricità, magnetismo ed ottica da parte del secondo, non abbiano fornito soltanto il fondamento scientifico del "punto d'attacco" per la ricerca di Einstein, ma anche una sorgente di *analogie* di riferimento costante e fondamentale per lo sviluppo della teoria del campo gravitazionale. Basti pensare alla somiglianza fra le equazioni di Maxwell per il campo elettromagnetico e quelle di Einstein per il campo gravitazionale (pur distinguendosi queste per la loro ben nota non-linearità). Anche l'influsso scientifico di Boltzmann è, poi, evidente oltre che in tutti i lavori einsteiniani di teoria cinetica e fisica statistica, anche in alcuni tratti caratterizzanti il suo personale stile cognitivo. Un'esortazione di Boltzmann che può essergli tornata utile nella ricerca sulla Teoria della Relatività, secondo Miller, è la seguente: *le oscurità dei principi della meccanica [derivano dal] non partire subito con rappresentazioni mentali ipotetiche, ma dal cercare fin dal principio di collegarsi all'esperienza* [Boltzmann 1897 cit. in Miller 1984]. Possiamo, dunque, concepire che la spiccata immaginazione di Einstein abbia potuto trovare nei lavori di Boltzmann oltre che uno stimolo, una fonte di sicurezza riguardo all'*affidabilità* di euristiche così rischiose.

Infine una parola su altre conoscenze particolarmente critiche, che hanno fatto da *innesco* per la nuova teoria einsteiniana, nella forma finale della

Teoria Generale della Relatività, il “capolavoro scientifico” di Einstein. Vanno senz’altro enumerate fra queste, le tre seguenti:

- l’analisi del concetto di massa in Mach [1883sgg] ed il connesso *principio d’equivalenza* fra massa inerziale e massa gravitazionale;
- la Teoria Speciale della Relatività ed il programma di una sua generalizzazione;
- le *geometrie non-euclidee* nella costruzione di Riemann ed il connesso *calcolo differenziale assoluto* degli italiani Tullio Levi-Civita e Gregorio Ricci Curbastro.

Da ultimo, come prima si citava Poincaré quale potenziale scopritore della Teoria Speciale, per la Teoria Generale va analogamente citato David Hilbert, il grande matematico che già il 20 novembre del 1915 presentò una memoria all’Accademia delle Scienze di Gottinga, contenente una deduzione di quelle equazioni che chiamiamo usualmente *equazioni di Einstein*. È un dato di fatto che i due si siano spesso incontrati e abbiano in queste occasioni scambiato le loro idee. Ma non è qui il caso di soffermarsi a decidere se si sia trattato di plagio (come, da una testimonianza riportata da Pais, sembrerebbe che Einstein stesso ritenesse) o di due cammini paralleli, ma autonomi. Fatto sta che, anche qui, se per gli aspetti “matematici” può esservi qualche possibilità di *scoperta contemporanea*, per la fisica della Teoria Generale della Relatività non v’è dubbio: si può concordare con l’opinione che *Einstein sia stato l’unico creatore della teoria fisica della relatività generale e che la scoperta della fondamentale equazione debba essere attribuita sia a lui che a Hilbert* [Pais 1982]. Va inoltre sottolineato che fu proprio la comprensione fisica della Teoria Generale della Relatività che portò Einstein ad inaugurare un’intera nuova branca scientifica: la *cosmologia*.

6.5 Conclusione ed ulteriori sviluppi

Poniamo mente per un attimo alla lotta che Einstein ha condotto contro le nostre più *inveterate abitudini* [Einstein 1917], e soprattutto contro la concezione che vedeva fra l’altro il tempo indipendente dallo spazio, il tempo e lo spazio come entità assolute, le velocità tutte relative e le accelerazioni tutte assolute, i corpi rigidi intesi come assolutamente rigidi, le coordinate di un sistema di riferimento come risultato immediato di una misurazione fisica. Ci rendiamo facilmente conto che doveva esservi una salda motivazione di ordine psicologico per sostenere un simile opera distruttrice.

Da una lettura di questo tipo risulta rafforzato il nostro stupore di fronte alla *evidente naturalezza, la fraîcheur con cui introduce nuove idee* [Pais 1982], ma anche alla quantità di lavoro che Einstein riesce a produrre rapidamente su quasi tutti i problemi fondamentali della fisica di allora (teoria atomica della materia, teoria quantistica della radiazione, termodinamica e, ovviamente, teoria della relatività). In qualunque settore egli operò, portò un contributo originalissimo, al limite della “rivoluzionarietà” e con la capacità per di più di aprire, quasi da solo, l’orizzonte su intere nuove branche della fisica. Ed il solo abbandono della geometria euclidea, o meglio della sua concezione aprioristica, può esser già ritenuto, per l’epistemologia, *l’evento più importante della storia della scienza* [Putnam Introduzione a 1975b].

Abbiamo, però, rintracciato delle (possibili) fonti e sostegni cognitivi alla ricerca einsteiniana all’interno di uno scenario culturale, che possiamo assumere abbia svolto quel ruolo di *potente tradizione* che Einstein stesso evocava. La cultura, come grandezza socio-cognitiva, dunque, sembra costituire un elemento essenziale nella scoperta scientifica della Teoria della Relatività.

In conclusione, nello scenario socio-culturale testé esaminato, sono presenti i seguenti tratti che, complessivamente, sembrano caratterizzanti anche per la Teoria della Relatività, sia nel processo che ha portato alla sua scoperta, sia nel suo stesso contenuto filosofico:

- ♦ ostilità verso tutti gli assoluti stabiliti surrettiziamente, senza attenta disamina critica, ma solo in ossequio a tradizioni recepite passivamente, preferendogli criteri euristici, anche estetici o di economia cognitiva ma anche di *coerenza esplicativa (euristica di perfezione interna)*, ritenuti affidabili per forti motivazioni personali;
- ♦ disposizione a mettere in discussione tutte le credenze, comuni o scientifiche, giungendo fino ai fondamenti della nostra stessa esperienza sensibile, che tutti diamo per scontata, e confrontandosi con intere tradizioni filosofico-culturali alla ricerca di spiegazioni per ogni fatto che non si è disposti ad accettare come principio fisico (*euristica spiegare-o-assumere*);
- ♦ smascheramento della *relatività intrinseca* di ogni esperienza (misurazione) e di ogni astrazione (teorizzazione) al sistema di riferimento nel quale viene condotta;
- ♦ equidignità di tutti i punti di vista *relativi*, di fronte ad una *invariante* realtà ultima, che è in nostro possesso avvicinare solo attraverso la traduzione dei problemi in termini astratti, simbolici, immaginativi (*euristica di covarianza/invarianza*);

- ♦ recupero di una *continuità intellettuale* con i valori più profondi e le conoscenze meglio stabilite del passato, attraverso una loro profonda revisione, o meglio *ri-attualizzandoli* attraverso una rinnovata capacità esplicativa (*euristica della corrispondenza esplicativa*).

Abbiamo anche visto alcuni appigli disciplinari e tecnici che ad Einstein hanno fornito il punto di partenza o strumenti matematici critici per la soluzione dei problemi. Ma un'altra riflessione, prima di concludere, merita l'ultima citazione che facciamo di Einstein e che non è difficile leggere quasi come una provocazione metodologica.

Così scriveva nel 1921 alla figlia di Federigo Enriques: *lo studio e la ricerca della verità e della bellezza rappresentano una sfera di attività in cui è permesso rimanere bambini per tutta la vita* [in Einstein 1979].

Non vi è, forse, qualcosa del "bambino ribelle" nello stile scientifico di Einstein?

Si pensi, ad esempio, ai seguenti tratti caratteriali o stilistici:

- la libera fantasia nell'utilizzare il *ragionamento analogico*, sino al ricorso ad azzardati *casi limite*, ed il *ragionamento per immagini*, sino ad un vero e proprio *esperimento mentale*, nell'intento di smontare e rimontare i tasselli della propria conoscenza secondo le proprie regole del gioco;
- il coraggio ribelle di proporsi delle ipotesi azzardate, addirittura contrarie al buon senso, in nome di un canone euristico personale, improntato alla facilità cognitiva e bellezza estetica (oltre che alla *coerenza esplicativa*) che abbiamo chiamato *perfezione interna*.
- lo stupore e la curiosità che egli prova di fronte alle curiose coincidenze e fenomeni inattesi che sfidano la fisica classica, e la poderosa molla intellettuale che egli attiva con la drastica *euristica spiegare o assumere*, un *aut-aut* istintivo assai "*fast and frugal*" e forse, a volte, addirittura semplicistico, ma efficacissimo in sede di costruzione di nuove ipotesi;
- la spregiudicatezza con la quale combina creativamente tutti questi strumenti cognitivi a sua disposizione senza remore psicologiche, anzi con uno scopo malcelato di stupire gli altri, attirandone l'attenzione e la curiosità.

Non sembra ancora indagato a sufficienza il significato cognitivo preciso che rivestirebbe per uno scienziato il *rimanere bambino*. Forse nuova luce potrebbe venire da un nuovo campo di ricerca nella psicologia cognitiva, che

si sta oggi aprendo proprio con lo studio comparato dei comportamenti cognitivi degli scienziati e dei bambini.¹⁶³

Un sistematico confronto iniziò ad essere indagato sperimentalmente a partire dai lavori pionieristici di Piaget e dalla linea sperimentale sviluppata con Viennot [1979] e, soprattutto, McCloskey [ad es. McCloskey, Caramazza, Green 1980; v. anche Roncato, Rumiat 1985; Roncato, Rumiat 1986; Klahr, Dunbar 1988]. Da questi sono venuti emergendo, fra l'altro, interessanti paralleli fra, da un lato, l'*ontogenesi* dello sviluppo individuale (le varie tappe dell'infanzia e della formazione scolastica ed universitaria, oppure ai diversi livelli di acculturazione, senza, dunque, una dipendenza dall'età dei soggetti), e, dall'altro, la *filogenesi* della storia delle teorie scientifiche (ad esempio la teoria medievale dell'*impetus* e la successiva meccanica galileiana) [Dupré et al. 1981; McCloskey, Kargon in Strauss 1988].

Più recentemente si segnala, inoltre, il confronto condotto in [Osherson, Viale (forthcoming)] fra i due modelli esplicativi al momento più accreditati per la descrizione dello sviluppo cognitivo: lo *sprong model* di Chomsky, basato su un'*architettura mentale* largamente innata ed *a priori* che viene soltanto attivata progressivamente dall'individuo, ed il modello del *piccolo scienziato* di Gopnik e Meltzoff [1996], che vede invece un progressivo sviluppo proprio dell'apparato intellettuale del bambino scandito da *processi cognitivi* sostanzialmente identici a quelli degli scienziati adulti nella costruzione di teorie scientifiche successive. Il controllo sperimentale di questi modelli è tuttora in corso.

¹⁶³ Per riferimenti generali si vedano [Chi in Giere 1992] e [Cavallini 1995].

Riferimenti bibliografici¹

Abbott E.A.

- 1884 *Flatland: A Romance of Many Dimensions*, (II ed.), Barnes & Noble, New York (N.Y.) 1963.

Achinstein P.

- 1968 *Concepts of science. A philosophical analysis*, Johns Hopkins Pr., Baltimore (Mar.).

Agazzi E.

- 1969 *Temi e problemi di filosofia della fisica*, Manfredi, Milano, II ed. Abete, Roma 1974.
1985 *Gli strumenti e l'oggettività scientifica*, *Epistemologia* 8, pp 3-13.
1992 *Il bene, il male e la scienza*, Rusconi, Milano.
1995 *Filosofia della natura. Scienza e cosmologia*, Piemme, Casale M. (AL).

Aliotta A.

- 1922a *Relativismo e idealismo*, Perrella, Napoli.
1922b *La teoria di Einstein e le mutevoli prospettive del mondo*, Sandron, Palermo.
1948 *Il relativismo, l'idealismo e la teoria di Einstein*, Perrella, Roma.

- Amaldi E., De Alfaro V., Galletto D., Geymonat L., Pacini F., Rasetti M., Regge T.
1980 *Sette lezioni su Einstein*, Stampatori, Torino.

Anderson J.L.

