



REGIONE TOSCANA
Consiglio Regionale

PIANETA GALILEO

2008

A cura di Alberto Peruzzi

Si ringraziano per la collaborazione:

i Comuni e le Province di Arezzo, Firenze, Grosseto, Livorno, Lucca, Massa Carrara, Pisa, Pistoia, Prato e Siena, gli Atenei toscani, l'Associazione La Limonaia di Pisa, il CRED del Comune di Scandicci, la Fondazione Toscana Spettacolo, il Gabinetto Scientifico e Letterario G.P. Vieusseux, il MIUR - Ufficio Scolastico regionale per la Toscana - Direzione Generale e l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

Consiglio Regionale della Toscana

Area di Coordinamento per la Comunicazione e la Rappresentanza

Grafica e impaginazione: Patrizio Suppa, Settore Comunicazione istituzionale, editoria e promozione dell'immagine

Stampato presso il Centro Stampa del Consiglio Regionale della Toscana,
via Cavour, 4 - Firenze

Giugno 2009

Realizzato con il contributo della



FONDAZIONE
MONTE DEI PASCHI
DI SIENA

INDICE

Presentazione <i>Riccardo Nencini e Gianfranco Simoncini</i>	5
Introduzione <i>Alberto Peruzzi</i>	7
PROSPEZIONI	
Che cos'è la probabilità? <i>Antonio Moro</i>	13
2009, ovvero Anno Galileiano <i>Andrea Frova</i>	35
Intervista immaginaria a Galileo <i>Mariapiera Marenzana</i>	47
L'iconografia di Galileo Galilei tra Otto e Novecento <i>Federico Tognoni</i>	55
Superman e le formiche <i>Roberto Casalbuoni</i>	67
I due tavoli di Eddington, ovvero l'immagine scientifica del mondo e il mondo della vita <i>Mario Dorato</i>	81
L'alba dei geni: l'origine e l'evoluzione della Vita sulla Terra <i>Renato Fani</i>	89
Da fisica e biologia a biofisica <i>Francesco Lenci</i>	111
Darwinismo sociale: un'invenzione degli economisti? <i>Maria Turchetto</i>	119
Ricerca identitaria nei disordini alimentari <i>Laura Dalla Ragione, Paola Bianchini</i>	133
Etica e scienza nella società della conoscenza <i>Andrea Cerroni</i>	149
Fumetti, esperimenti mentali e filosofia della mente <i>Andrea Sani</i>	169
Intervista a Ian Hacking <i>Silvano Zipoli Caiani, Duccio Manetti</i>	185
GIULIO PRETI E LA CULTURA FILOSOFICO-SCIENTIFICA ITALIANA	
La filosofia della cultura da Banfi a Preti <i>Alberto Peruzzi</i>	199
Giulio Preti, la retorica, le 'due culture' <i>Alessandro Pagnini</i>	205
Il pensiero di Preti e la sua difficile eredità <i>Paolo Parrini</i>	211
Giulio Preti, una filosofia dell'interculturalità <i>Luca M. Scarantino</i>	217
PREMIO GIULIO PRETI	
Motivazioni per il conferimento del premio a Ian Hacking	225
La questione della cultura: ripensando il dibattito del 1972 fra Giulio Preti e Michel Foucault <i>Ian Hacking</i>	227
Motivazioni per il conferimento del premio a Paolo Parrini	225
La scienza come ragione pensante <i>Paolo Parrini</i>	235

PROVE D'ORCHESTRA

Introduzione <i>Gigliola Paoletti Sbordoni</i>	245
<i>Workshop 1</i>	
Un'esperienza di educazione scientifica <i>Simona Barbetti, Daniela Sgobino</i>	249
Sintesi dei lavori <i>Paola Conti</i>	257
<i>Workshop 2</i>	
L'insegnamento delle scienze nella scuola primaria <i>Alfreda Nevicati</i>	259
Sintesi dei lavori <i>Paola Falsini</i>	261
<i>Workshop 3</i>	
Bambini in forma <i>Franca Petrelli</i>	263
Sintesi dei lavori <i>Umberto Cattabrin</i>	265
<i>Workshop 4</i>	
Dalle ombre al moto apparente del sole <i>Rossella Bragazzi</i>	269
Sintesi dei lavori <i>Leonardo Barsantini</i>	272
<i>Workshop 5</i>	
L'insieme N e il Numerando <i>Lucia Stelli</i>	276
Sintesi dei lavori <i>Brunetto Piochi</i>	279
<i>Workshop 6</i>	
Percorso sulle forze <i>Tania Pascucci</i>	281
Sintesi dei lavori <i>Eleonora Aquilini</i>	293
<i>Workshop 7</i>	
Definizioni e punti di vista sulla probabilità <i>Ivan Casaglia</i>	293
Sintesi dei lavori <i>Alberto Peruzzi</i>	297
<i>Workshop 8</i>	
La rivoluzione scientifica <i>Marco Salucci</i>	299
L'infinito nella matematica, nella letteratura, nella musica, nella filosofia <i>Attilio Ferrini</i>	309
Sintesi dei lavori <i>Carlo Bernardini</i>	311
<i>Workshop 9</i>	
Il laboratorio per la ricerca del curricolo nel Circolo didattico di Vinci <i>Roberta Beneforti</i>	313
Le reti e il curricolo: alcune esperienze fiorentine <i>Stefano Dogliani</i>	316
La progettazione integrata nella provincia di Pisa <i>Rosa Dello Sbarba</i>	318
Il P.I.A. nella zona di Agliana, Montale, Quarrata, Serravalle Pistoiese <i>(Piana Pistoiese) Paolo Magnanensi</i>	321
Sintesi dei lavori <i>Emanuela Caroti</i>	325

PRESENTAZIONE

Questo volume che raccoglie gli atti degli eventi di Pianeta Galileo 2008 può a ragione essere considerato come un contributo importante nell'anno del giubileo galileiano. Esso infatti è il testimone di una iniziativa toscana di successo che si colloca fra i più seri tentativi di promozione di una cultura scientifica all'altezza del nuovo millennio, garantendo un'alta qualità dell'offerta, senza scadere in una divulgazione semplificata e banale.

A differenza di quanto viene affermato da fonti troppo interessate per essere credibili, infatti, i giovani si lasciano coinvolgere dalla serietà, dalla profondità e dalla genuinità del messaggio culturale. Una scelta, la nostra, che ha privilegiato il contatto capillare con i cittadini di tutte le età, in tutto il territorio, piuttosto che dare vita a eventi spettacolari sul piano mediatico, ma proprio per questo rimasti al livello di episodi che non sedimentano sensibilità e conoscenze nuove.

I dati dell'edizione 2008 confermano un costante trend di crescita della partecipazione: lo scorso anno a livello regionale sono stati registrati 26.446 partecipanti con un incremento di circa il 130% rispetto all'edizione del 2005 (9.147 presenze). Circa 200 gli appuntamenti con 70 lezioni-incontro fra scienziati e studenti delle scuole superiori, 25 i convegni, dieci grandi eventi, una dozzina di spettacoli teatrali, otto mostre, oltre a tante altre iniziative: visite guidate, osservazioni astronomiche e laboratori didattici, incontri serali, lezioni galileiane, seminari per gli insegnanti, premiazioni, concorsi, proiezioni di film.

Al di là del dato numerico, tuttavia, nell'edizione 2008 grazie alla capacità ideativa del nostro comitato scientifico, che tiene alto il nome della qualità e della creatività toscane, abbiamo sperimentato nuovi format sempre nell'ottica di coinvolgere il più possibile da una parte le province toscane e, dall'altra, fruitori diversi con iniziative pensate ad hoc. Pensiamo soprattutto alla riuscita, al di là di ogni aspettativa, dell'iniziativa "Primo incontro con la scienza", grazie alla quale i ragazzi delle scuole superiori hanno familiarizzato con i migliori testi di divulgazione scientifica e hanno avuto l'opportunità di conoscerne gli autori e dialogare con loro. Quell'immagine festosa del Palazzo dei congressi stracolmo di giovani attenti e consapevoli resta come il suggello della sesta edizione di Pianeta Galileo.

RICCARDO NENCINI
Presidente del Consiglio Regionale della Toscana

GIANFRANCO SIMONCINI
*Assessore all'Istruzione, alla Formazione e al Lavoro
della Regione Toscana*

INTRODUZIONE

ALBERTO PERUZZI

Università di Firenze, Coordinatore scientifico di Pianeta Galileo

Negli ultimi anni è notevolmente cresciuto il dibattito, talvolta assumendo toni molto accesi, intorno al posto della cultura scientifica nella scuola e nella società. Per chiunque abbia avuto a cuore, e non da subito, il valore della scienza per la formazione e per il futuro del Paese, si tratta di un dato positivo.

Si è sviluppata una discussione sull'importanza dei progressi scientifici in rapporto alla carenza di energia, alla tutela dell'ambiente, alle terapie mediche, alle tecnologie informatiche e ai loro molteplici usi. I canali d'informazione (stampa, radio, televisione, e più recentemente internet) hanno finalmente dato più ampio spazio ai problemi dell'educazione scientifica. Anche questi sono fatti rincuoranti, al di là del più o meno carente approfondimento. I dati OCSE-Pisa hanno dovuto far riflettere anche chi aveva sempre preferito ignorare o sottostimare la progressiva caduta di qualità formativa, verificatasi nel corso degli ultimi vent'anni, tra i giovani che si iscrivono all'università. Di nuovo, si può discutere sul modo in cui la riflessione si è sviluppata e sulla incisività delle risposte avanzate, ma è un dato positivo che si sia avviato un pubblico confronto di idee in termini meno ideologici che in passato.

Ampia eco hanno avuto alcuni dibattiti che, pur motivati da specifici fatti di cronaca, hanno toccato temi di portata generale, riguardanti il senso stesso dell'impresa scientifica in rapporto a valori extrascientifici. È un altro dato significativo. Anche in questo caso, benché si possa discutere sul modo in cui le questioni sono state poste all'attenzione dell'opinione pubblica, la presa di coscienza delle questioni è sicuramente un passo importante.

Sta, insomma, crescendo la sensibilità pubblica verso il valore dell'innovazione scientifica e tecnologica e verso i mezzi che possano favorirla. Problemi che fino a pochi anni fa erano appannaggio di una ristretta cerchia di studiosi stanno diventando problemi la cui rilevanza è avvertita da un numero sempre maggiore di cittadini. Tra le questioni all'ordine del giorno ci sono i modi d'impiego delle nuove tecnologie, le richieste di nuove modalità comunicative del sapere, i progetti di riforma della scuola e dell'università, il valore di investimenti a lungo termine in settori che si collocano alle frontiere della ricerca.

Fino a pochi anni fa, i "ricercatori" erano una categoria pressoché incognita ai più. Oggi si sta prendendo coscienza che su di loro si gioca la partita del futuro. Fino a pochi anni fa, le riflessioni sui guai della scuola erano condotte in un'ottica che metteva la metodologia didattica davanti alla qualità dei contenuti conoscitivi che si voleva trasmet-

tere. Non c'è da stupirsi che ne siano state partorite discussioni, convegni e relativi atti, il cui "messaggio" e il cui stesso stile espositivo testimoniavano un ulteriore aspetto del problema, piuttosto che la sua soluzione. Naturalmente, come spesso accade quando si rimbalza da un eccesso a un altro, c'è da augurarsi che non si voglia azzerare il valore di una consapevolezza metodologica, come c'è da augurarsi che il privilegio accordato per tradizione alla cultura umanistica non rimbalzi nella sottostima di una formazione letteraria e storica.

C'è stata anche una proliferazione di festival scientifici congegnati sul modello degli show e sulle cui effettive ricadute, non circoscritte alla visibilità mediatica dell'evento in sé, sarebbe opportuno riflettere. Anche quello dei festival scientifici è, tuttavia, un fenomeno che segna un indubbio cambiamento rispetto al passato: è indicatore di una mutata sensibilità verso il sapere, e ha potenzialità da non trascurare.

Pianeta Galileo è nato da una precisa idea, che si può riassumere nell'importanza di un avvicinamento fra ricerca e didattica delle scienze, nell'importanza di una consapevolezza storica ed epistemologica del sapere e nell'importanza, per la comprensione del metodo scientifico, tanto della pratica sperimentale (le "sensate esperienze" di galileiana memoria) quanto della più nitida razionalità che si esprime nella matematica (le "necessarie dimostrazioni").

A questa idea di fondo si collega la convinzione che il valore della cultura scientifica non si riduca alla sua utilità pratica qui-e-ora. Il riconoscimento dei vantaggi derivanti dalla ricerca "di base" dovrebbe far capire l'importanza della stessa ricerca "di base", senza arrivare a pensare che "progetti finalizzati" e "ricadute" applicative, tecnico-industriali, siano di secondaria importanza. Ovviamente l'economia ne beneficia, ma la formazione di un'aperta e differenziata cultura scientifica ha bisogno di un respiro più ampio.