- 1967 *Principles of relativity physics*, Academic Pr., New York.

Antiseri D.

- 1974 *Epistemologia contemporanea e didattica della storia*, Armando, Roma.

Aristotele

- An.post.* *Posterior analytics*, by H.Tredennick, Loeb-Harvard U.P., Cambridge (Mass.) 1960.
An.pr.& post.(a) trad.it. di G.Colli, *Primi analitici, secondi analitici*, in *Opere vol.1*, Laterza, Roma-Bari 1994, (quarta edizione).

- An.pr.& post.(b)* *Prior and posterior analytics. A revised text with introduction and commentary by W.D.Ross*, Clarendon, Oxford 1949, (terza edizione).

- An.pr.& post.(c)* trad.it. di M.Zanatta, in *Organon* (2 voll.), Utet, Torino 1996.

- Cat.* trad.it. di G.Colli, *Categorie*, in *Opere vol.1*, cit.

- De an.* trad.it. di G.Colli, *Dell'anima*, in *Opere vol.4*, cit.

- De int.* trad.it. di G.Colli, *Dell'espressione*, in *Opere vol.1*, cit.

- De part.an.* trad.it. di D.Lanza e M.Vegetti, *Parti degli animali*, in *Opere vol.5*, cit.

- Eth.Nic.* trad.it. di A.Plebe, *Etica Nicomachea*, in *Opere vol.7*, cit.

- Metaph.(a)* trad.it. di C.A.Viano, *La metafisica*, Utet, Torino 1974.

- Metaph.(b)* trad.it. di G.Reale, *Metafisica*, Rusconi, Milano 1993.

- Metaph.(c)* trad.it. di A.Russo, *Metafisica*, in *Opere*, vol.6, cit.

- Phys.(a)* trad.it. di A.Russo, *Fisica*, in *Opere*, vol.3, cit.

- Phys.(b)* trad.it. di L.Ruggiu, *Fisica*, Rusconi, Milano 1995.

- Top.* trad.it. di G.Colli, *Topici*, in *Opere*, vol.2, cit.

Armstrong D.M.

- 1978a *Universals and scientific realism, vol.I: Nominalism and realism*, Cambridge U.P., Cambridge (U.K.).

- 1978b *Universals and scientific realism, vol.II: A theory of Universal*, Cambridge U.P., Cambridge (U.K.).

Armstrong S.L., Gleitman L., Gleitman H.

- 1983 *What some concepts might not be*, *Cognition* 13, pp 263-308.

Atran S.

- 1997 *Folk biology and the anthropology of science: cognitive universals and cultural particulars*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.).

Austin J.L.

- 1961 *Philosophical papers*, Oxford U.P., Oxford, trad.it. a cura di P.Leonardi, *Saggi filosofici*, Guerini, Milano 1993, (seconda edizione).

Bacon F.

- 1620 *Novum organon*, trad.it. di E.De Mas, Laterza, Roma-Bari 1992.

Barbour J.B.

- 1992 *Einstein and Mach's principle*, in J.Eisenstaedt, A.J.Kox (eds), *Studies in the History of General Relativity*, Birkäuser, Boston (Mass.).

Barkow J.H., Cosmides L., Tooby J.

- 1996 *Evolutionary psychology*, Oxford U.P., Oxford.

Barsalou L.W.

- 1982 *Context-independent and context-dependent information in concepts*, *Memory & Cognition* 10 (1), pp 82-93.

- 1983 *Ad hoc categories*, *Memory and Cognition* 11, pp 211-227.

¹ In questo elenco compare la bibliografia espressamente utilizzata nel corso della ricerca, per i cui rinvii ho seguito la ormai diffusa notazione [Autore ANNO]. Normalmente, l'anno è quello della prima pubblicazione, seguito eventualmente da quello di eventuali successive edizioni di particolare rilievo (p.es. [Kant 1781,1787], [Popper 1934sgg]). Nei casi in cui la pubblicazione è stata particolarmente tardiva, compare l'anno della redazione del manoscritto, se se ne hanno indicazioni certe e se lo ritengo significativo ai fini della coerenza dell'esposizione (p.es. [Kant 1796-1803]). Per gli autori più antichi ho fatto ricorso alle abbreviazioni comunemente in uso (p.es. [Aristotele *Cat.*]). Laddove mi è stato possibile ho indicato l'edizione italiana, e comunque sempre quella (eventualmente) citata nel testo.

- 1985 *Ideals, Central tendency, and frequency of instantiation as determinants of graded structure in categories*, *Journal of Experimental Psychology* 11 (4), pp 629-654.
- 1987 *The instability of graded structure: implications for the nature of concepts*, in U. Neisser (ed.), *Concepts and conceptual development: ecological and intellectual factors in categorization*, Cambridge U.P. (Mass.).
- 1989 *Intraconcept similarity and its implications for interconcept similarity*, in S. Vosniadou, A. Ortony (eds), *Similarity and analogical reasoning*, Cambridge U.P., Cambridge.
- 1993 *Challenging assumptions about concepts*, *Cognitive Development* 8, pp 169-180.
- Barsalou L.W., Yeh W., Luka B.J., Olseth K.L., Mix K.S., & Wu L.
1993 *Concepts and meaning*, in K. Beals, G. Cooke, D. Kathman, K.E. McCullough, S. Kita, & D. Testen (Eds), *Chicago Linguistics Society 29: Papers from the parasession on conceptual representations*, Univ. of Chicago Pr., Chicago (Ill.).
- Bartlett F.
1958 *Thinking. An Experimental and Social Study*, Allen, London.
- Bellone E.
1994 *Spazio e tempo nella nuova scienza*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Benjafield J.G.
1992 *Cognition*, Prentice Hall, Hemel Hempstead, trad.it. di C. Caudek, *Psicologia dei processi cognitivi*, Il Mulino, Bologna 1995.
- Benveniste É.
1958 *Catégories de pensée et catégories de langue*, *Les Études philosophiques* 4 (ott.-dic.), ripubblicato in *Problèmes de linguistique générale*, Gallimard, Paris 1966, trad.it. di M.V. Giuliani, *Problemi di linguistica generale*, Saggiatore, Milano 1971.
- 1969 *La genèse du terme "scientifique"*, *L'age de la Science* II (1), pp 3-7, ripubblicato in *Problèmes de linguistique générale II*, Gallimard, Paris 1974, trad.it. di F. Aspesi, *Problemi di linguistica generale II*, Saggiatore, Milano 1985.
- Berger P.L., Luckmann Th.
1966 *The Social Construction of Reality*, Doubleday, Garden City (New York, N.Y.), trad.it. di M. Sofri Innocenti e A. Sofri Peretti, *La realtà come costruzione sociale*, Il Mulino, Bologna 1969.
- Bergson H.
1922 *Durée et simultanéité. A propos de la théorie d'Einstein*, Alcan, Paris.
- Berlin B., Breedlove D.E., Raven P.H.
1974 *Principles of Tzeltal plant classification*, Academic Pr., New York.

- Berlin B., Kay P.
1969 *Basic color terms: their universality and evolution*, Univ. of California Pr., Berkeley.
- Berstein J.
1973 *Einstein*, Collins, trad. it. di E. Cornara Filocamo, *Einstein*, Mondadori, Milano 1990.
- Berry J.W., Poortinga Y.H., Segall M. H., Dasen P.R.
1992 *Cross-cultural psychology: research and application*, Cambridge U.P., Cambridge, trad.it. di V. Scotti Douglas, *Psicologia transculturale. Teoria, ricerca, applicazioni*, Guerini, Milano 1994.
- Berti E.
1962 *La filosofia del primo Aristotele*, Cedam, Padova.
1989 *Le ragioni di Aristotele*, Laterza, Roma-Bari.
1992 *Aristotele nel Novecento*, Laterza, Roma-Bari.
- Bloom P.
1996 *Intention, history and artifact concepts*, *Cognition* 60, pp 1-29.
- Bloor D.
1974 *Popper's mistification of objective knowledge*, *Science Studies* 4, pp 65-76.
1976 *Knowledge and the social imagery*, Univ. of Chicago Pr., Chicago, trad.it. di G. Bettini, *La dimensione sociale della conoscenza*, Cortina 1994.
- Bonini N., Osherson D., Viale R., Williamson T.
(forthcoming) *On the psychology of vague predicates*, *Mind & Language*.
- Boniolo G.
1988 *Mach e Einstein. Spazio e massa gravitante*, Armando, Roma.
1997a *On a unified theory of models and thought experiments in natural sciences*, *International Studies in the Philosophy of Science* 11, pp 121-142.
- Boniolo G. (a cura di)
1997b *Filosofia della fisica*, Mondadori, Milano.
- Bonitz H.
1870 *Index Aristotelicus*, Akademieausgabe, Berlin 1870, nuova ed. Akademische Druck - U. Verlagsanstalt, Graz 1955.
- Born M.
1920 *Die Relativitätstheorie Einsteins*, Berlin, trad.it. di G. Sottani e E. Napolitano, *La sintesi einsteiniana*, Boringhieri, Torino 1969.

Braisby N., Franks B., Hampton J.

1996 *Essentialism, word use, and concepts*, *Cognition* 59, pp 247-274.

Brian D.

1996 *Einstein. A life*, Wiley, New York.

Bridgman P.W.

1927 *The logic of modern physics*, Macmillan, New York (N.Y.), trad.it. di V.Somenzi, *La logica della fisica moderna*, Boringhieri, Milano 1965.

Brown H.R., Maia A.Jr

1993 *Light-speed constancy versus invariance in the derivation of relativistic kinematics*, *British Journal of Philosophy of Science* 44, pp 381-407.

Bruner J.S., Goodnow J.J., Austin G.A., Brown R.W.

1956 *A study of thinking*, Wiley, New York, trad.it. di E.Rivero, *Il pensiero. Strategie e categorie*, Armando, Roma 1973, (seconda edizione).

1990 *Acts of meaning*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. di E.Prodon, *La ricerca del significato. Per una psicologia culturale*, Einaudi, Torino 1992.

Bunge M.

1967 *Foundations of physics*, Springer Verlag, Berlin.

Calvino I.

1988 *Lezioni americane. Sei proposte per il prossimo millennio*, Garzanti, Milano.

Caramelli N., Borghi A.

1994a *Lo studio dei concetti e dei processi di categorizzazione. Teorie e modelli recenti*, *Giornale italiano di psicologia* XXI (1), pp 23-44.

1994b *Problemi teorici dello studio dei concetti e dei processi di categorizzazione*, *Giornale italiano di psicologia* XXI (3), pp 339-66.

Cardona G.R.

1979 *Categorie conoscitive e categorie linguistiche in huave*, in I.Signorini (a cura di), *Gente di laguna. ideologia e istituzioni sociali dei Huave di San Mateo del Mar*, Franco Angeli, Milano, ripubblicato in [Cardona 1990].

1980 *Categorie di pensiero e categorie di lingua*, *Materiali filosofici* 6 (3), pp 97-119, ripubblicato in [Cardona 1990].

1990 *I linguaggi del sapere*, Laterza, Roma-Bari.

Carey S.

1985 *Conceptual change in childhood*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).

Carnap R.

1966 *Philosophical foundations of physics*, M.Gardner (ed.), Basic Books, trad.it. di C.Mangione e E.Vinassa de Régnay, *I fondamenti filosofici della fisica*.

Introduzione alla filosofia della scienza di Rudolf Carnap, Il Saggiatore, Milano 1971.

Carroll L. (Ch.L.Dodgson)

1865 *Alice's adventures in Wonderland*, trad.it. di M.Graffi, *Alice nel paese delle meraviglie*, Garzanti, Milano 1989.

Cassirer E.

1906-50 *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neuen Zeit*, 3 voll., Bruno Cassirer, Berlino (1906, 1907, 1920), il IV vol. in trad. ingl. (1950), *The problem of knowledge. Philosophy, science and history since Hegel*, Yale U.P., New Haven, trad.it. di G.Colli, *Storia della filosofia moderna. Il problema della conoscenza nella filosofia nella scienza*, 4 voll., Einaudi, Torino 1978, (varie edizioni precedenti).

1910 *Substanzbegriff und Funktionsbegriff*, Bruno Cassirer Verlag, Berlino, trad.it. di E.Arnaud, in *Sostanza e funzione. Sulla teoria della relatività di Einstein*, La Nuova Italia, Firenze 1973.

1918,1921 *Kants Leben und Lehre*, Bruno Cassirer, Berlino, trad.it. di G.A.De Toni, *Vita e dottrina di Kant*, La Nuova Italia, Firenze 1987 (ristampa I ed. anastatica).

1920 *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie*, Bruno Cassirer Verlag, Berlino, trad.it. di G.A.De Toni, in *Sostanza e funzione. Sulla teoria della relatività di Einstein*, La Nuova Italia, Firenze 1973.

1923 *Philosophie der symbolischen Formen*, Bruno Cassirer, Oxford, trad.it. di E.Arnaud, *Filosofia delle forme simboliche*, (edizione in quattro volumi), La Nuova Italia, Firenze 1961sgg.

Cavallini G.

1995 *La formazione dei concetti scientifici. Senso comune, scienza, apprendimento*, La Nuova Italia, Firenze.

Cellucci C.

1998 *Le ragioni della logica*, Laterza, Roma-Bari.

Cerroni A.

(forthcoming) *Covariance/invariance: a cognitive heuristic in Einstein's Relativity Theory formation*, in L.Magnani, N.J.Nersessian, P.Thagard. (eds), *Proceedings of the MBR'98 Conference on Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, *Philosophica*.

Chomsky N.

1980 *Rules and representation*, trad.it. a cura di G.Graffi, *Regole e rappresentazioni*, Il Saggiatore, Milano 1990, (seconda edizione).

1988 *Language and problems of knowledge. The Managua Lectures*, MIT Pr., Cambridge (Mass.), trad.it. di A.Moro, *Linguaggio e problemi della conoscenza*, Il Mulino, Bologna 1991.

- Clagett M.
1959 *The science of mechanics in the middle ages*, Wisconsin U.P., Madison, trad.it. di L.Sosio, *La scienza della meccanica nel medioevo*, Feltrinelli, Milano 1981, (seconda edizione).
- Clark R.W.
1973 *Einstein, the life and times*, World, New York, trad.it. di L.Magliano, *Einstein*, Rizzoli, Milano 1976.
- Cohen I.B.
1985 *Revolution in science*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.).
- Cohen J.
1992 *An essay on belief and acceptance*, Oxford U.P., Oxford.
- Colletti L.
1969 *Il marxismo e Hegel. I. Sui "Quaderni filosofici" di Lenin*, Laterza, Roma-Bari.
- Coyne J.A., Orr H.A.
1998 *The evolutionary genetics of speciation*, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 353, pp 287-305.
- Crombie A.C.
1952 *Augustine to Galileo*, Heinemann, trad.it. di V.Di Giuro, *Da S.Agostino a Galileo*, Feltrinelli, Milano 1982, II ed. riveduta ed ampliata.
1992 *Stili di pensiero scientifico agli inizi dell'Europa moderna*, Bibliopolis, Napoli 1992.
- D'Andrade R.
1995 *The development of cognitive anthropology*, Cambridge U.P., Cambridge.
- d'Inverno R.A.
1992 *Introducing Einstein's relativity*, Clarendon, Oxford.
- Darwin Ch.
1871 *The descent of man*, trad.it. con introduzione di G.Montalenti, *L'origine dell'uomo*, Newton Compton, Roma 1972.
- Dasgupta S.
1930 *Yoga philosophy and its relations to other systems of thought*, Calcutta.
- Davis W.R.
1970 *Classical fields, particles, and the theory of relativity*, Gordon and Breach, New York (N.Y.).

- de Libera A.
1993 *La philosophie médiévale*, P.U.F., Paris, trad.it. di F.Ferri, *Storia della filosofia medievale*, Jaca Book, Milano 1995.
- della Volpe G.
1950,1969 *Logica come scienza positiva*, D'Anna, Messina-Firenze, ripubblicata con il titolo: *Logica come scienza storica*, Editori Riuniti, Roma 1967.
- Dewey J.
1938 *Logic, the theory of inquiry*, Holt, New York, trad.it. di A.Visalberghi, *Logica, teoria dell'indagine*, 2 voll., Einaudi, Torino 1974.
- Dijksterhuis E.J.
1950 *De Mechanisering van het Wereldbeeld*, trad.it. di A.Carugo (dall'ed.ingl. Oxford U.P. 1961), *Il meccanicismo e l'immagine del mondo. Dai presocratici a Newton*, Feltrinelli, Milano 1980, (seconda edizione).
- Donovan A., Laudan L., Laudan R. (eds)
1988 *Scrutinizing science*, Kluwer, Dordrecht.
- Düring I.
1966 *Aristoteles. Darstellung und Interpretation seines Denkens*, C.Winter Universitätsverlag, Heidelberg, trad.it. di P.Donini, *Aristotele*, Mursia, Milano 1976, (ed.it. aggiornata).
- Duhem P.
1906 *La theorie physique: son object, sa structure*, Riviere, Paris, trad.ingl. di Ph.P.Wiener, *The aim and structure of physical theory*, Princeton U.P., Princeton 1982.
- Dupré F., Noce G., Vicentini Missoni M.
1981 *Modelli fisici pre-newtoniani nelle conoscenze degli adulti*, *Scuola e città* 2, pp 53-64.
- Earman J.
1989 *World enough and space-time. Absolute versus relational theories of space and time*, MIT Pr., Cambridge (MA).
- Earman J., Glymour C.
1978 *Lost in the tensors: Einstein's struggles with covariance principles 1912-1916*, *Studies in History and Philosophy of Science* 9 (4), pp 251-278.
- Eddington A.S.
1920 *Space, time and gravitation. An outline of the general relativity theory*, Cambridge U.P., Cambridge, Trad.it. di L.Bianchi, *Spazio, tempo e gravitazione. La teoria della relatività generale*, Boringhieri, Torino 1971.

- 1922 *The theory of relativity and its influence on scientific thought, The romanes lessons* 1922, Clarendon, Oxford, ripubblicato in Williams L.P. (ed.), *Relativity theory. Its origins and impact on modern thought*, Wiley, New York 1968.
- 1939 *Philosophy of physical science*, Cambridge U.P., Cambridge, trad.it. di C.Straneo (a cura di M.Mamiani), *Filosofia della fisica*, Laterza, Bari 1984, (varie edizioni precedenti).
- Egidi R. (a cura di)
- 1992 *La svolta relativistica nell'epistemologia contemporanea. Saggi di Davidson, Feyerabend, Hacking, Hübner, Krüger, Laudan, Putnam, Radnitzky, Rorty, Stegmüller, Franco Angeli, Milano, (seconda edizione).*
- Eidlin F.
- 1997 *Blindspot of a liberal - Popper and the problem of community, Philosophy of the Social Sciences* 27 (1), pp 5-23.
- Einstein A.
- 1905a *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt, Annalen der Physik* 4 (17), pp 132-48.
- 1905b *Über eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen*, K.J.Wyss, Bern, (tesi di dottorato), pubblicato in *Annalen der Physik* 4 (1906 n.19), pp 289-306.
- 1905c *Die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen, Annalen der Physik* 4 (17), pp 549-60.
- 1905d *Zur Elektrodynamik bewegter Körper, Annalen der Physik* 4 (17), pp 891-921, trad.ingl. *On the Electrodynamics of Moving Bodies*, in [Einstein et al. 1923], pp 37-65.
- 1905e *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?*, *Annalen der Physik* 4 (18), pp 639-41.
- 1905f *Zur Theorie der Brownschen Bewegung*, pubblicato in *Annalen der Physik* 4 (1906 n.19), pp 371-81.
- 1907 *Relativitätssprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen, Jahrbuch der Radioaktivität* 4, pp 411-62.
- 1911 *Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes, Annalen der Physik* 35, trad.ingl. in [Einstein A. et al. 1923].
- 1916 *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, Annalen der Physik* 49, pp 769-822, trad.ingl. *The foundation of the general theory of relativity*, in [Einstein A. et al. 1923], pp 111-164. Nell'originale in tedesco era presente una *Nota*, espunta nell'edizione inglese e dunque praticamente ignota: vedi [Norton 1993, p.803].
- 1917 *Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich)*, Vieweg, Braunschweig, trad.it. di V.Geymonat, *Relatività: esposizione divulgativa*, Boringhieri, Torino 1967.
- 1918 *Prinzipielles zur allgemeinen Relativitätstheorie, Annalen der Physik* 55 (4), pp 241-44.
- 1920 *Grundgedanken und Methoden der relativitätstheorie in ihrer Entwicklung*

- dergestellt*, manoscritto non pubblicato presso la Pierpont Morgan Library, New York, cit. parzialmente in [Pais 1982, pp 194-5].
- 1921sgg *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie, gehalten in Mai, 1921, an der Universität Princeton*, Vieweg, Braunschweig 1922, trad.ingl. di E.P.Adams, *The meaning of relativity: four lectures delivered at Princeton University*, May, 1921, Princeton U.P., Princeton (N.J.) 1921, (con nuove appendici nelle edizioni successive: 1945, 1950, 1953, 1955), trad.it. di L.A.Radicati di Bròzolo, *Il significato della relatività*, Boringhieri, Torino 1976 (seconda edizione).
- 1933 *Origins of the general theory of relativity, Lecture on the George A.Gibson Foundation in the University of Glasgow*, June 20th, trad.it. di R.Valori in *Come io vedo il mondo*, Newton Compton, Roma 1975.
- 1934 *Mein Weltbild*, Europa verlag, Zurich, trad.it. di F.Fortini e consulenza scientifica di C.Losurdo, *Idee e opinioni*, Schwarz, Torino 1965.
- 1936 *Physik und Realität, Franklin Institute Journal* 221, 313-47, ripubblicata in *Out of My Later Years*, Philosophical Library, New York 1950, trad.it. di L.Bianchi, *Pensieri degli anni difficili*, Boringhieri, Torino 1965.
- 1948 *Tempo, spazio, e gravitazione*, ed.orig. in *Out of my later years*, Philosophical Library, New York 1950, trad.it. di L.Bianchi, *Pensieri degli anni difficili*, Boringhieri, Torino 1965.
- 1949 *Autobiographisches*, trad. it. *Autobiografia scientifica*, in [Schilpp 1949].
- 1950 *Out of my later years*, Philosophical Library, New York, trad.it. di L.Bianchi, *Pensieri degli anni difficili*, Boringhieri, Torino 1965.
- 1979 *The human side*, H.Dukas and B.Hoffmann (eds), *Estate of Albert Einstein*, Princeton U.P., trad.it. di A.Gilberti, *Il lato umano. Frammenti di un autoritratto*, Einaudi, Torino 1980.
- Einstein A., Besso M.
- 1970 *Correspondence 1903-1955*, Hermann, Paris, trad.it. a cura di G.Gembillo, *Albert Einstein, Corrispondenza con Michele Besso (1903-1955)*, Guida, Napoli 1995.
- Einstein A., Infeld L.
- 1938 *The evolution of physics. The growth of ideas from early concepts to relativity and quanta*, Simon & Schuster, New York, trad.it. di A.Graziadei, *L'evoluzione della fisica*, Boringhieri, Torino.
- Einstein A., Lorentz H.A., Weyl H., Minkowski H.
- 1923 *The Principle of Relativity. A Collection of Original Papers on the Special and General Relativity. Notes by A.Sommerfeld*, trad.ingl. dagli originali in lingua tedesca di W.Perret e G.B.Jeffery, Dover, New York (N.Y.).
- Eisenhart L.P.
- 1925 *Riemannian geometry*, Princeton U.P., Princeton.
- Elias N.
- 1983 *Engagement und Distanzierung. Arbeiten zur Wissenssoziologie*, Frankfurt am