Nel 2008, la distribuzione sul territorio regionale degli eventi promossi da Pianeta Galileo ha visto un incremento rilevante nella partecipazione degli studenti e dei docenti. A ciò ha sicuramente giovato l'ormai consolidata collaborazione con gli assessorati all'istruzione e alla cultura di province e comuni, con i tre atenei toscani di Firenze, Pisa e Siena, e con il Gabinetto Scientifico-Letterario G. P. Vieusseux, come pure ha giovato la sinergia con autonome iniziative di associazioni e istituzioni scientifiche, *tra le quali* l'Associazione La Limonaia, il Giardino di Archimede, la Fondazione Stensen, l'Istituto Gramsci, l'Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Rispetto alle edizioni precedenti di Pianeta Galileo, l'edizione 2008 ha visto numerose novità che forse avrebbero meritato maggiore attenzione da parte dei media, perché, non riducendosi all'arco di un "evento", hanno messo in moto un'articolata riflessione sulla didattica delle scienze e hanno stimolato l'interesse di molti giovani verso le scienze. Basti, qui, segnalare due di queste novità: "Prove d'orchestra", una giornata di studio a San Giovanni Valdarno, in cui i docenti delle scuole toscane, coinvolti in esperienze di didattica innovativa delle scienze, hanno discusso insieme i risultati dei progetti che hanno realizzato; e "Primo incontro con la scienza", un'iniziativa che ha

offerto la possibilità a scuole e biblioteche civiche della Toscana di disporre di una selezione di testi di divulgazione scientifica, di esprimere un giudizio al riguardo e di partecipare poi all'incontro con gli autori. In entrambe le iniziative è stato prezioso l'apporto dell'Ufficio Scolastico Regionale.

In questo volume sono raccolti i testi di alcuni contributi a Pianeta Galileo 2008. L'elenco completo delle iniziative (lezioni, conferenze, tavole rotonde, seminari, proiezioni) è consultabile sul sito internet <http://www.consiglio.regione.toscana.it/news-ed-eventi/pianeta-galileo/default.asp>, mentre ulteriori materiali (documenti, interviste, resoconti, registrazioni audio e video) si trovano sul sito <http://www.pianetagalileo.it/2008/>.

Se è motivo di soddisfazione che alcuni dei contributi qui raccolti siano già stati richiesti per essere pubblicati in altre lingue, è motivo di onore, per tutti coloro che hanno collaborato a Pianeta Galileo 2008, che la manifestazione abbia ricevuto per il secondo anno consecutivo l'altro patronato del Presidente della Repubblica.

PROSPEZIONI



CHE COS'È LA PROBABILITÀ?

ANTONIO MORO

Dipartimento di Ingegneria civile, Università di Firenze

1. Premessa

Ci sono cose che tu, lettore di questo racconto, sai essere vere, e altre che sai essere false. Rimangono molte cose la cui verità o falsità non ti è nota. Rispetto a queste, sei in condizione d'incertezza.

Scriva Bruno De Finetti [2, p. 34]:

Tutti e sempre ci troviamo – nei confronti di tutte o quasi le cose – in condizioni di incertezza.[...] Incertezza in ogni senso.

Incetenza circa le situazioni di fatto, presenti e passate, [...] Incetenza nelle previsioni [...] Incetenza di fronte alle decisioni [...]

E continua:

A tutti capita spesso di non contentarsi (o di non potersi contentare) di ciò. E quindi di andar oltre. E andar oltre correttamente significa entrare in quella che abbiamo detto logica della previsione. [2, p. 85]

Peter Bernstein sostiene che questo passaggio (ossia lasciare la logica del certo per adottare una logica di previsione) distingue migliaia di anni di storia da quelli che pensiamo essere i tempi moderni.

Il passato è pieno di brillanti scienziati, matematici, inventori, tecnologi, e filosofi. Centinaia d'anni prima della nascita di Cristo, i cieli avevano le loro mappe, la grande biblioteca di Alessandria era in funzione e s'insegnava la geometria di Euclide. La domanda d'innovazione tecnologica militare era insaziabile come oggi. Carbone, ferro e rame erano al servizio degli uomini da millenni, viaggi e comunicazioni marcano i veri inizi della civilizzazione.

L'idea rivoluzionaria che marca la frontiera tra i tempi moderni e il passato è l'addomesticamento del rischio: la percezione che il futuro è più di un ghiribizzo degli dei e che gli uomini e le donne non sono passivi di fronte alla natura. Fino a quel momento, il futuro era uno specchio del passato o l'oscuro dominio di oracoli e indovini che avevano il monopolio della conoscenza degli eventi futuri. [1, p. 1]

Dopo questa frase mi pare naturale invitare a una riflessione sulla quantità di oroscopi e indovini a disposizione, in Italia, tramite i mezzi di comunicazione di massa!

Per superare questo stato di cose bisognava inventare uno strumento per misurare l'incertezza, la probabilità appunto. Cercherò di raccontare, molto rapidamente, il per-

corso che ha portato all'odierno, onnipresente, utilizzo di modelli probabilistici nei più svariati settori delle attività umane.

Prima, ancora due parole sull'incertezza. Che dietro l'incertezza ci sia l'ignoranza, pare scontato. Ma forse non basta a spiegare l'infinita varietà delle cose incerte. Esistono il caso, l'aleatorietà, la fortuna, il destino, la "sorte" (che il Devoto – Oli, [4], definisce «forza impersonale che si immagina regolare, secondo un corso imprevedibile, le vicende umane»)?

Un'abilità nel valutare quote di scommessa in situazioni a rischio è di tutti; ha importanza per la sopravvivenza ed è parte della nostra eredità evolutiva. A un certo punto della storia dell'uomo, compare la relazione di causa-effetto che ha un alto valore di verità, è facile da insegnare e da imparare. Di qui, l'enfasi sulle "leggi di natura."

La conoscenza pratica è identificata con ristrette relazioni di causa-effetto con alto valore predittivo. La conoscenza rilevante per l'organizzazione sociale invece era "rivelata". Essa era basata sull'autorità, e non sulla verifica empirica. "Cose che accadono."

A questo punto mi sento di proporre quest'apologo di Schumacher - l'economista, non l'ex pilota di Formula 1!

Quando l'Onnipotente creò il mondo e gli uomini perché lo abitassero, un'impresa che secondo la scienza moderna, prese molto tempo, posso ben immaginare che ragionasse nel modo seguente: «Se faccio tutto prevedibile, questi esseri umani, cui ho dato in dote cervelli piuttosto buoni, impareranno senza dubbio a prevedere tutto, e, da quel momento in poi, non avranno più motivo di fare qualcosa, perché riconosceranno che il futuro è totalmente determinato, e non può essere influenzato da alcuna azione umana. D'altro lato, se faccio tutto imprevedibile, essi scopriranno gradualmente che non c'è base razionale in qualsiasi decisione e, come nel primo caso, da allora in poi non avranno alcun motivo di fare alcunché. Perciò devo creare un misto dei due. Siano alcune cose prevedibili e altre non lo siano. Così gli uomini avranno anche il compito molto importante di scoprire quali sono le une e quali le altre. [11, p. 186]

Fermiamoci qui, altrimenti questo discorso rischia di allontanarci dal nostro obiettivo. Proviamo invece a inoltrarci nel sentiero che porta alla nozione moderna di probabilità.

2. Inizi

Per trovare uno strumento di previsione è utile avere a disposizione un "laboratorio", come ci ha insegnato Galileo. È sorprendente che il laboratorio per creare una matematica dell'incertezza fosse pronto da molto tempo, ma non sia stato utilizzato fino al Rinascimento, anzi addirittura fino alla metà del Seicento. Infatti, appena raggiunta la maturità, "homo sapiens" inventò qualcosa che, nel corso dei secoli, è stato definito vizio, crimine, piacere, magia, malattia, follia, debolezza, forma di sostituzione sessuale. Inventò il gioco d'azzardo! Di nuovo, mi vedo costretto a sorvolare sull'affascinante dibattito circa i motivi che stanno all'origine del gioco d'azzardo. Rinvio il lettore interessato al libro di Ian Hacking, [5].

Scriva Luciano di Samosata (124 a.C.):

io ripensavo alla vita umana, che parmi come una lunga processione. Fortuna è il ceremoniere che ordina e distribuisce gli uffici e le vesti: ti piglia uno che le viene innanzi, lo veste da re, gli mette la tiara in capo, lo circonda di guardie, lo corona d'un diadema: sovra un altro getta una tonacella di servo: a chi dà un aspetto bello, a chi uno brutto e ridicolo, perché lo spettacolo dev'essere variato. [7]

Circa mille e seicento anni dopo, Nicolò Machiavelli nel *Principe* lascia alla Fortuna soltanto il 50%:

Nondimanco, perché il nostro libero arbitrio non sia spento, iudico poter esser vero che la fortuna sia arbitra della metà delle azioni nostre, ma che etiam lei ne lasci governare l'altra metà, o presso, a noi.

Conclude Cerasoli: «Adesso ognuno può dire la sua: abbiamo da scegliere. Per quale percentuale la Fortuna è arbitra delle nostre azioni? Al 100% come affermava Luciano, al 50% come sostiene Nicolò o a un valore p , compreso tra lo 0 e il 100 %?».

I primi studi quantitativi conosciuti che riguardano questioni d'incertezza si riferiscono sempre al gioco dei dadi. Per esempio, alcuni commentatori della terzina di Dante¹

Quando si parte il gioco della zara,²

Colui che perde si riman dolente,

Ripetendo le volte, e tristo impara.

provano a calcolare il numero di modi con cui si possono ottenere i vari risultati.

Nel Cinquecento, un tentativo di dare una sistemazione a problemi di questo tipo si trova nel *Liber de Ludo Aleae* (*Libro sul gioco dei dadi*) di Gerolamo Cardano. Oynstein Ore, [8], dà un'affascinante ricostruzione della vita di Cardano, piena di interessi in campi diversi, tra cui la medicina, l'astrologia e la matematica. In quest'ultimo campo è famoso il suo scontro con Tartaglia riguardante la soluzione dell'equazione algebrica di terzo grado. Il *Liber de Ludo Aleae* fu però pubblicato postumo nel 1663 e non si sa quale influenza abbia avuto sugli sviluppi della probabilità.

Cardano formulò un principio: che le puntate, in una scommessa "equa", dovrebbero essere in proporzione al numero di modi in cui ogni giocatore può vincere; e applicò questo principio per trovare le quote di scommesse per puntare sui vari risultati ottenibili con due o tre dadi.

Anche Galileo Galilei, con il suo *Sopra Le Scoperte de i Dadi*, contribuisce a chiarire un problema riguardante un gioco con tre dadi. Nelle parole di Galileo:

... ancor che il 9 e 'l 12 in altrettante maniere si componghino in quanto il 10 e l'11, per lo che di eguale uso dovriano esser reputati, si vede non di meno che la lunga osservazione ha fatto da i giocatori stimarsi più vantaggiosi il 10 e l'11 che 'l 9 e 'l 12.

Galileo spiega il fenomeno enumerando le possibili combinazioni dei tre risultati che compongono la somma. Mostra che il 10 e l'11 possono comparire in 27 modi (sul totale di 216), mentre il 9 e i 12 possono comparire in 25 modi – il che spiega lo “svantaggio”.

I lavori di Cardano e di Galileo sono sicuramente notevoli, ma la scintilla che dette inizio allo studio sistematico della probabilità fu fatta scoccare da un certo Cavaliere de Méré, scrittore, eminente figura della corte di Luigi XIV (il “Re Sole”) e ardente giocatore d'azzardo. De Méré pose due problemi a Blaise Pascal, che era stato un bambino prodigio, avendo pubblicato un suo trattato sulle sezioni coniche a sedici anni e avendo inventato una macchina calcolatrice a diciotto. Al momento della richiesta di de Méré, la sua dimostrazione del peso dell'atmosfera lo aveva posto in prima fila fra gli scienziati dell'epoca. Pascal decise di prendere contatto con Pierre de Fermat, un colto giurista di Tolosa, che studiava matematica a tempo perso. Fermat perciò è stato chiamato il principe dei dilettanti, essendo in realtà uno dei più grandi matematici di tutti i tempi.

Il primo problema riguardava i risultati sui giochi di dadi. L'esperienza lo aveva portato a concludere che era più facile vincere scommettendo su almeno un 6 in quattro lanci di un dado rispetto a puntare su almeno una coppia di sei su 24 lanci di due dadi. Ore [9] racconta che le regole di scommessa di quei tempi suggerivano che, perché quattro ripetizioni fossero favorevoli per il verificarsi di un sei con un dado, per un evento sei volte più incerto, $6 \times 4 = 24$ ripetizioni avrebbero dovuto essere sufficienti a una scommessa favorevole. Pascal e Fermat mostrarono, con un calcolo esatto, che ci volevano 25 lanci per ottenere una scommessa favorevole a una coppia di sei.

Il secondo problema era molto più difficile: era un vecchio problema, apparso nel libro di fra' Luca Pacioli *Summa de Arithmetica Geometria, Proporzioni et Proporzionalità*, stampato a Venezia nel 1494. Il problema riguardava la determinazione dell'equa divisione del premio in un torneo a punti che è interrotto per una qualche ragione. Questo problema è spesso indicato come il PROBLEMA DEI PUNTI.

Soluzioni ragionevoli, come quella di divider il premio proporzionalmente ai punti ottenuti al momento dell'interruzione, erano state proposte, ma non erano risultate soddisfacenti. Pascal e Fermat iniziarono una corrispondenza che contiene un nuovo modo di affrontare il problema.

In una lettera datata Mercoledì 29 luglio 1654, Pascal scrive a Fermat di aver ricevuto la sua soluzione, che trova molto brillante ecc., ma gli sembra che il metodo per ottenerla sia un po' “pesante”.