- Mein, trad.it. di G.Panzieri, *Coinvolgimento e distacco. Saggi di sociologia della conoscenza*, Il Mulino, Bologna 1988.
- 1974,1984 *Über die Zeit. Arbeiten zur Wissenssoziologie II*, hrsg von Michael Schröter, Suhrkamp, Frankfurt am Main, trad.it. di A.Roversi, *Saggio sul tempo*, Il Mulino, Bologna 1986.
- Ellis G.F.R., Matrovers D.R.
1995 *General covariance in general relativity?*, *General Relativity and Gravitation* 27 (7), pp 777-88.
- Fadner W.L.
1985 *Theoretical support for the generalized correspondence principle*, *American Journal of Physics* 53, pp 829-838.
- Feuer L.S.
1982 *Einstein and the generations of science*, Transaction, New Brunswick, trad.it. di G.Ceccarelli, *Einstein e la sua generazione*, Il Mulino, Bologna 1990.
- Feuerbach L.A.
1839 *Zur Kritik der hegelschen Philosophie*, trad.it. a cura di N.Bobbio, *Critica della filosofia hegeliana*, in *Principi della filosofia dell'avvenire*, Einaudi, Torino 1971, (varie edizioni precedenti).
- 1841 *Das Wesen des Christentums*, trad.it. di C.Cometti, *L'essenza del cristianesimo*, Feltrinelli, Milano 1994, (varie edizioni precedenti).
- 1843 *Vorläufige Thesen zur Reform der Philosophie*, trad.it. a cura di N.Bobbio, *Tesi provvisorie per una riforma della filosofia*, in *Principi della filosofia dell'avvenire*, cit.
- 1844 *Grundsätze der Philosophie der Zukunft*, trad.it. a cura di N.Bobbio, *Principi della filosofia dell'avvenire*, cit.
- 1846 *Das Wesen der Religion*, trad.it. di A.M.Solmi, *L'essenza della religione*, Einaudi, Torino 1972.
- Feyerabend P.
1987 *Farewell to reason*, Verso, London, trad. it. di M. D'Agostino, *Addio alla ragione*, Armando, Roma 1990.
- Fink E.
1960 *Nietzsches Philosophie*, Kohlhammer, Stuttgart, trad.it. di P.Rocco Traverso, *La filosofia di Nietzsche*, Marsilio, Padova 1993, (varie edizioni precedenti).
- Finke R.A., Ward Th.B., Smith S.M.
1992 *Creative cognition. Theory, research, and applications*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).
- Fodor J.
1987 *Psychosemantics. The Problem of Meaning in the Philosophy of Mind*, MIT Pr.,

Cambridge (Mass.).

- Franek Ph.
1961 *Modern science and its philosophy*, Collier, New York, trad.it. di G.Picco a cura di M.C.Galavotti, *La scienza moderna e la sua filosofia*, Il Mulino, Bologna 1973.
- Friedman M.
1983 *Foundations of space-time theories. Relativistic physics and philosophy of science*, Princeton U.P., Princeton (N.J.).
1992 *Kant and the exact sciences*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.).
- Galilei G.
1632 *Dialogo [...] sopra i due massimi sistemi del mondo*, Landini, Firenze, in *Opere vol.II*, Utet, Torino 1980, (seconda edizione riv. e corr.).
- Gardner H.
1985 *The mind's new science*, Basic Books, New York, trad.it. di L.Sosio, *La nuova scienza della mente*, Feltrinelli, Milano 1994, (seconda edizione).
1993 *Creating minds. An anatomy of creativity seen through the lives of Freud, Einstein, Picasso, Stravinsky, Eliot, Graham and Gandhi*, Basic Books, New York, trad.it. di R.Rini, *Intelligenze creative. Fisiologia della creatività attraverso le vite di Freud, Einstein, Picasso, Stravinsky, Eliot, Gandhi e Martha Graham*, Feltrinelli, Milano 1994.
- Gholson B., Shadish W.R.Jr., Neymeier R.A., Houts A.C. (eds)
1989 *Psychology of Science*, Cambridge U.P., Cambridge (N.Y.).
- Giacomini U.
1975 *Spazio e tempo nel pensiero contemporaneo*, Tilgher, Genova 1975.
- Giere R.N.
1988 *Explaining science. A cognitive approach*, U. of Chicago P., Chicago (Ill.), trad.it. di G.P.Mugnai, *Spiegare la scienza*, Il Mulino, Bologna 1996.
1994 *The Cognitive Structure of Scientific Theories*, *Philosophy of Science* 61, pp 276-96.
- Giere R.N. (ed.)
1992 *Cognitive models of science*, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* XV, Minnesota U.P.
- Giroto V.
1994 *Il ragionamento*, Il Mulino, Bologna.
- Giroto V., Legrenzi P. (a cura di)
1999 *Psicologia del pensiero*, Il Mulino, Bologna.

Glick Th.F. (ed.)

1987 *The comparative reception of relativity*, Boston Studies in the Philosophy of Science 103 - Reidel, Dordrecht.

Glymour C.

1981 *Theory and evidence*, Univ. of Chicago P., Chicago (Ill.).

Goldman A.I.

1993 *Philosophical applications of cognitive science*, Westview, Boulder (Col.), trad.it. di M.Riccucci, *Applicazioni filosofiche della scienza cognitiva*, Il Mulino, Bologna 1996.

Goldstone R.L.

1994 *The role of similarity in categorization: providing a groundwork*, *Cognition* 52, pp 125-157.

Gooding D.

1990 *Experiment and the making of meaning. Human agency in scientific observation and experiment*, Kluwer, Dordrecht.

1994 *Imagery science*, *British Journal for the Philosophy of Science* 45, pp 1029-1045.

Gooding D., James F.A.J.L. (eds)

1985 *Faraday rediscovered: Essays on the life and work of Michael Faraday, 1791-1867*, Macmillan, London.

Goodman N.

1951 *The structure of the appearance*, Reidel, Dordrecht, trad.it. di M.Soffi Innocenti e A.Soffi Peretti dalla III ed. (1977), *La struttura dell'apparenza*, Il Mulino, Bologna 1985.

1955,1983 *Fact, fiction, and forecast*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. di C.Marletti, *Fatti, ipotesi e previsioni*, Laterza, Roma-Bari 1985.

Gopnik A., Meltzoff A.

1996 *Words, thoughts, and theories*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).

Gorman M.E.

1992 *Simulating science. Heuristics, mental models, and technoscientific thinking*, Indiana U.P., Bloomington.

1998 *Transforming nature. Ethics, invention and discovery*, Kluwer, Dordrecht.

Grice H.P.

1989 *Studies in the way of words*, Harvard U.P., Cambridge.

Grünbaum A.

1963 *Philosophical problems of space and time*, Knopf, New York.

Hacking I.

1983 *Representing and intervening*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.), trad. it. di E. Prodi, *Conoscere e sperimentare*, Laterza, Roma-Bari 1987.

Hacking I. (ed.)

1981 *Scientific revolutions*, Oxford U.P., Oxford, trad.it. di L.Sosio, *Rivoluzioni scientifiche*, Laterza, Roma-Bari 1984.

Hadamard J.

1945 *The psychology of invention in the mathematical field*, Princeton U.P., Princeton (N.J.), trad.it. di B.Sassoli, *La psicologia dell'invenzione in campo matematico*, Cortina, Milano 1993.

Hampton J.A.

1988 *Overextension of conjunctive concepts: evidence for a unitary model of concept typicality and class inclusion*, *Journal of Experimental Psychology* 14 (1), pp 12-32.

Hardy G.H.

1940 *A Mathematician's Apology*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.).

Hebb D.O.

1980 *Essay on Mind*, Erlbaum, Hillsdale (N.J.).

Hempel C.G.

1952 *Fundamentals of concept formation in empirical science*, trad.it. di A.Pasquinelli, *La formazione dei concetti e delle teorie nella scienza empirica*, Feltrinelli, Milano 1976, (varie edizioni precedenti).

1965 *Aspects of scientific explanation*, Free Pr., trad.it. di A.Gargani, *Aspetti della spiegazione scientifica*, Il Saggiatore, Milano 1986.

1966 *Philosophy of natural science*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (N.J.), trad.it. a cura di A.Pasquinelli, *Filosofia delle scienze naturali*, Il Mulino, Bologna 1968.

1989 *Oltre il positivismo logico. Saggi e ricordi*, a cura di G.Rigamonti, Armando, Roma.

Herbart J.F.

1816,1834 *Lehrbuch zur Psychologie*, Unzer, Königsberg, trad.it. di I.Volpicelli, *Manuale di psicologia*, Armando, Roma 1982.

Hesse M.B.

1966,1976 *Models and analogies in science*, Notre Dame U.P., Notre Dame (Ind.), trad.it. e cura di C.Bicchieri, *Modelli e analogie nella scienza*, Feltrinelli, Milano 1979.

1974 *The structure of scientific inference*, Macmillan, London.

Höfdding H.

- 1894-5 *Den Nyere Filosofis Historie*, trad.it. di P.Martinetti (dalla edizione tedesca a cura dell'Autore e di F.Benedixen), *Storia della filosofia moderna*, 3 voll., Sansoni, Firenze 1978, (seconda edizione).

Holland J., Holyoak K., Nisbett R., Thagard P.

- 1986 *Induction: Processes of Inference, Learning, and Discovery*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).

Holton G.

- 1973 *Thematic origins of scientific thought: Kepler to Einstein*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. riveduta dall'Autore in [Holton 1983] ed [Holton 1984].
- 1978 *The scientific imagination: case studies*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.).
- 1979 *Constructing a Theory: Einstein's Model*, *The American Scholar* 48, pp 309-40, trad.it. in [Holton 1983].
- 1981 *Einstein's search for the "Weltbild"*, *Proceedings of the American Philosophical Society* 125 (1), pp 1-15.
- 1983 *L'immaginazione scientifica. I temi del pensiero scientifico*, Einaudi, Torino, a cura dell'A., trad.it. di R.Maiocchi e M.Mamiani.
- 1984 *L'intelligenza scientifica. Un'indagine sull'immaginazione creatrice dello scienziato*, testo riveduto dall'A., trad. e cura di F.Voltaggio.
- 1986 *The advancement of science, and its burdens*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. parz. (parti I e II) di E.Bassato, *Einstein e la cultura scientifica del XX secolo*, Il Mulino, Bologna 1991.
- 1996 *Einstein, history, and other passions. The rebellion against science at the end of the twentieth century*, trad.it. di S.Ferraresi, *La lezione di Einstein. In difesa della scienza*, Feltrinelli, Milano 1997.

Holton G., Elkana Y. (eds)

- 1982 *Albert Einstein. Historical and Cultural Perspectives. The Centennial Symposium in Jerusalem*, Princeton U.P., Princeton (N.J.).

Holyoak K.J., Thagard P.

- 1995 *Mental leaps. Analogy in creative thought*, MIT P., Cambridge (Mass.), London.

Howard D.

- 1995 *Einstein fu davvero un realista?*, in A.Pagnini (a cura di), *Realismo/antirealismo. Aspetti del dibattito epistemologico contemporaneo*, La Nuova Italia, Firenze, pp 93-141.

Howard D., Stachel J.

- 1989 *Einstein and history of general relativity: based on the proceedings of the 1986 Osgood Hill Conference*, (North Andover, Massachusetts, May 8-11, 1986), Birkhäuser, Boston (Mass.).

Hull C.L.

- 1920 *Quantitative aspects of the evolution of concepts*, *Psychological Monograph* 28 (123).

Hume D.

- 1739 *Treatise of human nature*, London, trad.it. di A.Carlini, E.Lecaldano, E.Mistretta, *Trattato sulla natura umana, Opere filosofiche* vol.I, Laterza, Roma-Bari 1992, (varie edizioni precedenti).

Huxley Th.

- 1863 *Evidence as to man's place in nature*, trad.it.parz. di E.Padoa, *Il posto dell'uomo nella natura e altri scritti*, Garzanti, Milano 1976, (varie edizioni precedenti).
- 1870 *On the physical basis of life (a lay sermon delivered in Edinburgh, on Sunday, November 8, 1868, at the request of the late rev. James Cranbrook)*, *Fortnightly Review*, trad.it. in trad.it. di [Huxley 1863].

Infeld L.

- 1952 *Albert Einstein*, Scribner, New York, trad.it. di O.Nicotri, *Albert Einstein. L'uomo e lo scienziato. La teoria della relatività e la sua influenza sul mondo contemporaneo*, Einaudi, Torino 1952.

Israel G., Nastasi P.

- 1998 *Scienza e razza nell'Italia fascista*, Il Mulino, Bologna.

Jammer M.

- 1954 *Concept of space. The history of theories of space in physics*, (con prefazione di A.Einstein), Harvard U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. di A.Pala, *Storia del concetto di spazio*, Feltrinelli, Milano 1979, (varie edizioni precedenti).

Johnson-Laird Ph.N.

- 1983 *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*, Cambridge U.P., Cambridge, trad.it. di A.Mazzocco, *Modelli mentali. Verso una scienza cognitiva del linguaggio, dell'inferenza e della coscienza*, Il Mulino, Bologna 1988.
- 1993 *Human and machine thinking*, Erlbaum, Hillsdale (N.J.), trad.it. di M.Ricucci, *Deduzione, induzione, creatività*, Il Mulino, Bologna 1994.
- 1994 *A model theory of induction*, *International Studies in the Philosophy of Science* 8 (1), pp 5-96.

Kahneman D., Miller D.T.

- 1986 *Norm Theory: Comparing Reality to its Alternatives*, *Psychological review* 93 (2), pp 136-53.

Kahneman D., Slovic P., Tversky A. (eds)

- 1982 *Judgment under uncertainty: heuristics and biases*, Cambridge U.P., Cambridge.

Kahneman D., Tversky A.

1972 *Subjective probability: A judgment of representativeness*, *Cognitive Psychology* 3, pp 430-54.

Kanizsa G., Legrenzi P., Sonino M.

1983 *Percezione, linguaggio, pensiero*, Il Mulino, Bologna.

Kant I.

1758 *Neuer Lehrbegriff der Bewegung und Ruhe un der damit verknüpften Folgerungen in den ersten Gründen der Naturwissenschaft*, Driest, Königsberg, trad.it. di P.Carabellese, *Nuova dottrina del moto e della quiete*, in *Scritti precritici*, (a cura di P.Carabellese, R.Assunto, R.Hohenemser, A.Pupi) Laterza, Roma-Bari 1990, (varie edizioni precedenti).

1768 *Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume*, Königsberg *Trag und Anzeigungsnachrichten* 6-8, trad.it. di P.Carabellese, *Primo fondamento della distinzione delle regioni nello spazio*, in *Scritti precritici*, cit.

1770 *De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis*, pubblicazione nota come *Dissertazione*, trad.it. di R.Assunto e R.Hohenemser, *La forma e i principi del mondo sensibile e intelligibile*, in *Scritti precritici*, cit., pp 437-41.

1781,1787 *Kritik der Reinen Vernunft*, Hartknoch, Riga, trad.it. di G.Gentile e G.Lombardo Radice (riveduta da V.Mathieu, 1959), *Critica della ragion pura*, Laterza, Roma-Bari 1991, (varie edizioni precedenti).

1783 *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik die als Wissenschaft wird auftreten können*, Hartknoch, Riga, trad.it. di P.Carabellese (riveduta da R.Assunto, 1967), *Prolegomeni ad ogni futura metafisica che si presenterà come scienza*, Laterza, Roma-Bari 1991, (varie edizioni precedenti).

1786 *Was heisst sich im Denken orientieren?*, in *Gesammelte Schriften vol.VIII*, pp 131-147, de Gruyter, Berlin-Leipzig 1902, trad.it. di P.Dal Santo, a cura di F.Volpi, *Che cosa significa orientarsi nel pensiero*, Adelphi, Milano 1996.

1790 *Kritik der Urtheilskraft*, B.Erdman, Hamburg-Leipzig 1884, trad.it. di A.Gargiulo, *Critica del giudizio*, Laterza, Roma-Bari 1984.

1800 *Logik. Ein Handbuch zu Vorlesungen*, (a cura di G.B.Jäsche), trad.it. di L.Amoroso, *Logica*, Laterza, Roma-Bari 1990, (seconda edizione).

1796-1803 *Übergang von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Physik* (Passaggio dai principi metafisici delle scienze della natura alla fisica), manoscritto noto come *Opus Postumum*, prima edizione parziale in R.Reicke e E.Arnoldt (a cura di), *Ein ungedrucktes Werk Kants aus seinen letzten Lebensjahren*, *Altpreussische Monatsschrift*, (varie redazioni successive più complete), trad.it. parziale di V.Mathieu, *Opus Postumum*, (con Introduzione di V.Mathieu), Laterza, Roma-Bari 1984. Altre citazioni sono tratte da passi riportati in [Mathieu 1989].

Keil F.C.

1989 *Concepts, kinds, and cognitive development*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).

Klahr D., Dunbar K.

1988 *Dual space search during scientific reasoning*, *Cognitive Science* 12, pp 1-48.

Kneale W.C., Kneale M.

1962 *History of logic*, trad.it. di *Storia della logica*, Einaudi, Torino 1972.

Koertge N.

1973 *Theory change in science*, in G.Pearce, P.Maynards (eds), *Conceptual change*, Reidel, Dordrecht.

Kosslyn S.M.

1983 *Ghosts in the mind's machine. Creating and using images in the brain*, Norton, New York, trad.it. G.Noferi riveduta da A.Carassa, *Le immagini della mente. Creare e utilizzare immagini nel cervello*, Giunti, Firenze 1989.

Koyré A.

1966 *Études galiléennes*, Hermann, Paris, trad.it. di M.Torrini, *Studi galileiani*, Einaudi, Torino 1976.

Krajewsky W.

1977 *Correspondence principle and growth of science*, Reidel, Dordrecht.

Kretschmann E.

1917 *Über den physikalischen Sinn der Relativitätspostulate. A. Einsteins neue und seine ursprüngliche Relativitätstheorie*, *Annalen der Physik* 53 (4), pp 575-614.

Kripke S.

1972 *Naming and necessity*, in Davidson D., Harman G. (eds), *Semantic and natural language*, Reidel, Dordrecht.

Kuhn Th.S.

1962,1970 *The structure of scientific revolution*, Univ. of Chicago Pr., Chicago (Ill.), trad.it. di A.Carugo, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche. Come mutano le idee della scienza*, Einaudi, Torino 1978, (seconda edizione).

1977 *The essential tension*, Chicago U.P., Chicago (Ill.), trad.it. di M.Vadacchino et al., *La tensione essenziale. Cambiamenti e continuità nella scienza*, Einaudi, Torino 1985.

Kurz E.M.

1996 *Marginalizing discovery - Karl Popper's intellectual roots in psychology - or, how the study of discovery was banned from science studies*, *Creativity Research Journal* 9 (2-3), pp 173-187.

Kushner L.

1993 *The book of words. Talking spiritual life, living spiritual talk*, Jewish Lights, Woodstock (Ver.), trad. it. di E. Loewenthal, *Il libro delle parole ebraiche*.

- Labov W.
1973 *The boundaries of words and their meanings*, in J.Fishman (ed.), *New ways of analyzing variation in English*, Georgetown U.P., Washington D.C.
- Lakatos I.
1970 *Criticism and the methodology of scientific research programs*, in I.Lakatos, A.Musgrave (eds), *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge U.P., trad.it. a cura di G.Giorello, *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli, Milano 1993, (varie edizioni precedenti).
- Lakoff G.
1987 *Women, fire, and dangerous things. What categories reveal about the mind*, Chicago U.P., Chicago (Ill.).
- Lamberts K., Shanks D.
1997 *Knowledge, concepts, and categories*, Psychology Pr. (Taylor & Francis), Hove (East Sussex).
- Landau L.D., Lifšits E.M.
1939sgg *Teorija polja*, Fizmatgiz, Moskva, trad.it. di A.Machov, *Teoria dei campi*, MIR-Moskva e Editori Riuniti, Roma 1976.
- Langley P., Simon, H.A., Bradshaw G.L., Zytkow J.M.,
1987 *Scientific Discovery. Computational Explorations of the Creative Processes*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).
- Laudan L.
1977 *Progress and its problems. Towards a theory of scientific growth*, Cal. U.P., trad.it. di E.Rivero, *Il progresso scientifico. Prospettive per una teoria*, Armando, Roma 1979.
- Leatherdale W.H.
1974 *The role of analogy, model and metaphor in science*, North Holland, Amsterdam.
- Lecat M.
1924 *Biographie de la relativité*, Brussels.
- Legrenzi P.
1975 *Forma e contenuto dei processi cognitivi*, Il Mulino, Bologna.
- Legrenzi P. (ed.)
1994 *Manuale di psicologia generale*, Il Mulino, Bologna.

- Legrenzi P., Mazzocco A.
1973 *Psicologia del pensiero*, Martello, Milano.
- Leibniz G.W.
1765 *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, (postuma, a cura di H.Raspe), Parigi, trad.it. di M.Mugnai, *Nuovi saggi sull'intelletto umano*, Editori Riuniti, Roma 1993, (seconda edizione).
- Lloyd G.E.R.
1961 *The development of Aristotle's theory of classification of animals*, *Phronesis* 6, pp 59-81, ripubblicato in [Lloyd 1991].
1968 *Aristotle, The growth and structure of his thought*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. di M.Fantuzzi, *Aristotele. Sviluppo e struttura del suo pensiero*, Il Mulino, Bologna 1985.
1987 *Aristotle's zoology and his metaphysics: the status questionis. A critical review of some recent theories*, in D.Devreux, P.Pellegrin (eds), *Biologie, logique et métaphysique chez Aristote*, Cnrs, Paris 1990, ripubblicato in [Lloyd 1991].
1991 *Methods and problems in Greek science*, Cambridge U.P., Cambridge (U.K.), trad.it. di F.Aronadio e A.Spinelli, *Metodi e problemi della scienza greca*, Laterza, Roma-Bari 1993.
- Locke J.
1689 *An essay concerning human understanding*, London, trad.it. di C.Pellizzi, *Saggio sull'intelligenza umana*, Laterza, Roma-Bari 1999, (varie edizioni precedenti).
- López A., Atran S., Smith E.E.
1997 *The tree of life: universal and cultural features of folkbiological taxonomies and inductions*, *Cognitive Psychology* 32, pp 251-295.
- Lorentz H.A.
1904 *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity less than that of light*, *Proc. of Academy of Science of Amsterdam* 6, ripubblicato in [Einstein A. et al. 1923].
- McAllister J.W.
1996 *Beauty and revolution in science*, Cornell U.P., Ithaca (N.Y.).
- McCloskey M., Caramazza A., Green B.
1980 *Curvilinear motion in the absence of external forces: naive beliefs about motion of objects*, *Science* 210 (5 December), pp 1139-41.
- Mach E.
1883sgg *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, trad.it. di A.D'Elia, *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, Boringhieri, Torino 1977.
1905 *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*, Leipzig, trad.it. di

- S.Barbera, *Conoscenza ed errore. Abbozzi per una psicologia della ricerca*, Einaudi, Torino 1982.
- Mahoney M.J.
1976 *Scientist as Subject. The Psychological Imperative*, Ballinger, Cambridge (Mass.).
- Maiocchi R.
1985 *Einstein in Italia*, Franco Angeli, Milano.
- Mamchur E.
1987 *The heuristic role of aesthetics in science*, *International Studies in the Philosophy of Science* 1 (2), pp 209-222.
- Mannheim K.
1929sgg *Ideologie und Utopie*, Cohen, Bonn, trad.ingl. *Ideology and utopia*, Routledge, New York, trad.dall'ingl. di A.Santucci, *Ideologia e utopia*, Il Mulino, Bologna 1957.
1964 *Essays on the sociology of knowledge*, (P.Keeskeméti ed.), Routledge & Kegan Paul, London, trad.it. di M.Gagliardi e T.Souvan, *Sociologia della conoscenza*, Dedalo, Bari 1974.
- Margolis E.
1994 *A reassessment of the shift from the classical theory of concepts to prototype theory*, *Cognition* 51, pp 73-89.
- Marsonet M.
1994 *Scienza e analisi linguistica. Il distacco tra epistemologi e scienziati*, Feltrinelli, Milano.
- Martin Ch.N.
1979 *Einstein. L'horloge dans la maison en feu*, Hachette, Paris, trad.it. di M. La Forgia, *Vita di Einstein*, Editori Riuniti, Roma 1983.
- Marx K.
1842-3 *Kritik des Hegelschen Staatsrechts*, trad.it. a cura di G.della Volpe, *Critica della filosofia hegeliana del diritto pubblico*, in *Opere filosofiche giovanili*, Editori Riuniti, Roma 1963.
1843 *Zur Kritik der Hegelschen Rechtsphilosophie. Einleitung*, trad.it di R.Panzieri, *Per la critica della filosofia del diritto di Hegel. Introduzione*, in *La questione ebraica*, Editori Riuniti, Roma 1969.
1844 *Ökonomisch-philosophische Manuskripte aus dem Jahre 1844*, trad.it. in *Opere filosofiche giovanili*, cit.
1845 *Thesen über Feuerbach*, trad.it a cura di L.Gruppi, *Tesi su Feuerbach*, in K.Marx, F.Engels, *Opere scelte*, Editori Riuniti, Roma 1966.