Qual era la proposta di Fermat? Fermat comprese che era più equo guardare al futuro, invece che al passato, ossia considerare quanti punti mancano ai due giocatori per raggiungere la vittoria finale. Se, per ottenere il premio, al giocatore A mancano due vittorie e al giocatore B ne mancano tre, allora i modi in cui il torneo può finire sono AA, ABA, BABA, BAA e BBAA. Però questi modi non sono “ugualmente possibili”. Per evitare la difficoltà, Fermat estende il numero di modi, aggiungendo giochi fittizi, in modo che tutti i giochi abbiano la stessa lunghezza (quattro). Se elenchiamo tutti i

possibili risultati del gioco esteso, si ha la tavola seguente:

AAAA	ABAA	BAAA	BBAA
AAAB	ABAB	BAAB	BBAB
AABA	ABBA	BABA	BBBA
AABB	BABB	ABBB	BBBB

Il giocatore A vince in tutti quei casi in cui ci sono almeno due A (11), e B vince nei casi con almeno tre B (gli altri 5 casi). Quindi Fermat conclude che il premio va suddiviso in 11/16 ad A e 5/16 a B.

Pascal continua la lettera scrivendo di aver trovato un metodo più rapido, basato sul seguente ragionamento: supponiamo che il premio sia 64 monete e che tale premio sia vinto da chi raggiunge tre vittorie nei singoli colpi.

Prendiamo il caso che al momento dell'interruzione il giocatore A abbia due vittorie e il giocatore B ne abbia una (2 a 1). Se giocassero un altro colpo e vincessesse A, allora A avrebbe vinto tutto, mentre se vincessesse B, andrebbero alla pari, (2 a 2), nel qual caso dividerebbero il premio finale metà per uno. Allora A dice: *«Je suis sur d'avoir 32 pistoles car la perte même me le donne; mais pour les 32 autres, peut-être je les aurai, peut-être vous les aurai; le hasard est égal; partageons donc ces 32 pistoles par la moitié, et me donnez, outre cela, mes 32 qui me sont sûres»*³. Dunque ad A andrebbero 48 monete e a B ne andrebbero 16.

Altro caso: A ha due vittorie e B nessuna (2 a 0). Se giocassero un altro colpo e A vincessesse, prenderebbe tutto, mentre se perdesse, si troverebbero nella situazione precedente (2 a 1). Il ragionamento di A diventa: sono certo di ottenere 48 monete e delle restanti 16 facciamo a metà. Con questo ragionamento, A prenderebbe 56 monete e B ne prenderebbe 8.

Infine, se A ha vinto un solo colpo e B nessuno (1 a 0)⁴, al prossimo colpo, se A vincessesse, la situazione sarebbe quella del caso precedente (2 a 0), mentre se perdesse andrebbe alla pari con B (1 a 1). A dice: *«Si vous voulez ne la pas jouer, donnez-moi 32 pistoles chi me sont sûres, et partageons le reste de 56 par la moitié. De 56 ôtez 32. reste 24; partagez don 24 par la moitié, prenez-en 112 et moi 12, qui, avec 32 fait 44 »*⁵, cosicché A riceverebbe 32 + 12 = 44 monete e B ne riceverebbe 20, in accordo con il risultato di Fermat.

Abbiamo visto come Pascal e Fermat arrivino per due strade molto diverse alla soluzione del PROBLEMA DEI PUNTI. Il metodo di Pascal sviluppa un algoritmo ricorsivo (quindi facilmente realizzabile su un calcolatore) che è facile da generalizzare. Il metodo di Fermat, d'altro canto, consiste nel cambiare il problema in un problema equivalente per cui era facile usare tecniche combinatorie. Questa è una tecnica spesso usata in matematica! Vale la pena osservare che la questione della “uguale possibilità” porterà, nella riflessione successiva, a nuovi importanti concetti.

3. Valore atteso

Va notato che finora la parola “probabilità” non è ancora apparsa. In effetti, i metodi esposti tendono a stabilire qual è il valore equo di una scommessa; per esempio, ri-

guardando i ragionamenti di Pascal e di Fermat, si nota come riducano il problema a una scommessa simmetrica in cui ogni giocatore ottiene una data quantità e prende per buono che le puntate debbano essere divise in parti uguali, calcolando quello che potremmo chiamare un valore atteso.

Il primo studio sistematico del concetto di “valore atteso” compare nel libro *De Ratiociniis in Ludo Aleae (Sulla razionalità nei giochi di fortuna)*, pubblicato da Christian Huygens nel 1657. Come Pascal, anche Huygens trova il valore atteso di una scommessa supponendo che la risposta sia ovvia per certe situazioni simmetriche e usa ciò per dedurre il valore atteso per situazioni generali. Procedo per passi. Le prime tre proposizioni sono:

1. Se ho uguali possibilità di ottenere a o b , ciò vale per me quanto $(a + b)/2$.
2. Se ho uguali possibilità di ottenere a o b o c , ciò vale per me quanto $(a + b + c)/3$.
3. Se il numero di possibilità di ottenere a è p , e il numero di possibilità di ottenere b è q , supponendo sempre che ogni possibilità possa verificarsi in uguali modi, ciò vale per me quanto $\frac{pa + qb}{p + q}$.

Oggi, questa è considerata la definizione di valore atteso, ma per Huygens le proposizioni precedenti richiedono una dimostrazione. Per dimostrare la Proposizione 1, Huygens introduce una lotteria con due giocatori che puntano ciascuno x monete e si accordano affinché il vincitore paghi la quantità a al perdente cosicché il vincitore riceve $2x - a$. Posto $2x - a = b$, la lotteria diventa equivalente al gioco dato e $x = (a + b)/2$.

La dimostrazione della Proposizione 2 è analoga. Huygens nota che questo risultato può essere esteso ad un qualunque numero di giocatori cosicché il valore del gioco con un numero finito di uguali possibilità è la media aritmetica dei premi.

Per dimostrare la Proposizione 3 sulla media pesata, Huygens ragiona così: consideriamo una lotteria con $p + q$ giocatori (incluso me), ciascuno dei quali punta x monete. Con q di essi mi accordo per ricevere b da ciascuno dei vincenti tra loro o pagare loro b se vinco, mentre con ciascuno dei restanti $p - 1$ giocatori mi accordo che ciascuno di loro che vinca paghi a me la quantità a e riceva da me la stessa quantità se vinco io. Pertanto io ho una possibilità su $p + q$ di ottenere la quantità $(p + q)x - qb - (p - 1)a$, q possibilità di ottenere b , e $p - 1$ possibilità di ottenere a . Questa lotteria è equivalente al gioco originale se $(p + q)x - qb - (p - 1)a = a$, cosicché $x = (pa + qb) / (p + q)$.

Un vantaggio di questo metodo è di dare una giustificazione per il valore atteso, anche in casi in cui non è ragionevole supporre che l'esperimento sia ripetibile un gran numero di volte.

Un altro primitivo uso del valore atteso appare nel ragionamento di Pascal per convincere che una persona razionale dovrebbe credere nell'esistenza di Dio: la famosa scommessa di Pascal, [10].

Esaminiamo allora questo punto, e diciamo: “Dio esiste o no?” Ma da qual parte

inclineremo? La ragione qui non può determinare nulla: c'è di mezzo un caos infinito. All'estremità di quella distanza infinita si gioca un giuoco in cui uscirà testa o croce. Su quale delle due punterete? Secondo ragione, non potete puntare né sull'una né sull'altra; e nemmeno escludere nessuna delle due. Non accusate, dunque, di errore chi abbia scelto, perché non ne sapete un bel nulla.[...]

Sì, ma scommettere bisogna: non è una cosa che dipenda dal vostro volere, ci siete impegnato. Che cosa sceglierete, dunque? Poiché scegliere bisogna, esaminiamo quel che v'interessa meno. Avete due cose da perdere, il vero e il bene, e due cose da impegnare nel giuoco: la vostra ragione e la vostra volontà, la vostra conoscenza e la vostra beatitudine; e la vostra natura ha da fuggire due cose: l'errore e l'infelicità. La vostra ragione non patisce maggior offesa da una scelta piuttosto che dall'altra, dacché bisogna necessariamente scegliere. Ecco un punto liquidato. Ma la vostra beatitudine? Pesiamo il guadagno e la perdita, nel caso che scommettiate in favore dell'esistenza di Dio. Valutiamo questi due casi: se vincete, guadagnate tutto; se perdetevi, non perdetevi nulla. Scommettete, dunque, senza esitare, che egli esiste.

In queste parole si sono lette molte cose, ma una ci interessa in modo particolare: un primo esempio di quella che oggi è chiamata teoria delle decisioni in condizioni di incertezza, che si è rivelata di grande utilità. Oggi questo modo di ragionare si è risultato importante nella diagnostica medica e nella gestione aziendale.

Proviamo a formulare la scommessa di Pascal in termini moderni. Abbiamo due possibili "stati di natura": "Dio esiste" e "Dio non esiste" e due "azioni" possibili: credere o non credere nell'esistenza di Dio. Indichiamo con p la probabilità che Dio non esista. La "perdita" della scommessa è riassunta nella tavola seguente:

	Dio non esiste	Dio esiste
	p	$1 - p$
Credo	$-u$	v
Non credo	0	$-x$

dove u , v e x sono opportuni valori. Ora per determinare qual è la strategia migliore, si dovrebbe fare il confronto fra i due valori attesi:

$$p(-u) + (1 - p)v \text{ e } p0 + (1 - p)(-x)$$

e scegliere il più grande dei due. In generale, la scelta dipenderà dal valore di p . Ma Pascal assume che il valore di v sia infinito e quindi la strategia di credere è migliore, qualunque sia la probabilità che si assegna all'esistenza di Dio.

Questo esempio è considerato l'inizio della moderna teoria delle decisioni in condizioni di incertezza, che è importante parte della diagnostica medica e della gestione aziendale.

Huygens propone, alla fine del suo libro, cinque problemi che ebbero un'importan-

te parte nello sviluppo della teoria matematica dell'incertezza, in quanto tutti i principali matematici si sentirono in obbligo di risolverli e di generalizzarli contribuendo così allo sviluppo della teoria. In particolare, un problema costituirà il nucleo centrale di moltissimi sviluppi teorici e pratici: il problema della rovina del giocatore.

Problema V

A e B hanno 12 monete ciascuno e giocano con 3 dadi. Se viene 11, A dà a B una moneta, ma se viene 14 B dà una moneta ad A. Vince il gioco il primo che ottiene tutte le monete. Quali sono le possibilità di vittoria per A e per B?

4. Prime Applicazioni

Ma la probabilità s'interessa soltanto dei giochi d'azzardo (spesso vietati dalle autorità preposte)? Esaminiamo i titoli dei lavori usciti nei primi vent'anni del XVIII secolo relativi al tema:

1708. Pierre Rémond de Montmort, *Essai d'Analyse sur les jeux de hazards*⁶,

1709. Nicholas Bernoulli, *De Usu Artis Conjectandi in Jure*⁷.

1712. J. Arbuthnott, *An Argument for Divine Providence, taken from the constant Regularity observed in the Births of both Sexes*⁸.

1712. A. de Moivre, *De Mensura Sortis*⁹.

I 713. James Bernoulli, *Ars Conjectandi*¹⁰.

1717. Nicholas Bernoulli, *Solutio Generalis Problematis XV propositi a D. de Moivre, in tractatu de Mensura Sortis*¹¹.

1717. A. de Moivre, *Solutio generalis altera praecedentis Problematis*¹².

1718. A. de Moivre, *The Doctrine of Chances*¹³.

Come si vede, un'esplosione! Appaiono i primi riferimenti a qualche applicazione alla giurisprudenza e alla demografia. Se poi non ci si limita ai titoli, ma si esaminano gli indici, si scoprono altre applicazioni interessanti per esempio alle assicurazioni: val la pena notare che assicurazioni e gioco d'azzardo sono due approcci diversi all'assunzione di rischi: la differenza sta nel fatto che i giocatori d'azzardo pagano per assumersi rischi non necessari, mentre gli acquirenti di assicurazioni pagano per evitare le conseguenze di rischi necessari.

Premunirsi contro le avversità ha un prezzo da oltre quattromila anni. I Sumeri prima, e poi i Babilonesi, per le carovane, Atene per il commercio marittimo, avevano messo in pratica sistemi assicurativi per le merci trasportate. Venezia, Genova, Barcellona dal XIV secolo e, a ruota, tutta l'Europa, avevano sviluppato un sistema vicino alla scommessa ordinaria.

I contratti dicono: «nel caso, e Dio non voglia, che succedesse alla [barca] qualcosa di male in seguito al rischio di Dio, dei pirati e degli incidenti dovuti al maltempo» ai proprietari di imbarcazioni veniva prestata un'ingente somma che era poi rimborsata con gli interessi, a seconda del tragitto, se la barca arrivava a destinazione.

Solo dal Seicento abbiamo un modo di calcolare il giusto prezzo di un rischio uti-

lizzando il “principio di equità” basato sul valore atteso.

Un personaggio chiave in questa direzione è John Graunt, che nel 1662 pubblica *Observations Made upon the Bills of Mortality*¹⁴. La citazione che segue mi pare un manifesto della nascita di una nuova scienza: la Statistica¹⁵:

Ora avendo (non solo per quale accidente) impegnato i miei pensieri sui Bollettini dei Decessi, ed essendo riuscito a ridurre molti grandi e confusi Volumi a poche Tavole chiare, e ridotto le Osservazioni da come naturalmente fluiscono da essi a pochi succinti Paragrafi, senza lunghe serie di magniloquenti Deduzioni, ...