- Marx K., Engels F.
1845-6 *Die heilige Familie oder Kritik der kritischen Kritik. Gegen Bruno Bauer und Consorten*, trad.it. di A.Zanardo, *La sacra famiglia*, Editori Riuniti, Roma 1972.
- Mathieu V.
1958 *La filosofia trascendentale e l'Opus Postumum di Kant*, Einaudi, Torino.
1989 *Kants Opus Postumum*, (con G.Held), Klostermann, Francoforte, trad.it. di V.Mathieu, *L'opus Postumum di Kant*, Bibliopolis, Napoli 1991.
- Maupertuis P.-L. (Moreau de)
1748 *Réflexions philosophiques sur l'origine des langues, et la signification des mots*, trad.it. a cura di L.Formigari, in P.-L.Moreau de Maupertuis, A.-R.-J. Turgot, F.-P.Gonthier Maine de Biran, *Origine e funzione del linguaggio*, Laterza, Bari 1971.
- Mayr E.
1969 *The biological meaning of species*, *Biological Journal of the Linnean Society* 1, pp 311-20, trad.it. di N.Calef e J.Carboni, *Il significato biologico di specie in Evoluzione e varietà dei viventi*, Einaudi, Torino 1983.
- Medin D.L., Smith E.E.
1984 *Concepts and concept formation*, *Annual Review of Psychology* 35, pp 113-38.
- Merleau-Ponty J.
1993 *Einstein*, Flammarion, Paris.
- Merton R.K.
1965,1985 *On the shoulders of giants*, The Free Pr., New York, trad.it. di V.Teodori, *Sulle spalle dei giganti. Postscritto shandiano*, Il Mulino 1991.
1973 *The sociology of science: theoretical and empirical investigations*, Chicago U.P., Chicago (Ill.), trad.it. a cura di M.Prötti, *La sociologia della scienza. Indagini teoriche ed empiriche*, Franco Angeli, Milano 1981.
- Meyerson É.
1925 *La déduction relativiste*, Payot, Paris.
- Migliorini B.
1975 *Parole d'autore. Onomaturgia. Dizionario delle invenzioni lessicali e dei loro autori*, Sansoni, Milano, (seconda edizione).
- Mignucci M.
1965 *La teoria aristotelica della scienza*, Sansoni, Firenze.
- Miller A.I.
1984 *Imagery in scientific thought: creating 20-th century physics*, Birkhäuser, Boston, trad.it. di M.Carlucci, *Immagini e metafore nel pensiero scientifico*, Theoria, Roma-Napoli 1994.

- 1998 *Albert Einstein's special theory of relativity. Emergence (1905) and early interpretation (1905-1911)*, Springer, New York, (seconda edizione).
- Miller G.A., Johnson-Laird Ph.N.
1976 *Language and perception*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.).
- Minsky M.
1975 *A framework for representing knowledge*, in P.H. Winston (ed.), *The psychology of computer vision*, McGraw-Hill, New York (N.Y.).
- Misner Ch.W., Thorne K.R., Wheeler J.A.
1973 *Gravitation*, Freeman, S.Francisco.
- Morchio R., Ansaldò D., Sacchi G.
1987 *Il concetto di specie biologica: una proposta di formalizzazione*, *Epistemologia* 10, pp 107-124.
- Mosconi G.
1990 *Discorso e pensiero*, Il Mulino, Bologna.
- Murphy G.L., Medin D.L.
1985 *The role of theories in conceptual coherence*, *Psychological Review* 92 (3) pp 289-316.
- Mussolini B.
1921 *Nel solco delle grandi filosofie: relativismo e fascismo*, *Il Popolo d'Italia*, 22 novembre.
- Nagel E.
1961 *The structure of science*, Harcourt, Brace & World, trad.it. di C.Sborgi e A.Monti, *La struttura della scienza. Problemi di logica della spiegazione scientifica*, Feltrinelli, Milano 1984, (varie edizioni precedenti).
- Nagel Th.
1986 *The view from nowhere*, Oxford U.P., New York.
- Neisser U. (ed.)
1987 *Concepts and conceptual development: ecological and intellectual factors in categorization*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.).
- Nersessian N.J.
1984 *Faraday to Einstein: Constructing meaning in scientific theories*, Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- Nersessian N.J. (ed.)
1987 *The process of science*, Martinus Nijhoff, Dordrecht.

- Newton I.
1687sgg *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Cambridge, trad.it. di A.Pala, *Principi naturali della filosofia naturale*, Utet, Torino 1965.
- 1704sgg *Optics: or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures*, Cambridge, trad.it. di A.Pala, *Ottica, o trattato sulle riflessioni, rifrazioni, inflessioni e sui colori della luce*, in *Scritti di Ottica*, Utet, Torino 1978.
- Newton-Smith W.H.
1981 *The rationality of science*, Routledge, Boston (Mass.).
- Nietzsche F.
1886 *Jenseits von Gut und Böse*, trad.it. di F.Masini, *Al di là del bene e del male*, Adelphi, Milano, (varie edizioni precedenti).
- 1878-9 *Menschliches, Allzumenschliches*, trad.it. di M.Ulivieri, *Umano, troppo umano. Un libro per spiriti liberi*, Newton Compton, Roma 1993, Newton Compton, Roma 1993, (varie edizioni precedenti).
- 1888a *Götzen-Dämmerung oder Wie man mit dem Hammer philosophiert*, trad.it. di M.Ulivieri, *Crepuscolo degli idoli, o come si filosofa col martello*, in *L'anticristo. Crepuscolo degli idoli. Ecce Homo. La volontà di potenza*, cit.
- 1888b *Ecce homo. Wie man wird, was man ist*, trad.it. di M.Ulivieri, *Ecce homo. Come si diventa ciò che si è*, in cit.
- Nisbett R., Ross L.
1980 *Human Inference: Strategies and Shortcomings of Social Judgement*, Prentice Hall, Englewood Cliffs (N.J.), trad.it. di M.T.Fenoglio, *L'inferenza umana. Strategie e lacune del giudizio sociale*, Il Mulino, Bologna 1989.
- Norton J.D.
1989 *Coordinates and covariance: Einstein's view of space-time and the modern view*, *Foundations of Physics* 19 (10), pp 1215-1263.
- 1992 *The physical content of general covariance*, in J.Eisenstaedt, A.J.Kox (eds), *Studies in the History of General Relativity*, Birkhäuser, Boston (Mass.).
- 1993 *General covariance and the foundations of general relativity: eight decades of disputes*, *Reports on Progress in Physics* 56, pp 791-858.
- Nosofsky R.M.
1986 *Attention, similarity, and the identification-categorization relationship*, *Journal of Experimental Psychology* 115 (1), pp 39-57.
- Oldroyd D.
1986 *The arch of knowledge. An introductory study of the history of the philosophy and methodology of science*, Methuen, New York, trad.it. di L.Sosio, *Storia della filosofia della scienza*, Il Saggiatore, Milano 1989.

Ortega y Gasset J.

- 1921 *El sentido histórico de la teoría de Einstein*, in *Obras Completas* (12 voll.), *Revista de Occidente*, Madrid 1946-83, vol.III, trad.it. di L.Gallinari, *Il significato storico della teoria di Einstein*, in *Scienza e filosofia*, Armando, Roma 1983.
- 1923 *El tema de nuestro tiempo*, in *Obras Completas*, cit. vol.III, trad.it. di C.Rocco e A.Lozano Maneiro, *Il tema del nostro tempo*, Sugarco, Milano 1985.
- 1929a *Filosofía pura. Anejo a mi foletto "Kant"*, in *Obras Completas*, cit. vol.IV, trad.it. di A.Savignano, in *Idee per una storia della filosofia*, Sugarco, Milano 1983.
- 1929b *Qué es filosofía?*, in *Obras Completas*, cit. vol.VII, trad.it. di A.Savignano, *Cos'è filosofia?*, Marietti, Milano 1994.
- 1947 *La idea de principio in Leibniz y la evolución de la teoría deductiva*, in *Obras Completas*, cit. vol.VIII, trad.it. di A.Lozano Maneiro e C.Rocco, in *Scienza e filosofía*, Armando, Roma 1983.

Osherson D.N., Smith E.E.

- 1981 *On the Adequacy of Prototype Theory as a Theory of Concepts*, *Cognition* 11, pp 237-88.

Osherson D.N., Smith E.E., Wilkie O., López A., Shafir E.

- 1990 *Category-based induction*, *Psychological Review* 97 (2), pp 185-200.

Osherson D.N., Viale R.,

(forthcoming) *The diversity phenomenon and the little scientist hypothesis*.

Pais A.

- 1982 *"Subtle is the Lord": the science and the life of Albert Einstein*, Oxford U.P., New York (N.Y.), ed.it. a cura di T.Cannillo, *Sottile è il Signore ... La scienza e la vita di Albert Einstein*, Bollati Boringhieri, Torino 1991, (seconda edizione).

Pantaleo M.

- 1925 *Albert Einstein*, Formiggini, Roma.

Pantaleo M. (a cura di)

- 1955 *Cinquant'anni di relatività (1905-1955). Le memorie fondamentali di Albert Einstein e il valore delle teorie relativistiche sotto l'aspetto fisico, matematico, astronomico e filosofico, negli scritti originali di eminenti scienziati italiani: A.Aliotta, G.Armellini, P.Caldirola, B.Finzi, G.Polverani, F.Severi, P.Straneo*, Direttore dell'opera M.Pantaleo, Ed.Univ. Giuntina, Firenze.

Papineau D.

- 1993 *Philosophical naturalism*, Blackwell, London.
- 1998 *Science and truth*, *Quaderni Lascames*, (n. 2).

Peirce Ch.S.

- 1984 *Le leggi dell'ipotesi. Antologia dai Collected Papers*, testi scelti e introdotti da

M.A.Bonfantini, R.Garazia e G.Proni, Bompiani, Milano.

Peruzzi A.

- 1983 *Definizioni. La cartografia dei concetti*, Angeli, Milano.

Petroni A.M.

- 1990 *I modelli, l'invenzione e la scoperta. Saggio su Keplero, la rivoluzione copernicana e la "New philosophy of science"*, Angeli, Milano.
- 1993 *Conventionalism, scientific discovery and the sociology of knowledge*, *International Studies in the Philosophy of Science* 7 (3), pp 225-240.
- 1997 *La logica e la storia della scoperta scientifica. Una critica dei modelli di H.A.Simon*, *Sistemi Intelligenti* 9 (2), pp 193-203.

Petroni A.M., Viale R. (a cura di)

- 1997 *Individuale e collettivo. Decisione e razionalità*, Cortina, Milano.

Petzold J.

- 1921 *Die Stellung der Relativitätstheorie in der geistigen Entwicklung der Menschheit*, Sybilleverlag, Dresden.

Piaget J.

- 1950 *Introduction à l'épistémologie génétique*, (2 voll.), Puf, Paris.
- 1966 *La psychologie de l'enfant*, PUF, Paris, trad.it. di C.Andreis, *La psicologia del bambino*, Einaudi, Torino 1970.
- 1970 *L'épistémologie génétique*, Puf, Paris.

Pisent G., Renn J. (a cura di)

- 1994 *L'eredità di Einstein*, Il Poligrafo, Padova.

Platone

- Pol.* trad.it. a cura di E.V.Maltese, *Politico*, in *Tutte le opere vol. 2*, Newton Compton, Roma 1997.