Indagini sulle persone e le proprietà erano state eseguite fin dai tempi più antichi a scopi fiscali e militari. Nella Roma repubblicana i membri e le proprietà di ogni famiglia erano registrati ogni cinque anni. Augusto estese il censimento all'intero impero romano. Con la sua caduta, il censimento scomparve; regolari censimenti a copertura di un intero stato nazionale non furono ripresi, di fatto, fino agli inizi del XVIII secolo. Nel Medioevo e nel Rinascimento, indagini venivano svolte in modo intermittente, prevalentemente per ragioni fiscali, come il Domesday Book del 1086 in Inghilterra e l'estesa indagine fatta a Firenze nel 1427.

Ma ritorniamo a Graunt. Partendo dai Bollettini dei decessi tenuti nelle parrocchie di Londra dal 1603, fece stime sulla popolazione di Londra e fornì inoltre i primi dati sulla mortalità, per esempio quelli nella tavola seguente.

Età	Sopravvissuti
0	100
6	64
16	40
26	25
36	16
46	10
56	6
66	3
76	1

Come osserva Hacking [5], Graunt apparentemente costruì questa tavola supponendo che dopo l'età di 6 anni ci sia una frequenza costante ($5/8$) di sopravvivere per un altro decennio. Chiaramente, un tasso di mortalità costante non è accettabile durante tutto il periodo di vita di un uomo e poco dopo Halley (l'astronomo della cometa) fornì tavole più realistiche sotto questo aspetto.

Un vitalizio assicura una certa quantità di denaro durante un periodo di n anni. Per determinare il valore di un vitalizio si ha bisogno solo di conoscere l'appropriato tasso di interesse che può identificarsi con il valore atteso della durata di vita del compratore. Pertanto il lavoro di Huygens che introduce il valore atteso e il lavoro di Graunt e Hal-

ley nel determinare le tavole di mortalità portò a un metodo più razionale per prezzare i vitalizi.

Questa fu una delle prime serie applicazioni del ragionamento probabilistico fuori dalle case da gioco. Vale la pena ricordare che proprio in quegli anni, esattamente nel 1668, un certo Edward Lloyd, barista nel porto di Londra, fondò la prima compagnia di assicurazioni destinata a durare fino ai nostri giorni.

5. Probabilità

Avrete notato che fino a questo punto la parola «probabilità» non è ancora comparsa. In effetti, il termine appare in Pascal, nei medesimi anni, ma in un tutt'altro contesto. Pascal critica l'applicazione che i casuisti gesuiti fanno della «massima delle probabilità»: si è obbligati in coscienza ad osservare solo i precetti che sono certi nella loro formulazione e nella loro promulgazione, e quindi «basta il parere probabile di un direttore spirituale competente per ritenersi esenti dal dovere di soddisfare un precetto». Oggi saremmo inclini a tradurre il dibattito seicentesco sul probabilismo morale in termini di logica delle norme.

Dobbiamo inoltre mettere in chiaro che l'ambiguità della parola «probabilità» durante la seconda metà del Seicento è assai significativa. Da una parte, essa dà a intendere che le due nozioni di «probabilità» e di «casualità» (*chance*) si siano sviluppate in modo autonomo e indipendente; dall'altra, dà a intendere che l'idea di «probabilità» si trovi al centro di due diverse costellazioni concettuali in due epoche successive, la prima dall'Antichità classica fino al Rinascimento incluso, la seconda dal Seicento fino ai nostri giorni.

La considerazione del probabile ha una duplice origine: l'incerto e il fortuito. Naturalmente, incertezza e casualità hanno stretti collegamenti. Siamo particolarmente incerti, davanti al caso, perché esso è imprevedibile.

Peraltro, la prima cosa da affermare è che, presso i Greci, il termine «probabile» designa un attributo delle opinioni, contrariamente a quanto riguarda la scienza o sapere teorico (*episteme*), che ha per predicato proprio l'universale certezza, perché l'universalità ha il suo fondamento nella necessità. Quasi sempre potremmo tradurre «probabile» con «plausibile».

Il profilo della probabilità che abbiamo appena delineato è ben diverso da quello moderno, secondo il quale «probabile» è l'attributo di un evento, e non di un enunciato. Si potrebbe obiettare che la distinzione è speciosa, giacché molti enunciati hanno la funzione di indicare o di descrivere eventi.

Certo, per i moderni come per gli antichi, la «probabilità» si attribuisce a eventualità future, e poco importa se per eventualità viene inteso un enunciato relativo a un fatto parzialmente indeterminato, oppure il fatto stesso. D'accordo, ma ciò che importa nel moderno calcolo delle probabilità è che le eventualità considerate siano enumerabili. E se queste eventualità sono enumerabili, abbiamo buone possibilità di controllare se sono anche equipossibili. La considerazione moderna delle probabilità non appartiene

più alla logica del plausibile, bensì all'analisi combinatoria che fornisce le chiavi per la corretta enumerazione delle eventualità, non le regole relative alle loro permutazioni e sostituzioni. Sulla base dell'analisi combinatoria, la logica del probabile si trasforma in calcolo delle probabilità.

Per i nostri scopi è sufficiente distinguere due tipi di probabilità: OGGETTIVA e SOGGETTIVA.

La probabilità OGGETTIVA (o *statistica*) è usata per descrivere proprietà di esperimenti come i giochi d'azzardo e per descrivere eventi casuali in popolazioni, come la possibilità della nascita di un maschio o la possibilità di morire a una certa età. Tali probabilità sono derivate da considerazioni di simmetria o stimate da frequenze relative. Basata su un gioco di fortuna idealizzato con un numero finito di esiti ugualmente possibili, la probabilità CLASSICA è definita come il rapporto tra il numero di esiti favorevoli e il numero totale di esiti.

La probabilità SOGGETTIVA, (o *personale*, o anche *epistemica*) è usata per misurare il grado di fiducia in una proposizione la cui evidenza non ha bisogno d'essere di natura statistica. Tali probabilità fanno riferimento alla nostra imperfetta conoscenza e quindi connesse solo indirettamente alle cose o agli eventi su cui l'affermazione è fatta. Alcuni filosofi considerano la probabilità epistemica come una misura della forza di una relazione logica tra due proposizioni, ossia come una relazione più debole di quella di un'implicazione logica. Forse il primo a mettere in chiaro questa distinzione tra i due tipi di probabilità è stato James Bernoulli nella Parte 4 del suo libro *Ars Conjectandi* (1713).

Da un punto di vista matematico, tuttavia, non è necessario o desiderabile definire esplicitamente la probabilità. Seguendo la procedura assiomatica, [6], la probabilità è una nozione non definita, un numero reale compreso tra 0 e 1 soddisfacente certi assiomi (regole di calcolo) da cui si sviluppa per deduzione il calcolo delle probabilità. Da questo punto di vista ogni interpretazione della probabilità è ammissibile se è coerente con gli assiomi.

Dobbiamo a Bernoulli l'importante distinzione tra probabilità che possono essere calcolate a priori (deduttivamente, da considerazioni di simmetria) e quelle che possono essere calcolate solo a posteriori (induttivamente, da frequenze relative).

Un'altra nozione importante è quella di PROBABILITÀ CONDIZIONALE, che fu usata molto prima di essere formalmente definita. Pascal e Fermat considerarono il problema dei punti che riformuliamo come: perché A ha vinto m giochi e B ne ha vinti n , qual è la probabilità che A vinca il torneo? Questo è chiaramente un problema di probabilità condizionale.

Un altro problema di Huygens è il seguente: tre giocatori, A, B e C, mettono 12 palline, di cui 4 sono bianche e 8 sono nere, in un'urna. A è il primo ad estrarre, poi B e poi C; il vincitore è colui che estrae per primo una pallina bianca. Qual è il rapporto delle loro possibilità di vittoria?

Abraham de Moivre pubblica nel 1718 *The Doctrine of Chances* (La dottrina delle

possibilità), preceduto nel 1711 da *De Mensura sortis seu de probabilitate eventum in ludis a casu fortuito pendentibus* (Sulla misura della sorte, ossia delle probabilità di eventi in giochi dipendenti da casi fortuiti). Nell'opera del 1718 sono chiarite ed enunciate le nozioni d'indipendenza e dipendenza statistiche, come segue:

Due eventi sono indipendenti, quando non hanno connessione l'uno con l'altro e l'accadere di uno non influenza l'accadere dell'altro.

Due eventi sono are dipendenti, se sono così connessi tra loro che la probabilità di accadere di uno qualunque di essi è alterata dall'accadere dell'altro.

De Moivre usò il meccanismo di estrazione (campionamento) con e senza rimpiazzo, per illustrare che la probabilità che due eventi indipendenti accadano entrambi è il prodotto delle loro probabilità, mentre per eventi dipendenti la probabilità che entrambi accadano è il prodotto della probabilità che uno di essi accada per la probabilità che l'altro debba accadere, quando si consideri il primo come accaduto.

6. Legge dei Grandi Numeri

La Legge dei Grandi Numeri fu dimostrata per primo dal matematico svizzero Giacomo Bernoulli nella parte IV della sua *Ars Conjectandi*. Come spesso capita, tale dimostrazione è molto più complicata di quella che si dà oggi, basata su una disuguaglianza dovuta al matematico russo Chebyšev.

Supponiamo che una scatola contenga R palline rosse e V verdi. Se si compiono n estrazioni con rimpiazzo, la probabilità di estrarre una pallina verde in ciascuna di esse è data da

$$p^* = V/(R + V).$$

Bernoulli mostra che tende a zero la probabilità che il rapporto $f(n) = N(n)/n$ – del numero $N(n)$ di palline verdi estratte sul totale delle estrazioni (ossia la frequenza osservata) – differisca da p^* quando n diventa grande (tende all'infinito).

Perché questo risultato è importante? Perché mostra che una probabilità fisicamente reale, come p^* , può essere stimata con la frequenza empirica osservata in una successione di prove ripetute indipendenti (ossia sotto le stesse condizioni).

Tale Legge dei Grandi Numeri oggi è detta “debole”. Immaginiamo milioni di sperimentatori che compiono l'esperimento. Con n grande, la stragrande maggioranza otterrà una frequenza empirica vicina a p^* . Ma cosa si può dire di un singolo sperimentatore? Parlando in termini moderni, il problema di Bernoulli era proprio questo: stimare la probabilità incognita p che accada un dato evento. Per stimare p , si usa la frazione $f(n)$ del numero di volte in cui l'evento si è verificato su una serie (finita) di n esperimenti ripetuti nelle stesse condizioni.

Si noti che $N(n)/n$ è una media di esiti individuali, perciò la Legge dei Grandi Numeri è spesso chiamata “legge delle medie”. Colpisce il fatto che si possa partire con un esperimento su cui poco si può dire in termini di previsione e, prendendo medie, si ottenga un esperimento in cui l'esito può essere previsto con un alto grado di certezza.

Nell'*Ars Conjectandi*, Bernoulli fornisce ai lettori una lunga discussione sul significato del suo teorema insieme a molti esempi, alcuni dei quali sono elementari – come stimare la proporzione di palline bianche in un'urna che contiene un numero incognito di palline bianche e nere. Fornisce inoltre una vivace discussione sull'applicabilità del suo teorema per stimare la probabilità di morire di una particolare malattia, di differenti situazioni meteorologiche ecc.

Parlando del numero di prove necessarie per emettere un giudizio, Bernoulli osserva che "l'uomo della strada" crede nella "legge delle medie".

Non sfugge ad alcuno che per giudicare in questo modo circa un evento non è sufficiente usare una o due prove, ma occorre un gran numero di prove. Talvolta gli uomini più stupidi— per natura o mancanza di istruzione — danno per certo che più osservazioni si fanno e minore è il pericolo di sbagliare.

In termini più moderni, questo è l'errore del giocatore d'azzardo il quale ritiene che, più prove si fanno, più diventa probabile che esca il risultato desiderato!

Un altro personaggio entra in gioco: Thomas Bayes. Ministro presbiteriano, Bayes si occupò di matematica della probabilità. I suoi interessi matematici lo portarono ad essere eletto alla Royal Society nel 1742, anche se nessuno dei suoi risultati fu pubblicato in vita.

Il lavoro cui deve la sua fama è un breve saggio: *An Essay Toward Solving a Problem in the Doctrine of Chances*¹⁶ pubblicato nel 1763. In questo lavoro, Bayes passa in rassegna alcuni dei concetti basilari della probabilità e poi considera un nuovo tipo di problemi che richiedono una probabilità "inversa", ossia l'idea di calcolare la probabilità di una causa (o di un'ipotesi) dato un effetto (o l'evidenza disponibile).

Per approfondire il problema di Bernoulli, Bayes partì dal supporre che la probabilità p di successo sia a sua volta determinata da un fenomeno aleatorio. In effetti, pensò di scegliere a caso (ossia con uguale probabilità) un valore per p tra 0 e 1. Senza conoscere questo valore si compiono n prove di Bernoulli (ossia prove indipendenti con la stessa probabilità) in cui si osservano m successi. Bayes dette una soluzione al problema di trovare la probabilità condizionale che la probabilità incognita p sia compresa tra a e b con $0 \leq a \leq b \leq 1$, dato che si sono ottenuti m successi su n prove.

Bayes voleva mostrare la tale probabilità condizionale si concentrava intorno al valore vero di p , ossia cercava di risolvere un problema inverso. Al di là della difficoltà di calcolo incontrate, il suo lavoro fu il primo di una serie di studi portati avanti da Laplace, Gauss, e altri grandi matematici. Essi affrontarono questo problema in termini di errori nelle misure astronomiche. Se, infatti, un astronomo conoscesse il vero valore di una distanza e la natura dell'incertezza sugli errori causati dai suoi strumenti di misura, sarebbe in grado di dare una valutazione (probabilistica) delle sue misurazioni. Nella pratica, tuttavia, ci si deve confrontare con un problema inverso: il ricercatore conosce i valori delle misure effettuate e la natura degli errori casuali, e vorrebbe fare inferenze sul valore vero della distanza.