- Teet.* trad.it. di L. Antonelli, *Teeteto o sulla scienza*, Feltrinelli, Milano 1994.

Poincaré H.

- 1898 *La mesure du temps*, *Revue de Métaphysique et de Morale* 6, pp 371-84, ripubblicato in [Poincaré 1905b].
- 1902 *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris.
- 1905a *Sur la dynamique de l'électron*, *Comptes Rendus de l'Académie de Science* 140, pp 1504-8.
- 1905b *La valeur de la science*, Flammarion, Paris, trad.it. di F.Albèrgamo e G.Polizzi, *Il valore della scienza*, La Nuova Italia, Firenze 1994.
- 1906 *Sur la dynamique de l'électron*, *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* 21, pp 129 segg.

Polanyi M.

- 1958,1962 *Personal knowledge. Towards a post-critical philosophy*, Routledge &

Kegan Paul, London, trad.it. di E.Riverso, *La conoscenza personale. Verso una filosofia post-critica*, Rusconi, Milano 1990.

Politzer G., Noveck I.A.

1991 *Are conjunction rule violations the results of conversational rule violations?*, *Journal of Psycholinguistic Research* 15, pp 47-92.

Popper K.

1930-3 *Die Beide Grundprobleme der Erkenntnistheorie*, Mohr, Tübingen 1979, trad.it. di M.Trinchero, *I due problemi fondamentali della teoria della conoscenza*, Il Saggiatore, Milano 1987.

1934sgg *Logik der Forschung*, Springer, Wien, trad.ingl. *The logic of scientific discovery*, Hutchinson, London, trad.it. (della II ed. ampliata) di M.Trinchero, *Logica della scoperta scientifica. Il carattere autocorrettivo della scienza*, Einaudi, Torino 1970.

1944-5 *The poverty of historicism*, Routledge, London 1957, trad.it. di C.Montaleone, *Miseria dello storicismo*, Feltrinelli, Milano 1993, (varie edizioni precedenti).

1945 *The open society and its enemies* (2 voll), Routledge, London, trad.it. a cura di D.Antiseri, *La società aperta e i suoi nemici* (2 voll), Armando, Roma 1973.

1951-6 *Postscript to the Logic of scientific discovery* (3 voll), ed by W.Bartley III, Hutchinson, London 1982, trad.it. di M.Benzi e S.Mancini, a cura di A.Artosi e R.Festa, *Poscritto alla Logica della scoperta scientifica* (3 voll), Il Saggiatore, Milano 1984.

1956-67 *Scienza e filosofia. Cinque saggi*, (trad.it. di M.Trinchero di vari saggi), Einaudi, Torino 1969.

1963 *Conjectures and refutations*, Routledge and Kegan Paul, London 1969, trad.it. di G.Pancaldi, *Congetture e confutazioni. Lo sviluppo della conoscenza scientifica*, Il Mulino, Bologna 1972.

1974 *Introduzione a The philosophy of Karl Popper*, ed. by P.A.Schilpp, The Library of living philosophers voll 14/I-II, The Open Court, La Salle (Ill.), trad.it. a cura di D.Antiseri, *La ricerca non ha fine. Autobiografia intellettuale*, Armando, Roma 1997, (terza edizione).

1977 *The self and its brain. An argument for interactionism* (3 voll), Springer-Verlag, Berlin, trad.it. di G.Mininni e B.Continenza, *L'io e il suo cervello* (3 voll), Armando, Roma 1981.

1994a *Knowledge and the body-mind problem. In defence of interactionism*, ed by M.A.Notturmo, Routledge, London, trad.it. di F.Laudisa, *La conoscenza e il problema corpo-mente*, Il Mulino, Bologna 1996.

1994b *The myth of the framework. In defence of the science and rationality*, ed by M.A.Notturmo, Routledge, London, trad.it. di P.Palminiello, *Il mito della cornice*, Il Mulino, Bologna 1995.

1997 *Perché siamo liberi? Computer, mente, razionalità*, in [Petroni, Viale 1997].

Porfirio

Isag. *Isagoge*, trad. it. di G.Girgenti, Rusconi, Milano 1995.

Porter Th.M.

1986 *The rise of statistical thinking*, Princeton U.P., Princeton (N.J.), trad.it. di M.E.Graziani, *Le origini del moderno pensiero statistico (1820-1900)*, La Nuova Italia, Firenze 1993.

Post H.R.

1960 *Simplicity in scientific theories*, *British Journal for the Philosophy of Science* 11 (1960-1961), pp 32-41.

1971 *Correspondence, invariance and heuristics: in praise of conservative induction*, *Studies in History and Philosophy of Science* 2, pp 213-255.

Putnam I.

1970a *Is semantic possible?*, in H.Kiefer, M.Munitz, *Contemporary Philosophic Thought: the International Philosophy Year Conference at Brockport*, vol.I, State University of New York U.P., ripubblicato in [1975c].

1970b *On properties*, in N.Rescher et al. (eds), *Essays in Honour of Carl G.Hempel*, Reidel, Dordrecht, ripubblicato in [Putnam 1975b].

1975a *The meaning of meaning*, in K.Gunderson (ed.), *Minnesota Studies in Philosophy of Science VII*, poi in [1975c].

1975b *Philosophical Papers, vol.I: Mathematics, matter and method*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.) 1975, trad.it. di G.Crisuolo, *Matematica, materia e metodo*, Adelphi, Milano 1993.

1975c *Philosophical Papers, vol.II: Mind, language and reality*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.) 1975, trad.it. di R.Cordeschi, *Mente, linguaggio e realtà*, Adelphi, Milano 1993.

1981 *Reason, truth and history*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. di A.N.Radicati di Brozolo, *Ragione, verità, storia*, Saggiatore, Milano 1994, (varie edizioni precedenti).

1982 *Why reason can't be naturalized*, *Synthese* 52, pp 3-23.

Quine W.van Orman

1960 *World and object*, MIT Press, Cambridge (Mass.), trad.it. di F.Mondadori, *Parola e oggetto*, Il Saggiatore, Milano.

1961 *From a Logical Point of View*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.), trad.it. di E.Mistretta, *Il problema del significato*, Ubaldini, Roma 1966.

1969 *Ontological relativity and other essays*, Columbia U.P., New York (N.Y.), trad.it. di M.Leonelli, *La relatività ontologica e altri saggi*, Armando, Roma 1986.

Quintiliano M.F.

Inst.Or. *Institutio Oratoria*, trad.it. di R.Faranda (aggiornata e riveduta da P.Pecchiura, 1979), in *Opere* (2 voll.), Utet, Torino 1968.

Radder H.

1991 *Heuristics and the generalized correspondence principle*, *British Journal for the Philosophy of Science* 42, pp 195-226.

- Reed S.K.
1982,1992 *Cognition. Theory and applications*, Brooks/Cole, Pacific Grove (Cal.), trad.it. di W.Gerbino, *Psicologia cognitiva. Teoria e applicazioni*, Il Mulino, Bologna 1994, (varie edizioni precedenti).
- Reichenbach H.
1920 *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori*, Springer, Berlin, trad.it. di S.Ciolfi Parrini e P.Parrini a cura di P.Parrini, *Relatività e conoscenza a priori*, Laterza, Roma-Bari 1984.
1921 *Der gegenwärtiger stand der Relativitätsdiskussion*, *Logos* 10 (3), pp 316-78, testo riveduto da M.Reichenbach, trad.it. di P.Castoldi, in *La nuova filosofia della scienza*, Bompiani, Milano 1974, (seconda edizione).
1927 *Von Kopernikus bis Einstein. Der Wandel unseres Weltbildes*, Ullstein, Berlin, trad.it. di S.Ciolfi Parrini, *Da Copernico a Einstein. Il mutamento della nostra immagine del mondo*, Laterza, Roma-Bari, 1985.
1928 *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Walter de Gruyter, Berlin-Leipzig, trad.it. di A.Carugo (dall'ed.ingl. 1956), *Filosofia dello spazio e del tempo*, Feltrinelli, Milano 1977.
1938 *Experience and prediction. An analysis of the foundations and the structure of knowledge*, Chicago U.P., Chicago (Ill.).
1949 *Il significato filosofico della teoria della relatività*, in [Schilpp 1949].
- Rey G.
1983 *Concepts and stereotypes*, *Cognition* 15, pp 237-315.
- Roncato S., Rumiati R.
1985 *Il III principio di Newton nella fisica ingenua*, *Giornale Italiano di Psicologia* XII (3), pp 423-38.
1986 *Naive statistics: Current misconceptions on equilibrium*, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 12 (3), pp 361-77.
- Rosch E.
1975 *Cognitive representations of semantic categories*, *Journal of Experimental Psychology: General* 104 (3), pp 192-233.
1978 *Principles of categorization*, in E.Rosch, B.B.Lloyd (eds), *Cognition and categorization*, Erlbaum, Hillsdale (N.J.).
- Rosch E., Mervis C.B.
1975 *Family resemblances: studies in the internal structure of categories*, *Cognitive Psychology* 7, pp 573-605.
- Rosch E., Mervis C.B., Gray W.D., Johnson D.M., Boyes-Braem P.
1976 *Basic objects in natural categories*, *Cognitive Psychology* 8, pp 382-440.
- Rosch W.D.
1923 *Aristotle*, Methuen, London, trad.it. di A.Spinelli (rivista da C.Martelli sulla V ed.), *Aristotele*, Feltrinelli, Milano 1982, (varie edizioni precedenti).
- Rumelhart D.E., McClelland J.L., and the PDP Research Group
1986 *Parallel distributed processing: explorations in the microstructure of cognition*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).
- Rumiati R.
1990 *Giudizio e decisione*, Il Mulino, Bologna.
- Rumiati R., Bonini N.
1996 *Le decisioni degli esperti*, Il Mulino, Bologna.
- Salmon W.C.
1990 *Four decades of scientific explanation*, Univ. of Minnesota P., trad.it. di M.C. Di Maio, *40 anni di spiegazione scientifica*, Franco Muzzio, Padova 1992.
- Sambursky S.
1956 *The physical world of the Greeks*, New York, trad.it. *Il mondo fisico dei greci*, Feltrinelli, Milano 1959.
- Schank R.C., Abelson R.P.
1977 *Scripts, plans, goals, and understanding*, Erlbaum, Hillsdale (N.J.).
- Schilpp P.A. (ed.)
1949 *Albert Einstein: philosopher-scientist*, The Library of Living Philosophers, Evanston (Ill.), trad.it. parz. di A.Gamba, *Albert Einstein. Autobiografia scientifica. Con interventi di Pauli, Born, Heitler, Bohr, Margenau, Reichenbach, Gödel, Boringhieri*, Torino 1979, (varie edizioni precedenti).
- Schlick M.
1917,1922 *Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik*, Berlin, trad.it. di E.Galzenati, *Spazio e tempo nella fisica contemporanea. Una introduzione alla teoria della relatività e della gravitazione*, Bibliopolis, Napoli 1983.
1921 *Kritizistische oder empiristische Deutung der neuen Physik? Bemerkungen zu Ernst Cassirers Buch "Zur Einsteinschen Relativitätstheorie"*, *Kantstudien* 26, pp 96-111, trad.it. di P.Parrini e S.Ciolfi Parrini, *Interpretazione criticistica o empiristica della nuova fisica? Osservazioni sul libro di Ernst Cassirer "Sulla teoria einsteiniana della relatività"* in *Forma e contenuto*, Boringhieri, Torino 1987.
- Scholem G.
1970 *Über einige Grundbegriffe des Judentums*, Suhrkamp, Frankfurt am Main, trad. it. *Concetti fondamentali dell'ebraismo*, Marietti, Genova 1995, (seconda edizione).