La determinazione di probabilità inverse è fondamentale per la statistica e all'origine di un paradigma statistico importante che va sotto il nome di analisi bayesiana, assicurando eterna fama a Bayes per il suo breve saggio.

6. Appare la curva a campana

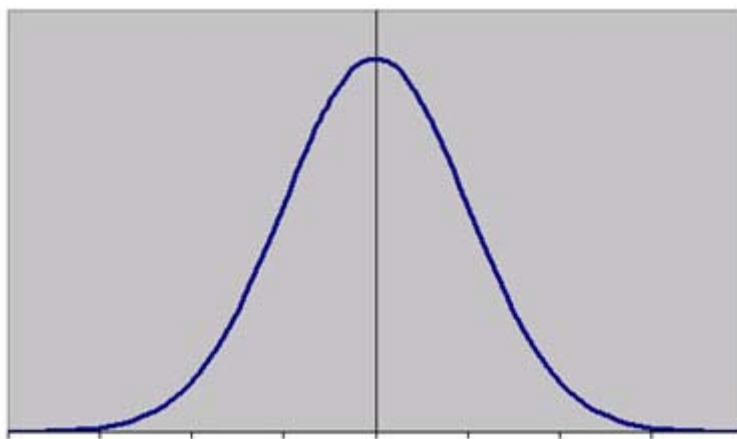
Facciamo un passo indietro nel tempo, per presentare un risultato “centrale” nel calcolo delle probabilità dovuto ad Abraham de Moivre e apparso come appendice del suo libro, *The Doctrine of Chances* [4].

De Moivre passò tre anni (dai 18 ai 21) in una prigione francese perché Protestante Ugonotto. Appena liberato, lasciò la Francia per l'Inghilterra, dove lavorò come tutore di giovani nobili. De Moivre frequentava i caffè di Londra e qui iniziò il suo lavoro sulla probabilità calcolando le quote di scommessa per giocatori d'azzardo. Incontrò anche Newton in uno di questi caffè e divenne suo amico; infatti, il suo libro è dedicato a Newton.

La *Doctrine of Chances* fornisce le tecniche per risolvere un'ampia varietà di problemi sui giochi d'azzardo. In mezzo a tali problemi de Moivre modestamente introduce:

Un Metodo di approssimazione della somma dei termini del Binomio $(a + b)^n$ sviluppato in Serie, da cui sono dedotte alcune regole pratiche per stimare il Grado di Consenso che deve essere dato agli Esperimenti [3. p. 243].

Questo metodo produce una curva che approssima i dati dalla forma caratteristica di una campana



la cui espressione analitica è

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

Si noti che essa contiene tutti i più famosi numeri irrazionali ($\sqrt{2}$, e , π). Forse è per questo che la curva è diventata un'icona culturale, oltre che un importante concetto matematico.

La curva a campana ha un certo numero di semplici proprietà geometriche, alcune delle quali furono immediatamente notate da de Moivre: la curva è simmetrica rispetto all'origine, dove ha un punto di massimo (che in seguito sarà chiamato “moda”). Inol-

tre se dal punto di massimo si scende verso destra (o sinistra) si trova un punto di flesso, dove cambia la pendenza della curva stessa.

Un altro grande padre della probabilità ha legato il suo nome alla curva a campana: Pierre Simon, marchese di Laplace. Il suo trattato *Théorie analytique des probabilités* del 1812 costituisce il primo trattato matematico del calcolo delle probabilità: riassume la conoscenza probabilistica precedente e introduce nuovi e potenti metodi matematici per trattare le questioni di probabilità. Inoltre, il tratta di Laplace contiene la descrizione della curva a campana come curva rappresentativa della distribuzione di errori casuali.

Alla metà dell'Ottocento, il matematico belga Quetelet mostrò empiricamente che la curva a campana si presentava nell'analisi di molti tipi di dati reali, e dette anche un metodo per adattare la curva a insiemi di dati. Laplace aveva dimostrato molto prima che la somma di molte grandezze aleatorie indipendenti e con la stessa legge di probabilità ha una legge di probabilità approssimata dalla curva a campana. Galton sapeva che certi tratti fisici in una popolazione apparivano avere approssimativamente lo stesso andamento. Scrive Galton (citato in[13]):

Per prima cosa lasciatemi mettere in evidenza che Quetelet e tutti gli autori che hanno seguito il suo percorso hanno sottovalutato questo fatto... sebbene le caratteristiche di piante e animali si conformino a tale legge, la ragione per cui ciò accade resta totalmente inesplicata. L'essenza della legge è che differenze dovrebbero complessivamente essere dovute alle azioni collettive di un esercito di trascurabili influenze indipendenti in varie combinazioni [...] Ora i processi dell'ereditarietà [...] non sono influenze trascurabili, ma molto importanti [...] La conclusione è [...] che i processi di ereditarietà devono lavorare armoniosamente con la legge delle deviazioni, ed essere essi stessi in un certo senso conformabili a essa.

Nel corso del tempo la curva a campana ha assunto vari nomi, a seconda del problema trattato. Perciò è stata detta anche «legge degli errori», o «legge della frequenza di errori». Altri nomi sono legati a nomi di studiosi, come «seconda legge di Laplace» e «legge gaussiana». Mai è chiamata «legge di de Moivre»¹⁸. Oggi il nome più usato per indicarla è quello di «legge normale». Pare che questa terminologia sia stata usata da Francis Galton in *Typical laws of heredity*¹⁹ (1877). Galton ha avuto molta influenza sullo sviluppo della Statistica in Gran Bretagna e, attraverso i suoi 'discendenti' Karl Pearson e R. A. Fisher, sulla Statistica mondiale. Galton non spiega perché usi il termine «normale», ma il senso potrebbe essere stato di conformarsi a una «norma».

7. Vecchi problemi e nuovi sviluppi

Sulla rivista *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitane*, nel 1738, Daniele Bernoulli (1700-1782), nipote di Giacomo, pubblica l'articolo *Specimen Theoriae novae de mensura sortis*, dove presenta il Paradosso di San Pietroburgo: supponiamo di continuare a lanciare una moneta «onesta» (ossia con probabilità uguale di «testa» e di «croce») finché non viene «testa», Se ciò avviene all' r -simo lancio il giocatore riceve 2^r

monete. Un po' di riflessione fa intuire che il guadagno atteso è infinito e la legge dei grandi numeri è inapplicabile! Per affrontare questo paradosso, Daniele Bernoulli propose il concetto di "speranza morale", che oggi è ampiamente usato in economia sotto il nome di "utilità attesa".

Un nuovo tipo di problemi nasce con Georges-Louis Leclerc, conte di Buffon: se lanciate a caso un ago (un segmento) di lunghezza l su un piano, su cui siano tracciate rette parallele a distanza d l'una dall'altra, con $l < d$, qual è la probabilità che l'ago intersechi una delle rette? Possiamo prendere come insieme dei casi possibili il rettangolo con i lati $(0, l)$ e $(0, \pi)$ e l'insieme dei casi favorevoli è un sottoinsieme di questo rettangolo. Nasce l'idea di calcolare la probabilità richiesta come rapporto tra l'area del sottoinsieme dei casi favorevoli e l'area del rettangolo dei casi possibili. È nata la "probabilità geometrica"! I calcoli mostrano che p risulta essere data da $2l/(\pi d)$.

Non molto tempo dopo, si cercò di calcolare π usando la frequenza f dell'evento relativo all'ago di Buffon, come stima della probabilità e invertendo la formula vista sopra:

$$\pi \approx \frac{2l}{fd}$$

Abbiamo un primo tentativo di quello che in seguito sarà chiamato "metodo MonteCarlo".

Nel 1809 Carl Friedrich Gauss scrive la *Theoria motus corporum coelestium*²⁰. Per studiare gli errori di osservazione in astronomia s'imbatte in quella curva a campana, che poi prenderà il suo nome, ma che era già stata scoperta da de Moivre.

Il primo gennaio 1801, l'astronomo palermitano Piazzi aveva scoperto un nuovo pianeta, che ruotava intorno al Sole in un'orbita compresa tra quelle di Marte e di Giove: Cerere. Poche settimane dopo, Cerere sparì: la sua orbita lo stava conducendo dall'altro lato del sole, dove la sua debole luce finiva per essere ingoiata dal bagliore solare, smarrito nella moltitudine di stelle del firmamento. Circa un anno dopo l'avvenimento, un giovane matematico tedesco disse dove si doveva puntare il telescopio per ritrovare Cerere: Gauss aveva individuato (per via probabilistica) un ordine (una regolarità) dove gli altri avevano visto solo una quantità (peraltro piccola) di dati relativi alla traiettoria del pianeta, registrati nel momento in cui esso era ancora visibile, e stabilì un metodo (prolungamento di una traiettoria data) grazie al quale sarebbe stato possibile trovare sempre Cerere in qualsiasi data futura.

8. Entrano in gioco la Fisica e la Logica

Siamo arrivati alla metà dell'Ottocento e la ricerca fisica non ha ancora preso molto in considerazione la probabilità, sebbene un passo fondamentale sia stato fatto dal solito Laplace. La domanda è: risulta possibile una conoscenza certa di una parte dell'universo se non si conosce l'universo nella sua totalità? La risposta di Laplace è che ciò non è possibile e che l'unica conoscenza possibile sia quella probabilistica.

Un passo decisivo si verifica quando viene scoperto il fenomeno della diffusione di

un gas²¹. Una bombola piena di gas è messa in comunicazione con un'altra vuota. Dopo qualche istante si scopre che il gas si è distribuito circa a metà nelle due bombole. Come si spiega questo fenomeno?

Nel 1854 scriveva James Clerk Maxwell:

È ben noto che la conoscenza si basa sulle regole del corretto ragionamento. Tali regole sono, o dovrebbero essere, contenute nella Logica; ma quest'ultima tratta soltanto cose che sono certe, impossibili o completamente dubbie, nessuna delle quali (per fortuna) ci interessa. Perciò la vera logica di questo mondo è il calcolo delle probabilità, il quale tiene conto del concetto di probabilità che è, o dovrebbe essere, nella mente di ogni uomo ragionevole.

Il caso volle che in quello stesso anno (1854, a duecento anni dal carteggio tra Pascal e Fermat) venisse alla luce *An Investigation on the laws of thought*²² di George Boole, nella cui seconda parte sono contenuti i fondamenti della logica probabilistica, poi sviluppata, qualche anno più tardi (1866) da John Venn, nella sua *The logic of chance*²³.

Nonostante i progressi raggiunti dal calcolo delle probabilità, al convegno mondiale dei matematici tenutosi a Parigi nel 1900, David Hilbert, nella sua famosa enumerazione dei più rilevanti e non risolti problemi della matematica, pose la questione dei fondamenti del calcolo delle probabilità.

Un altro fenomeno fisico che ha avuto (e continua ad avere) una notevole influenza sulla probabilità è il “moto browniano”: l'incessante movimento di particelle leggere (per esempio, polline) che si trovino in sospensione su un fluido (per esempio, acqua, ma il fenomeno è presente anche nelle particelle di inquinante presenti nei fumi di scarico). Come mi ha detto un amico probabilista, il moto browniano è una gemma della fisica moderna e allo stesso tempo è una scoperta botanica la cui teoria matematica ha avuto origine nelle scienze sociali.

Infatti, nel 1828 il botanico inglese Robert Brown pubblicò un fondamentale lavoro su tale fenomeno, tra l'altro dimostrando come tutte le precedenti spiegazioni fossero inconsistenti. Dare una spiegazione era però difficile perché il fenomeno mette in crisi le leggi della meccanica di Galilei, di Newton, di Lagrange e di Laplace, in quanto apparentemente manca la forza che produce il moto. Bisognerà attendere la nascita della Meccanica Statistica (con i contributi fondamentali oltre che di Maxwell, di Ludwig Boltzmann e J. Willard Gibbs, perché si capisse che la forza che produce il moto è data dagli urti che le particelle subiscono dalle molecole del fluido, che sono in incessante movimento a temperatura ambiente.

In uno dei “mitici” lavori del 1905, Einstein formula un modello matematico di *diffusione* per il moto browniano, che, forse, si basa sull'analogia che Louis Bachelier aveva proposto tra il moto browniano e le fluttuazioni dei prezzi – opzioni sulle azioni in Borsa [1] nella sua tesi di dottorato sulla “Teoria della Speculazione” (pubblicata nel 1900). Bachelier è considerato un pioniere nello studio della finanza matematica e della teoria dei processi aleatori.

9. A mo' di conclusione

Siamo arrivati alle soglie del secolo scorso, il Novecento. Come dicevo all'inizio, la nostra esistenza è immersa nell'incertezza, ma questo fatto è spesso trascurato e molte delle attitudini dell'uomo verso il caso sono basate sulla magia, mentre le nostre tradizionali organizzazioni sociali e le loro strutture di potere preferiscono sostenere le illusioni della certezza. Queste sono probabilmente le principali ragioni per un'insufficiente valutazione della casualità e dei rischi che hanno conseguenze sulla salute e i comportamenti sociali.

La logica predominante sembra essere quella di trattare come equivalenti gli eventi:

- Qualcuno dovrà pur vincere il primo premio della Lotteria. (Evento certo.)
- Il mio biglietto vincerà il primo premio della Lotteria. (Evento di probabilità quasi zero.)

Anche nel discorso scientifico capita che giochi un ruolo importante la "casualità pura", un residuo dell'Ottocento. «Tutte le possibilità sono ugualmente possibili» è un caso molto particolare cui la Natura raramente si conforma.

I fenomeni casuali reali sono pieni di dipendenze statistiche spesso difficili da capire e modellizzare. Un ragionevole approccio quantitativo all'incertezza dovrebbe essere insegnato già dai primi anni scolastici, anche se il ragionamento probabilistico corretto non è facile da imparare per via di risultati contro-intuitivi e addirittura paradossali che si possono ottenere.

In ogni caso, la vita quotidiana è ormai piena di metodi probabilistici e statistici per l'analisi di fatti medici, biologici e sociali. Qualche volta sorge il problema se l'uomo possa essere trattato come una particella; io ho qualche riserva a pensare le persone come elementi di una meccanica statistica, anche se, per capire certi comportamenti di massa, questo metodo funziona notevolmente bene.

Il metodo statistico non compie scoperte sostanziali in altri campi; suggerisce, aiuta a confermare, e aiuta nei processi decisionali. Il caso opera a tutti i livelli di scala – e ciascun livello può richiedere modelli diversi: molti fenomeni che appaiono deterministici a una scala possono essere il risultato di un gran numero di "prove" casuali a una scala più piccola, come per esempio accade nei fenomeni di ebollizione, nella spettroscopia di massa, nella deriva genetica, nei cambiamenti delle attitudini e delle pratiche sociali.

Un'altra situazione si ha notando una strana correlazione: quella tra NON-lineare e NON-certo. In effetti, ci sono ormai molti esempi di fenomeni descritti da modelli deterministici non lineari che producono risultati incerti, legati, per esempio, alla sensibilità rispetto alle condizioni iniziali: i cosiddetti fenomeni caotici.

Il metodo probabilistico offre modelli cognitivi per fenomeni incerti – dalla comprensione del sub-atomico della meccanica quantistica alle macro-strutture dell'universo.

Una ragionevole accettazione della casualità è alla base per una filosofia di vita che appare meno deprimente della sua alternativa più competitiva: un universo deterministico.

La scienza della quantificazione dell'incertezza suggerisce che il caso è riconducibile a un'analisi razionale e a un qualche grado di controllo, già largamente riconosciuto in Ingegneria, Tecnologia e Scienze applicate con incursioni crescenti nelle Scienze sociali.

Vorrei terminare citando Albert Einstein, che nel 1926 scriveva a Max Born:

Tu ritieni che Dio giochi a dadi col mondo; io credo invece che tutto ubbidisca a una legge, in un mondo di realtà obiettive che cerco di cogliere per via furiosamente speculativa. Lo credo fermamente, ma spero che qualcuno scopra una strada più realistica – o meglio, un fondamento più tangibile – di quanto non abbia saputo fare io. Nemmeno il grande successo iniziale della teoria dei quanti riesce a convincermi che alla base di tutto vi sia la casualità, anche se so bene che i colleghi più giovani considerano quest'atteggiamento come un effetto di sclerosi²⁴.

NOTE

- ¹ *Divina Commedia*, Purgatorio, Canto VI, 1-3
- ² *Zara* è un termine proveniente dall'arabo per indicare un gioco di dadi. Il suo corrispondente latino era *alea*. Da *zara* deriva poi il francese *hazard* e infine l'italiano *azzardo*.
- ³ Io sono sicuro che avrò 32 monete, anche se perdo il prossimo colpo; delle 32 che restano, forse le avrò, forse le avrete voi; il rischio è uguale; dividiamo quindi queste 32 monete a metà, e mi darete, oltre a queste, le mie 32 che mi sono assicurato.
- ⁴ Questo è il caso esaminato da Fermat.
- ⁵ Se non volete giocare il (prossimo) colpo, datemi 32 monete, che mi sono certamente dovute, e dividiamo il resto di 56 a metà. Da 56 togliete 32, restano 24; dividete dunque 24 a metà, prendetene 12 e io 12, che, insieme alle 32, fa 44.
- ⁶ *Saggio sull'analisi dei giochi d'azzardo*.
- ⁷ *Sull'uso dell'arte della congettura nel Diritto*.
- ⁸ *Un Argomento a favore della Divina Provvidenza tratto dalla Regolarità costante osservata nelle Nascite di ambo i Sessi*.
- ⁹ *Sulla Misura della Sorte*.
- ¹⁰ *Arte della Congettura*.
- ¹¹ *Soluzione generale del Problema XV proposto da de Moivre nel trattato sulla Misura della Sorte*.
- ¹² *Altra Soluzione generale di problemi precedenti*.
- ¹³ *La dottrina delle probabilità*.
- ¹⁴ *Osservazioni fatte sui Bollettini dei Decessi*.
- ¹⁵ La parola "statistica" è di origine italiana e deriva da "stato".
- ¹⁶ *Saggio sulla risoluzione di un problema nella dottrina delle possibilità*.
- ¹⁷ *Teoria analitica delle probabilità*.
- ¹⁸ Stigler [13] nota che questo è un buon esempio della sua legge dell'eponimo: «Non c'è scoperta scientifica che porti il nome del suo scopritore originale» Due altri esempi: la cometa di Halley era stata osservata da astronomi almeno dal 240 a.C.; e la stessa legge dell'eponimo di Stigler, che lui stesso attribuisce al sociologo Robert K. Merton.
- ¹⁹ *Leggi tipiche dell'eredità*.
- ²⁰ *Teoria del moto dei corpi celesti*.
- ²¹ La parola "gas", deformazione del termine greco *chaos*, fu inventata dal chimico, medico e filosofo fiammingo Jan Baptista van Helmot, che la introdusse nel volume *Ortus Medicinæ* del 1632.
- ²² *Un'indagine sulle leggi del pensiero*.
- ²³ *La logica della probabilità*.
- ²⁴ Citato in [12].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bernstein, Peter L., *Against the Gods. The remarkable story of risk*. Wiley, New York 1996.
- [2] De Finetti, Bruno, *Teoria delle probabilità*, 2voll., Einaudi, Torino 1970.
- [3] de Moivre, Abraham, *The Doctrine of chances*, 3.a ed., Millar, Londra 1756.
- [4] Devoto, Giacomo & Oli Giancarlo: *Il Dizionario della lingua italiano*, Le Monnier, Firenze 1990.
- [5] Hacking, Ian, *L'emergenza della probabilità*, Il Saggiatore, Milano 1987.
- [6] Kolmogorov, A. N.: *Foundations of probability*, Chelsea Publ, Co./Am. Math. Soc., Providence (RI) 1950.
- [7] Luciano Di Samosata, *Opere voltate in italiano da Luigi Settembrini*. Vol. I www.liberliber.it
- [8] Ore, Oynstein, *Cardano, the gambling scholar*, Princeton University Press, Princeton 1953.
- [9] Ore, Oynstein, *Pascal and the invention of probability theory*, Amer. Math. Monthly 67 (1960), 409–419.
- [10] Pascal, Blaise, *Pensieri* (a cura di P. Serini) n.164; (n.233 Ed. Brunschvicg), Einaudi, Torino 1962.
- [11] Schumacher, Ernst F., *Piccolo è bello*, Oscar Mondadori, Milano 1980.
- [12] Stewart, Ian, *Dio gioca a dadi?*, Bollati Boringhieri, Torino 1993.
- [13] Stigler, S. M., The History of statistics in 1933, *Stat. Sci.* 11/3 (1996), pp. 244-252.

Suggerimenti di lettura

A. Testi di primo livello universitario

- Baclawski, K., Cerasoli, M., Rota, Gian Carlo, *Introduzione alla probabilità*, U.M.I., Bologna 1990.
- Dall'Aglio, Giorgio, *Calcolo delle probabilità*, 2 ed., Zanichelli, Bologna 2000.
- Freedman, D., Pisani, R., Purves, R., *Statistica*, McGraw-Hill Italiana, Milano 1998.

B. Testi di divulgazione

- Dacunha-Castelle, Didier, *La scienza del caso Dedalo*, Bari 1998.
- Devlin, Keith, *La Lettera di Pascal*, Rizzoli, Milano 2008.
- Ekeland Ivar, *A caso*, Bollati Boringhieri Torino 1992.
- Rosenthal, Jeffrey S., *Le regole del caso*, Longanesi, Milano 2006.
- Ruelle David, *Caso e caos*, Bollati Boringhieri, Torino 1992.

D. Per insegnanti

- Cerasoli, Mauro, Breve storia ragionata della probabilità (1995), ora consultabile in <http://www.webalice.it/mauro.cerasoli/Articoli.htm>
- Pintacuda N., *Primo corso di probabilità*, Muzzio, Padova 1983.

Prodi, Giovanni, *Matematica come scoperta*, D'Anna, Messina- Firenze 1977.

Progetto di Educazione Scientifica della Regione Toscana,

http://159.213.83.111/eduscienze/html/esperienza.asp?id_esp=81

http://159.213.83.111/eduscienze/html/esperienza.asp?id_esp=64

Rossi C., *La matematica dell'incertezza. Didattica della probabilità e della statistica*, Zanichelli, Bologna 1999.

C. Principali testi di storia della probabilità e della statistica consultati

Dale, A. I., *A History of inverse probability from Thomas Bayes to Karl Pearson*, Springer, Berlino 1991.

Hald, A., *A History of Probability and Statistics and Their Applications before 1750*, Wiley, New York 1990.

Hald, A., *A History of Mathematical Statistics from 1750 to 1930*, Wiley, New York 1998.

Todhunter, I., *A History of Mathematical Theory of Probability from the time of Pascal to that of Laplace*, Chelsea Publ./Am. Math. Soc., Providence (RI) 1865.

2009, OVVERO ANNO GALILEIANO

ANDREA FROVA

Dipartimento di Fisica, "Sapienza" Università di Roma

1. Introduzione

Sono passati poco più di quattrocento anni dalla scoperta astronomica di una stella *nova*, fin allora assente e presto destinata a scomparire nuovamente. Avveniva nel 1604. L'esplosione di una stella costituiva un'evidente negazione della immutabilità dell'universo, cardine del pensiero aristotelico. Fu questo l'evento che spinse Galileo a mettere in gioco la propria vita in difesa del sistema eliocentrico di Copernico, contestando il sistema astronomico aristotelico/tolemaico, a cominciare dalla visione della centralità e dell'immobilità della terra nell'universo. Un sistema che era stato accettato ciecamente per due millenni e ben si conciliava con la posizione della Chiesa, che voleva l'uomo unico oggetto dell'interesse di Dio. Per la verità, i dubbi di Galileo sulla validità del sistema tolemaico risalivano a quasi dieci anni prima, quando ne aveva scritto privatamente ad amici, ma questo della *nova* era un dato sperimentale e come tale per Galileo acquistava particolare peso. Fingere oltre avrebbe significato tradire la sua onestà intellettuale.

L'anno prossimo cadrà il quarto centenario dell'inizio delle osservazioni astronomiche fatte da Galileo con il telescopio, tutte coerenti nel confermare la natura "terrena" dei corpi celesti e nell'invocare un sistema planetario del genere proposto da Copernico. In quello stesso anno 1609 furono pubblicate le prime due leggi di Keplero: fattori concomitanti che hanno spinto l'ONU a proclamare il 2009 anno internazionale dell'astronomia.

Per molti nel mondo questo è pressoché sinonimo di anno galileiano. Eppure la maggioranza degli italiani non hanno piena cognizione della grandezza di Galileo e lo conoscono solo per sentito dire. Forse perché meno italiano di così è difficile. Grandezza non solo scientifica, giacché nessun autore italiano ha mai saputo scrivere con ricchezza di immagini, eleganza di argomentazioni, varietà di lessico pari a quelle del grande pisano. Come scrittore, il grande critico Sapegno lo poneva allo stesso livello di Machiavelli e di Manzoni. Ma fu anche straordinario divulgatore, pensatore, critico letterario, musicista, esteta, saggio. L'ammirazione di Leopardi per Galileo era tale che alcune sue celebri locuzioni, come "infiniti spazi" e "vita travagliosa", provengono direttamente dai testi galileiani. Non v'è ramo del sapere scientifico che non abbia destato la curiosità di Galileo e sul quale egli non abbia tentato una propria spiegazione, applicando il suo celebre metodo, divenuto poi il metodo scientifico per antonomasia.



Figura 1 - I satelliti di Giove: ricostruzione da foto fatte dalle sonde spaziali Galileo e Kabe.