- Sciama D.
1959 *The unity of the universe*, Faber and Faber, London, trad.it. di L.Sciama e L.Pecchioli, *L'unità dell'universo*, Einaudi, Torino 1965, (varie edizioni precedenti).
- Shapere D.
1984 *Reason and the search for knowledge*, Reidel, Dordrecht.
- Simmel G.
1900,1907 *Philosophie des Geldes*, Duncker & Humblot, Berlin, trad.it. a cura di A.Cavalli e L.Perucchi, *Filosofia del denaro*, Utet, Torino 1984.
- Simon H.A.
1966 *Thinking by computers*, in *Mind and cosmos*, ed.by R.Colodny, Pittsburgh U.P., Pittsburgh (Penn.), ripubblicato in [Simon 1977].
1969,1981 *The sciences of the artificial*, MIT Pr., Cambridge (Mass.), trad.it. di A.Trani, *Le scienze dell'artificiale*, Il Mulino, Bologna 1988.
1972 *Theories of bounded rationality*, in C.B.McGuire, C.Radner (eds), *Decision and organization*, North Holland, Amsterdam, trad.it. di A.Menichetti, *Le teorie della razionalità limitata*, in H.A.Simon, *Causalità, razionalità, organizzazione*, Il Mulino, Bologna 1985.
1977 *Models of discovery and other topics in the methods of science*, Boston studies in the philosophy of science LIV (R.S.Cohen, M.W.Wartofsky eds) Reidel, Boston (Mass.).
1995 *Explaining the ineffable: AI on the topics of intuition, insight, and inspiration*, *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers, trad.it. di M.Riccucci, *Spiegare l'ineffabile: l'intelligenza artificiale a proposito di intuizione, insight e ispirazione*, *Sistemi Intelligenti* 9 (1997 n.2), pp 169-192.
- Sklar L.
1992 *Philosophy of physics*, Oxford U.P., Oxford.
- Smith E.E., Medin D.L.
1981 *Categories and concepts*, Harvard U.P., Cambridge (Mass.).
- Smith E.E., Osherson D.N., Rips L.J., Keane M.
1988 *Combining prototypes: a selective modification model*, *Cognitive Science* 12, pp 485-527.
- Smoke K.L.
1932 *An objective study of concept formation*, *Psychological Monograph* 42 (4), trad.it. parziale in P.Legrenzi, A.Mazzocco, *Psicologia del pensiero*, Martello, Milano 1973.
- Stark W.
- 1958 *The sociology of knowledge*, Routledge & Kegan Paul, London, trad.it. a cura di L.Gallino, *Sociologia della conoscenza*, Etas Compass, Milano 1967.
- Sternberg R.J., Davidson A.E. (eds)
1995 *The nature of insight*, MIT, Cambridge (Mass.).
- Strauss S. (ed.)
1988 *Ontogeny, phylogeny, and historical development*, Ablex, Norwood.
- Strauss C., Quinn N.
1997 *A cognitive theory of cultural meaning*, Cambridge U.P., Cambridge (Mass.).
- Stuart Hughes H.
1958 *Consciousness and society*, Knopf, New York, trad. it. di C. Costantini, *Coscienza e società. Storia delle idee in Europa dal 1980 al 1930*, Einaudi, Torino 1967.
- Suppe F.
1972 *What's wrong with the received view on the structure of scientific theories?*, *Philosophy of Science* 39 (March), pp 1-19.
- Suppe F. (ed.)
1977 *The structure of scientific theories*, Univ. of Illinois Pr., Urbana and Chicago.
- Swift J.
1726 *Travels into several remote nations of the world. In four parts. By Lemuel Gulliver*, London, trad.it. di G.Celati, *I viaggi di Gulliver*, Feltrinelli, Milano 1997.
- Tabossi P.
1985 *La rappresentazione mentale dei concetti*, *Giornale italiano di psicologia* XII (1), pp 45-70.
- Tagliagambe S.
1991 *L'epistemologia contemporanea*, Editori Riuniti, Roma.
- Tajfel H.
1959 *Quantitative judgement in social perception*, *British Journal of Psychology* 50.
1969 *Cognitive aspects of prejudice*, *Journal of Social Issues* 25, pp 79-97.
- Tajfel H., Wilkes A.L.
1963 *Classification and quantitative judgements*, *British Journal of Psychology* 54, pp 101-14.
- Thagard P.
1988 *Computational Philosophy of Science*, MIT Pr., Cambridge (Mass.).
1992 *Conceptual Revolutions*, Princeton U.P., Princeton.

- Thüring B.
1940 *Albert Einsteins Umsturzversuch der Physik und seine inneren Möglichkeiten und Ursachen, Forschungen zur Judenfrage, Band 4, Hanseatische Verlagsanstalt, Hamburg, trad.it. di S.Waldner, Einstein e il Talmud. Il tentativo einsteiniano di scardinare la fisica*, Edizioni di Ar, Padova 1997.
- Tönnies F.
1887 *Gemeinschaft und Gesellschaft*, Reclam, Leipzig, trad.it. di G.Giordano, *Comunità e società*, Edizioni di Comunità, Milano 1963.
- Tonnelat M.-A.
1971 *Histoire du principe de relativité*, Flammarion, Paris.
- Toraldo di Francia G.
1976, 1981 *L'indagine del mondo fisico*, Einaudi, Torino.
- Torretti R.
1983, 1996 *Relativity and geometry*, Dover, Mineola (N.Y.).
- Tversky A.
1977 *Features of similarity*, *Cognitive Psychology* 84, pp 327-352.
- Tversky A., Kahneman D.
1973 *Availability: A heuristic for judging frequency and probability*, *Cognitive Psychology* 5, pp 207-32.
1983 *Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment*, *Psychological Review* 90, pp 293-315.
- Tweney R.D.
1984 *Cognitive psychology and the history of science: a new look at Michael Faraday*, in H.Reppard, W.van Hoorn, S.Bem (eds), *Studies in the history of psychology and the social sciences 2*, Psychologisch Instituut van der Ryks - Universiteit Leiden, Leiden, Columbia U.P., New York.
- Tweney R.D., Doherty M.E., Mynatt C.R. (eds)
1981 *On Scientific Thinking*, Columbia U.P., New York.
- Tweney R.D., Hoffner C.E.
1987 *Understanding the microstructure of science: an example, abstracted in Proceedings of the 9th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Earlbaum, Hillsdale (N.J.).
- Valéry P.
1894-1945 *Cahiers (1894-1945)*, (29 voll), Cnrs, Paris 1957-1961, trad.it. parziale di R.Guarini, *Quaderni*, (7 voll ancora in stampa), Adelphi, Milano 1985sgg.
- van Fraassen B.
1980 *The scientific image*, Oxford U.P., Oxford, trad.it. di R.Festa *L'immagine scientifica*, Clueb, Bologna 1985.
1989 *Laws and symmetry*, Oxford U.P., Oxford.
1997 *Against naturalized epistemology*, in P.Leonardi, M.Santambrogio, *On Quine*, Cambridge U.P., Cambridge (N.Y.).
- Viale R.
1991 *Metodo e società nella scienza. Fattori metodologici, sociali e cognitivi delle decisioni scientifiche*, Franco Angeli, Milano.
1996 *Causality: cognition and reality. The impact of psychological models of causality on causal realism*, in R. Rossini Favretti, G. Sandri and R. Scazzieri (eds), *Translating Languages: Communication, Formal Reconstruction and Theory Change*, Cambridge U.P., Cambridge, (Mass.).
1997 *Teoria cognitiva della razionalità o del ragionamento scientifico?*, *Sistemi Intelligenti* 9 (2), pp 227-258.
- Viale R., Cerroni A.
(forthcoming) *Methodological criteria of choice in science: an experimental investigation*, IPTS Report, European Commission, Seville.
- Viale R., Osherson D.N., Cerroni A.
(forthcoming) *Category-based reasoning in Vietnam and Italy*, *Mind & Society*.
- Viennet L.
1979 *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, Hermann, Paris.
- Vigotsky L.S.
1962 *Thought and Language*, MIT Pr., Chicago (Ill.).
- Violi P.
1997 *Significato ed esperienza*, Bompiani, Milano.
- Vosniadou S., Ortony A. (eds)
1989 *Similarity and analogical reasoning*, Cambridge U.P., Cambridge (N.Y.).
- Waisman F.
1936 *Einführung in das mathematische Denken*, Gerold, Wien, trad.it. di L.Geymonat, *Introduzione al pensiero matematico. La formazione dei concetti nella matematica moderna*, Boringhieri, Milano 1971.
- Wald R.M.
1984 *General relativity*, Chicago U.P., Chicago (Ill.).
- Weber M.
1904-5 *Die protestantische Ethik und der Geist des Capitalismus*, *Archiv für*

Sozialwissenschaft und Sozialpolitik XX-XXI, Mohr, Tübingen, trad.it. di P.Burresi, *L'etica protestante e lo spirito del capitalismo*, Sansoni, Milano 1991, (varie edizioni precedenti).

Weinberg S.

- 1972 *Gravitation and cosmology: principles and applications of the general theory of relativity*, Wiley, New York (N.Y.).
- 1987 *Towards the final laws of physics*, in S. Weinberg, R.P. Feynmann, *Elementary particles and the laws of physics*, Cambridge U.P., Cambridge, trad. it. di C. Bartocci, *Alla ricerca delle leggi ultime della fisica*, Il Melangolo, Genova 1993.
- 1993 *Dreams of a final theory*, trad.it. di G.Rigamonti, *Il sogno dell'unità dell'universo*, Mondadori, Milano 1993.

Wells H.G.

- 1896 *The time machine*, London, trad.it. di P.Carabelli, *La macchina del tempo*, Mursia, Milano 1996.

Wertheimer M.

- 1945,1959 *Productive thinking*, Harper, New York, trad.it. a cura di P.Bozzi, *Il Pensiero produttivo*, Giunti, Firenze 1997, (seconda edizione).

Whithead N.

- 1929 *Process and reality and essay in cosmology*, Gifford Lessons delivered in 1927-8 at Edinburgh Univ., Edinburgh U.P., Edinburgh (U.K.), trad.it. di N.Bosco, *Processo e realtà. Saggio di cosmologia*, Bompiani, Milano 1963.

Weyl H.

- 1952 *Symmetry*, Princeton U.P., Princeton.

Wieland W.

- 1962 *Die aristotelische Physik. Untersuchungen über die Grundlegung der Naturwissenschaft und die sprachlichen Bedingungen der Prinzipienforschung bei Aristoteles*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, II ed. 1970, trad.it. di C.Gentili, *La Fisica di Aristotele. Studi sulla fondazione della scienza della natura e sui fondamenti linguistici della ricerca dei principi in Aristotele*, Il Mulino, Bologna 1993.

Williamson T.

- 1994 *Vagueness*, Routledge, London.

Wisniewski E.J., Imai M., Casey I.

- 1996 *On the equivalence of superordinate concepts*, *Cognition* 60, pp 269-298.

Wittgenstein L.

- 1930-3 *Philosophische Grammatik*, Blackwell, Oxford 1969, trad.it. di M.Trinchero, *Grammatica filosofica*, La Nuova Italia, Firenze 1990.
- 1937-42 *Bemerkungen über die Grundlagen der Mathematik*, Blackwell, Oxford 1956,

trad.it. di M.Trinchero, *Osservazioni sopra i fondamenti della matematica*, Einaudi, Torino 1988, nuova edizione ampliata.

- 1945-9 *Philosophische Untersuchungen*, Basil Blackwell, Oxford 1953, trad.it. a cura di M.Trinchero, *Ricerche filosofiche*, Einaudi, Torino 1983, (varie edizioni precedenti).

- 1951 *On certainty*, Blackwell, Oxford, trad.it. di M.Trinchero, Einaudi, Torino 1978.

Wundt W.

- 1894 *Logik: Eine Untersuchung der Prinzipien der Erkenntnis*, Ferdinand Enke, Stuttgart.

Zadeh L.

- 1965 *Fuzzy sets, Information and Control* 8, pp 338-53.

Zahar E.G.

- 1973 *Why did Einstein's programme supersede Lorentz's one?*, *British Journal for the Philosophy of Science* 24, trad.it. di L.Monti, in C.Howson (a cura di), *Critica della ragione scientifica. Metodo e valutazione nelle scienze fisiche*, Il Saggiatore, Milano 1981.
- 1989 *Einstein's Revolution. A Study in Heuristic*, Open Court, La Salle (Ill.).

Finito di stampare nel mese di maggio 1999
da LCM Service srl
Via Tiepolo 18/20 Segrate (MI)