2. Il metodo galileiano

Benché l'uomo d'oggi abbia un'idea abbastanza chiara di che cosa si intenda per metodo galileiano, è opportuno riassumerne brevemente le fasi essenziali. Primo passo: attenta e critica osservazione degli eventi naturali che osserviamo nel quotidiano, fase che Galileo definisce quella delle "sensate esperienze". Secondo passo: formulazione di un'ipotesi di spiegazione, basata sul ragionamento logico, del loro aspetto essenziale, vale a dire lasciando da parte provvisoriamente, per successivi affinamenti, gli aspetti marginali del fenomeno osservato. Per Galileo questa è la fase delle "necessarie dimostrazioni". Terzo passo: progettazione ed esecuzione di un'esperienza *ad hoc* per confermare in modo riproducibile l'ipotesi formulata teoricamente. Se vogliamo, la scena madre della *performance*, punto di arrivo dello sforzo investigativo. Ultimo passo, quando possibile, è quello di stabilire dei collegamenti tra i diversi fenomeni studiati in modo da arrivare a una visione unificata dei meccanismi fisici in gioco, così da permettere, per esempio, la predizione di comportamenti fisici non ancora esaminati sperimentalmente. Questo ultimo aspetto, essenzialmente nuovo rispetto alla scienza pregressa, è uno dei meriti precipui di Galileo. Non tutto in lui è nuovo, molte notizie si ritrovano, sparse, in pensatori che lo hanno preceduto, quali Giovanni Battista Benedetti e Giordano Bruno, o anche più antichi, come Buridano, Oresme, Leonardo da Vinci. Ma a differenza dei suoi ispiratori, Galileo copre l'intero spettro dei fenomeni fisici, e in più verifica, collega, sistematizza; e soprattutto divulga, scrivendo in italiano, e rendendosi così leggibile anche ai giovani o ai tecnici privi di una base scientifica. E questo fa con ineguagliabile chiarezza e abbondanza di spiegazioni e di esempi. In una parola, oltre che scienziato, anche massimo divulgatore scientifico della storia e nel mondo.

Con Galileo si sarebbero potute aprire all'Italia prospettive di promuovere la scienza agli stessi alti livelli dell'arte, ma la condanna dello scienziato decretata dalla Chiesa

e l'abiura che egli fu costretto a firmare per salvare la propria incolumità – pochi anni prima Giordano Bruno era stato arso vivo – spinse invece la scienza italiana in un lungo periodo oscuro, nel quale mancarono personalità e scoperte degne del resto d'Europa. Un periodo che non si è ancora chiuso, come dimostra il fatto che la ricerca scientifica in Italia è l'attività meno finanziata e meno sostenuta dalla classe dirigente, non solo politica, ma persino industriale; e che la scienza, nel vasto pubblico, è riguardata come un'attività d'*élite* e suscita ingiustificate diffidenze.

Il metodo galileiano pose in discussione l'accettazione del sapere preconstituito, ereditato dalla tradizione, garantito da null'altro che dall'autorità dei filosofi del passato, come Aristotele, o dalle parole della Bibbia. Quel comodo sapere che permette agli uomini di non turbare la mente con il dubbio e di non assumersi in prima persona la responsabilità delle scelte, in una parola di coltivare le illusioni. Si può ben capire che, soprattutto in tempi in cui vigeva il principio di autorità e il libero pensiero veniva represso, talvolta persino con il rogo, Galileo trovasse tutti schierati contro di sé, ad eccezione di poche menti illuminate che, di fronte alla forza di certe evidenze e dimostrazioni, non sapevano mentire a se stesse. Persino nell'ambito della Chiesa, che pure alla fine lo condannò senza appello, ci fu chi cercò di difenderlo e di appoggiare le sue scoperte. Gli studiosi del Collegio Romano dei Gesuiti, interpellati dal Cardinale Bellarmino (già Inquisitore nel processo a Giordano Bruno) circa la loro opinione sulle osservazioni astronomiche di Galileo, le confermarono sostanzialmente tutte. Ciò avveniva nel 1611, quindi ben 22 anni prima del processo per eresia, culminato nell'abiura. D'altronde, è impensabile che i dotti Gesuiti non sapessero che in Europa, grazie anche alle teorie di Keplero, il sistema copernicano si andava ormai universalmente affermando; e che se la Chiesa non ne avesse tenuto conto, avrebbe commesso un grave errore, destinato a infangarla per sempre. Ma del responso dei Gesuiti, la Curia non volle tenere conto e il grande scienziato, in quanto simbolo di un pensiero libero che anteponeva la ragione e i fatti osservati all'autorità dell'*ipse dixit* e al volere dei forti, fu perseguitato e infine condannato.

3. Scoperte ed errori di Galileo

Non so se sia mai stata compilata una tabella delle scoperte di Galileo, perciò può valere la pena di occuparsene. Non è facile per un profano immaginare quali e quanti siano stati i suoi interessi, né qui avrei lo spazio per le sue conquiste minori. Includerò, nella colonna di destra, anche i suoi più celebri errori (*quandoque bonus dormitat Homerus*). Errori dai quali, tuttavia, c'è stato sempre molto da imparare, com'è di norma per la scienza: la quale, a differenza del dogma, progredisce per tentativi ed errori, l'indomani correggendo e talvolta rinnegando ciò che ha affermato ieri.

Tabella. I principali risultati di Galileo.

ASTRONOMIA	PRECEDENTI	ASPETTI DETTAGLIATI	NATURA DELL'ERRORE
Superficie scabra e monti della luna	Luna creduta liscia e lucida come specchio (aristotelici)	Buona stima dell'altezza dei monti lunari	
Satelliti di Giove	Ignoti	Prima osservazione	
Anelli di Saturno	Ignoti	Prima osservazione (ma non li descrive come anelli, bensì satelliti)	Insufficienza del suo telescopio
Fasi di Venere	Ignote	Prima osservazione	
Struttura delle galassie	Ipotesi formulata dei Maya	Composte da miriade di stelle	
Macchie solari	Osservazioni contemporanee di Scheiner	Prova che il sole ruota	
Stelle molto più distanti dei pianeti	Suggerimento di Aristarco nell'antichità	Giustifica assenza di parallasse annua	
Natura delle comete	Da alcuni ritenute astri con orbite molto allungate		In polemica col gesuita Orazio Grassi le attribuisce a riflessi luminosi
Sistema eliocentrico	Aristarco nell'antichità, negato da Chiesa e aristotelici	Porta argomenti e osservazioni astronomiche a sostegno	Sottovaluta importanza decisiva leggi di Keplero
MOTO DEI CORPI			
Legge di caduta dei gravi	Già descritta correttamente (ad esempio da G. B. Benedetti)	In assenza di attriti tutti i corpi cadono di moto accelerato allo stesso modo (esperimento del piano inclinato)	
Principio di inerzia	Occorre forza di spinta perché si abbia moto (aristotelici)	Si può avere moto per inerzia, senza necessità di forza: essa conta solo per variazioni di velocità (accelerazione)	
Principio di relatività	Osservatore in movimento descrive fenomeni in modo diverso da osservatore fermo (aristotelici)	Non è così se il suo movimento è rettilineo uniforme (eventi all'interno di una nave)	
Mira di oggetti in movimento	Regole pratiche dei cacciatori e degli artiglieri		Suggerisce metodo errato che va contro il suo stesso principio di inerzia
Ruolo degli attriti	Studiato fin dall'antichità	In mezzi viscosi la velocità di caduta dei gravi tende a un valore costante	

Rotazione terra sul suo asse	Pitagorici, oltre a Eraclide Pontico, ma negata da Aristotelici	Mostra che prove addotte da Aristotelici non la escludono, ma non produce mai prova decisiva in favore	
Origine dei venti stabili (alisei)		Prova della rotazione terrestre	Sì, ma per ragioni diverse da quella avanzata da Galileo
Maree	Fin dall'antichità (e.g. Seleuco) spiegata con attrazione del sole e della luna (più effetti di forza centrifuga dovuta ai moti della terra)	Dovute a variazioni di velocità quando si combinano i due moti terrestri di rotazione e di rivoluzione attorno al sole	Teoria suggestiva, ma errata concettualmente (contraddice lo stesso principio galileiano di relatività)
Moto circolare			Ritenuto moto inerziale uniforme, quando invece è caratterizzato da accelerazione centripeta
OSCILLAZIONI			
Isocronismo dei pendoli	Noto da secoli (studioso arabo Ibn Yunus)	Lo conferma con esperimenti e per analogia con corde musicali	
Corde musicali	Pitagora, Vincenzo Galilei e G.B. Benedetti	Stabilisce dipendenza nota emessa da caratteristiche della corda e da tensionamento	
Consonanza musicale	Spiegazione di Pitagora in termini di rapporti numerici)	Giustificazione della consonanza musicale in termini di processi fisiologici nell'orecchio	
MATERIALI			
Struttura atomica	Democrito	Elabora vari concetti sui legami tra atomi (azione di microvuoti interposti) e sulla resistenza dei materiali	
Legami e fusione		Propone lo scioglimento dei legami interatomici ad opera degli ignicoli (precorre concetti sull'agitazione termica degli atomi)	
Forza del vuoto	Idee ed esperimenti di Aristotele (concetto dell' <i>horror vacui</i> in natura)	Misura forza per estrarre pistone da cilindro tappato: "forza del vuoto"	Gli sfugge che si tratta di effetto dovuto all'azione della pressione atmosferica esterna



Figura 2 - Con una siringa tappata in alto si può determinare la pressione atmosferica dalla forza che occorre per estrarre lo stantuffo. Galileo credette di avere invece ottenuto una misura dell'inesistente "forza del vuoto" di aristotelica memoria.

Il messaggio di Galileo è più attuale che mai. La gente oggi sembra essere ancora preda di pregiudizi, falsità e menzogne: fatti e invenzioni tendono a confondersi e molti sono catturati da valori e miti irragionevoli. Atteggiamenti dogmatici e irrazionali, spesso di matrice religiosa, regolano ancora la convivenza civile. Rivivono addirittura follie antiche e ne sorgono di nuove - si pensi solo all'astrologia, all'omeopatia, alle varie forme piccole o grandi di superstizione - che forse tranquillizzano la gente ma certo sbarrano la strada ai ruoli della ragione. Un approccio galileiano a tanti problemi del mondo sarebbe più che mai auspicabile.

APPENDICE: LETTURE GALILEIANE

Ipse dixit

SAGREDO: Mi trovai un giorno in casa un medico molto stimato in Venezia, dove alcuni per loro studio, ed altri per curiosità, convenivano tal volta a veder qualche taglio di notomia per mano di uno veramente non men dotto che diligente e pratico notomista. Ed accadde quel giorno, che si andava ricercando l'origine e nascimento de i nervi, sopra di che è famosa controversia tra i medici Galenisti ed i Peripatetici, e mostrando il notomista come, partendosi dal cervello e passando per la nuca, il grandissimo ceppo de i nervi si andava poi distendendo per la spinale e diramandosi per tutto il corpo, e che solo un filo sottilissimo come il refe arrivava al cuore, voltosi ad un gentil uomo ch'egli conosceva per filosofo peripatetico, e per la presenza del quale egli aveva con straordinaria diligenza scoperto e mostrato il tutto, gli domandò s'ei restava ben pago e sicuro, l'origine de i nervi venir dal cervello e non dal cuore; al quale il filosofo, doppo essere stato alquanto sopra di sé, rispose: «Voi mi avete fatto veder questa cosa talmente

aperta e sensata, che quando il testo d'Aristotile non fusse in contrario, che apertamente dice, i nervi nascer dal cuore, bisognerebbe per forza confessarla per vera».

(*Dialogo sopra i massimi sistemi*, p. 46 di *Parola di Galileo*, di A. Frova e M. Marenzana, RCS-BUR, Milano 1998)

Principio di relatività

(PRINCIPIO DI RELATIVITÀ: i fenomeni fisici avvengono in maniera identica in un sistema di riferimento immobile oppure che viaggi con velocità rettilinea e uniforme rispetto al primo)

Nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio riserratevi con qualche amico, e quivi fate di aver mosche, farfalle e simili animaletti volanti; pigliatevi anco un gran vaso con acqua, e dentrovi de' pescetti; accomodate ancora qualche vaso alto che vada gocciolando in un altro basso e di angusta gola: e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza; i pesci, gli vedrete andar vagando indifferentemente verso qual si voglia parte delle sponde del vaso; le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; e voi, gettando all'amico vostro alcuna cosa, non più gagliardamente la dovrete gettar verso quella parte che verso questa, quando le lontananze sieno eguali; e saltando, come si dice, a pie' giunti, eguali spazii passerete verso tutte le parti. Osservate che averete bene tutte queste cose, fate muover la nave con quanta si voglia velocità; ... voi non riconoscerete una minima mutazione in tutte le nominate cose, né da alcuna di quelle, né meno da cosa che sia in voi stesso, potrete assicurarvi se la nave cammina o pure sta ferma: voi saltando passerete nel tavolato i medesimi spazii che prima, né, perché la nave si muova velocissimamente, farete voi maggior salti verso la poppa che verso la prua, ben che, nel tempo che voi state in aria, il tavolato scorra verso la parte contraria al vostro salto; e gettando un frutto all'amico, non con più forza bisognerà gettarglielo, per arrivarlo, se egli sarà verso la prua e voi verso la poppa, che se voi fuste situati per l'opposito; le gocce cadranno nel vaso inferiore senza restarne pur una verso poppa, ancor che, mentre la goccia è per aria, la nave scorra molti palmi; i pesci nella loro acqua non più fatica dureranno per notare verso la precedente che verso la susseguente parte del vaso, ma con pari agevolezza andranno a prender il cibo che voi gli metterete su qual si voglia parte dell'orlo del vaso; e finalmente le farfalle e le mosche dureranno a volare indifferentemente verso tutte le parti, né si ridurranno mai a ritirarsi verso la parte che risguarda la poppa, quasi che le fussero stracche in tener dietro al veloce corso della nave, dalla quale per lungo tempo esse saranno state separate, cioè mentre restarono sospese in aria ... E se voi di tutti questi effetti mi domanderete la cagione, vi risponderò per ora: «Perché il moto universale della nave, essendo comunicato all'aria ed a tutte quelle cose che in essa vengono contenute, e non essendo contrario alla naturale inclinazione di quelle, in loro indelebilmente si conserva».... Or, quando voi abbiate vedute tutte queste esperienze, e come questi

movimenti, ben che accidentarii ed avventizii, ci si mostrano i medesimi appunto così quando la nave si muova quanto se ella stia ferma, non lascerete voi ogni dubbio che l'istesso deva accadere intorno al globo terrestre, tutta volta che l'aria vadia insieme con quello?

(*Lettera a Ingoli*, p. 93 di *Parola di Galileo* cit.)

La palla di colubrina

... quando in cima di una torre fusse una colubrina livellata, e con essa si tirassero tiri di punto bianco, cioè paralleli all'orizzonte, per poca o molta carica che si desse al pezzo, sì che la palla andasse a cadere ora lontana mille braccia, or quattro mila, or sei mila, or dieci mila etc., tutti questi tiri si spedirebbero in tempi eguali tra di loro, e ciascheduno eguale al tempo che la palla consumerebbe a venire dalla bocca del pezzo sino in terra, lasciata, senz'altro impulso, cadere semplicemente giù a perpendicolo. Or par meravigliosa cosa che nell'istesso breve tempo della caduta a piombo sino in terra dall'altezza, verbigratia, di cento braccia, possa la medesima palla, cacciata dal fuoco, passare or quattrocento, or mille, or quattromila, ed or diecimila braccia, sì che la palla in tutti i tiri di punto bianco si trattenga sempre in aria per tempi eguali.

(*Dialogo sopra i massimi sistemi*, p. 122 di *Parola di Galileo* cit.)

Misura della velocità della luce

SALVIATI: La poca concludenza di queste e di altre simili osservazioni mi fece una volta pensare a qualche modo di poterci senza errore accertar, se l'illuminazione, cioè se l'espansion del lume, fusse veramente instantanea; poiché il moto assai veloce del suono ci assicura, quella della luce non poter esser se non velocissima: e l'esperienza che mi sovvenne, fu tale. Voglio che due piglino un lume per uno, il quale, tenendolo dentro lanterna o altro ricetto, possano andar coprendo e scoprendo, con l'interposizion della mano, alla vista del compagno, e che, ponendosi l'uno incontro all'altro in distanza di poche braccia, vadano addestrandosi nello scoprire ed occultare il lor lume alla vista del compagno, sì che quando l'uno vede il lume dell'altro, immediatamente scuopra il suo... Pongansi i due medesimi compagni con due simili lumi in lontananza di due o tre miglia, e tornando di notte a far l'istessa esperienza, vadano osservando attentamente se le risposte delle loro scoperte ed occultazioni seguono secondo l'istesso tenore che facevano da vicino; che seguendo, si potrà assai sicuramente concludere, l'espansion del lume essere instantanea: ché quando ella ricercasse tempo, in una lontananza di tre miglia, che importano sei per l'andata d'un lume e venuta dell'altro, la dimora dovrebbe esser assai osservabile. E quando si volesse far tal osservazione in distanze maggiori, cioè di otto o dieci miglia, potremmo servirci del telescopio, aggiustandone un per uno gli osservatori al luogo dove la notte si hanno a mettere in pratica i lumi; li quali, ancor che non molto grandi, e per ciò invisibili in tanta lontananza all'occhio libero, ma ben

facili a coprirsi e scoprirsi, con l'aiuto de i telescopii già aggiustati e fermati potranno esser commodamente veduti.

(*Discorsi intorno a due nuove scienze*, p. 455 di *Parola di Galileo* cit.)

Lo scienziato e la cicala

Parmi d'aver per lunghe esperienze osservato, tale esser la condizione umana intorno alle cose intellettuali, che quanto altri meno ne intende e ne sa, tanto più risolutamente voglia discorrerne; e che, all'incontro, la moltitudine delle cose conosciute ed intese renda più lento ed irresoluto al sentenziare circa qualche novità. Nacque già in un luogo assai solitario un uomo dotato da natura d'uno ingegno perspicacissimo e d'una curiosità straordinaria; e per suo trastullo allevandosi diversi uccelli, gustava molto del lor canto, e con grandissima meraviglia andava osservando con che bell'artificio, colla stess'aria con la quale respiravano, ad arbitrio loro formavano canti diversi, e tutti soavissimi. Accadde che una notte vicino a casa sua sentì un delicato suono, né potendosi immaginar che fusse altro che qualche uccelletto, si mosse per prenderlo; e venuto nella strada, trovò un pastorello, che soffiando in certo legno forato e movendo le dita sopra il legno, ora serrando ed ora aprendo certi fori che vi erano, ne traeva quelle diverse voci, simili a quelle d'un uccello, ma con maniera diversissima. Stupefatto e mosso dalla sua natural curiosità, donò al pastore un vitello per aver quel zufolo; e ritiratosi in sé stesso, e conoscendo che se non s'abbatteva a passar colui, egli non avrebbe mai imparato che ci erano in natura due modi da formar voci e canti soavi, volle allontanarsi da casa, stimando di potere incontrar qualche altra avventura. Ed occorse il giorno seguente, che passando presso a un piccol tugurio, sentì risonarvi dentro una simil voce; e per certificarsi se era un zufolo o pure un merlo, entrò dentro, e trovò un fanciullo che andava con un archetto, ch'ei teneva nella man destra, segando alcuni nervi tesi sopra certo legno concavo, e con la sinistra sosteneva lo strumento e vi andava sopra movendo le dita, e senz'altro fiato ne traeva voci diverse e molto soavi. Or qual fusse il suo stupore, giudichilo chi partecipa dell'ingegno e della curiosità che aveva colui; il qual, vedendosi sopraggiunto da due nuovi modi di formar la voce ed il canto tanto inopinati, cominciò a creder ch'altri ancora ve ne potessero essere in natura. Ma qual fu la sua meraviglia, quando entrando in certo tempio si mise a guardar dietro alla porta per veder chi aveva sonato, e s'accorse che il suono era uscito dagli arpioni e dalle bandelle nell'aprir la porta? Un'altra volta, spinto dalla curiosità, entrò in un'osteria, e credendo d'aver a veder uno che coll'archetto toccasse leggermente le corde d'un violino, vide uno che fregando il polpastrello d'un dito sopra l'orlo d'un bicchiero, ne cavava soavissimo suono. Ma quando poi gli venne osservato che le vespe, le zanzare e i mosconi, non, come i suoi primi uccelli, col respirare formavano voci interrotte, ma col velocissimo batter dell'ali rendevano un suono perpetuo, quanto crebbe in esso lo stupore, tanto si scemò l'opinione ch'egli aveva circa il sapere come si generi il suono; né tutte l'esperienze già vedute sarebbero state bastanti a fargli comprendere o credere

che i grilli, già che non volavano, potessero, non col fiato, ma collo scuoter l'ali, cacciar sibili così dolci e sonori. Ma quando ei si credeva non potere esser quasi possibile che vi fossero altre maniere di formar voci, dopo l'aver, oltre a i modi narrati, osservato ancora tanti organi, trombe, pifferi, strumenti da corde, di tante e tante sorte, e sino a quella linguetta di ferro che, sospesa fra i denti, si serve con modo strano della cavità della bocca per corpo della risonanza e del fiato per veicolo del suono; quando, dico, ei credeva d'aver veduto il tutto, trovossi più che mai rinvolto nell'ignoranza e nello stupore nel capitargli in mano una cicala, e che né per serrarle la bocca né per fermarle l'ali poteva né pur diminuire il suo altissimo stridore, né le vedeva muovere squamme né altra parte, e che finalmente, alzandole il casso del petto e vedendovi sotto alcune cartilagini dure ma sottili, e credendo che lo strepito derivasse dallo scuoter di quelle, si ridusse a romperle per farla chetare, e che tutto fu in vano, sin che, spingendo l'ago più a dentro, non le tolse, trafiggendola, colla voce la vita, sì che né anco poté accertarsi se il canto derivava da quelle: onde si ridusse a tanta diffidenza del suo sapere, che domandato come si generavano i suoni, generosamente rispondeva di sapere alcuni modi, ma che teneva per fermo potervene essere cento altri incogniti ed inopinabili.

(*Il Saggiatore*, p. 477 di *Parola di Galileo* cit.)

Una svista madornale: mirare a uccelli in volo

Ed ora da questo discorso vengo a intender la ragione di un problema venatorio di questi imberciatori che con l'archibuso ammazzano gli uccelli per aria: e perché io mi era immaginato che per còrre l'uccello fermassero la mira lontana dall'uccello, anticipando per certo spazio, e più o meno secondo la velocità del volo e la lontananza dell'uccello, acciò che sparando ed andando la palla a dirittura della mira venisse ad arrivar nell'istesso tempo al medesimo punto, essa co 'l suo moto e l'uccello co 'l suo volo, e così si incontrassero; domandando ad uno di loro se la lor pratica fusse tale, mi rispose di no, ma che l'artificio era assai più facile e sicuro, e che operano nello stesso modo per appunto che quando tirano all'uccello fermo, cioè che aggiustano la mira all'uccel volante, e quello co 'l muover l'archibuso vanno seguitando, mantenendogli sempre la mira addosso sin che sparano, e che così gli imberciano come gli altri fermi. Bisogna dunque che quel moto, benché lento, che l'archibuso fa nel volgersi, secondando con la mira il volo dell'uccello, si comunichi alla palla ancora e che in essa si congiunga con l'altro del fuoco, sì che la palla abbia dal fuoco il moto diritto in alto, e dalla canna il declinar secondando il volo dell'uccello [...]. Il tener dunque la mira continuamente indirizzata verso lo scopo fa che il tiro va a ferir giusto: e per tener la mira a segno, se lo scopo sta fermo, anco la canna converrà che si tenga ferma; e se il berzaglio si muoverà, la canna si terrà a segno co 'l moto.

(*Dialogo sopra i massimi sistemi*, p. 130 di *Parola di Galileo* cit.)

... E TRE PICCOLE PERLE

Valori sostanziali e fittizi

E qual maggior sciocchezza si può immaginar di quella che chiama cose preziose le gemme, l'argento e l'oro, e vilissime la terra e il fango? e come non sovviene a questi tali, che quando fusse tanta scarsità della terra quanta è delle gioie o de i metalli più pregiati, non sarebbe principe alcuno che volentieri non ispendesse una soma di diamanti e di rubini e quattro carrate di oro per aver solamente tanta terra quanta bastasse per piantare in un picciol vaso un gelsomino o seminarvi un arancino della Cina, per vederlo nascere, crescere e produrre sì belle frondi, fiori così odorosi e sì gentil frutti?

(Dialogo sopra i massimi sistemi, p. 199 di Parola di Galileo cit.)

Discorrere è come il correre

Se il discorrere circa un problema difficile fosse come il portar pesi, dove molti cavalli porteranno più sacca di grano che un caval solo, io acconsentirei che i molti discorsi facessero più che un solo; ma il discorrere è come il correre, e non come il portare, ed un caval barbero solo correrà più che cento frisoni.

(Il Saggiatore, p. 473 di Parola di Galileo cit.)

Ironia contro un cattivo scienziato

Se il Sarsi vuole ch'io creda... che i Babilonii cocesser l'uova col girarle velocemente nella fionda, io lo crederò; ma dirò bene, la cagione di tale effetto esser lontanissima da quella che gli viene attribuita, e per trovar la vera io discorrerò così: "Se a noi non succede un effetto che ad altri altra volta è riuscito, è necessario che noi nel nostro operare manchiamo di quello che fu causa della riuscita d'esso effetto, e che non mancando a noi altro che una cosa sola, questa sola cosa sia la vera causa: ora, a noi non mancano uova, né fionde, né uomini robusti che le girino, e pur non si cuocono, anzi, se fosser calde, si raffreddano più presto; e perché non ci manca altro che l'esser di Babilonia, adunque l'esser Babiloni è causa dell'indurirsi l'uova, e non l'attrizion dell'aria", ch'è quello ch'io volevo provare.

(Il Saggiatore, p. 474 di Parola di Galileo cit.)

INTERVISTA IMMAGINARIA A GALILEO

MARIAPIERA MARENZANA

già Docente di Lettere presso l'Accademia Nazionale di Danza, Roma

1. Premessa

L'idea di una intervista immaginaria a Galileo è nata dal desiderio di restituirgli la parola su temi di carattere vario, scientifico ma anche umano, in un inevitabile confronto con la realtà in cui ci troviamo a vivere oggi, realtà che appare deludente rispetto alle aperture e alle attese che l'estensione del metodo scientifico ad altri campi avrebbe indotto a sperare.

Galileo si espone qui anche nei suoi sentimenti privati, nelle cose che ama e in quelle che detesta, e le parole con cui si esprime – in particolare le più colorite come i concetti più irriverenti – sono in massima parte quelle da lui usate nell'epistolario privato e confidenziale, oppure quelle di amici e corrispondenti che ebbero in sorte di vivergli accanto e di conoscerne bene il carattere e le idee.

L'intervista risponde anche al desiderio di presentare un ritratto dello scienziato aderente alla realtà storica, sottratto al cliché dello studioso solo intento a scrutare il cielo, per mostrare l'uomo nei suoi molteplici interessi e nel suo onnivoro desiderio di conoscenza.

Galileo, con la sua drammatica vicenda intellettuale e umana, è stato oggetto, attraverso i secoli, di sentimenti diversi, e da più parti si è tentato di fare di lui il portabandiera di ideologie opposte. Abbiamo assistito da poco ad una sua "riabilitazione" da parte della Chiesa la quale, lungi dall'ammettere il proprio errore – averlo processato per eresia a causa delle sue idee in astronomia – ha finito in qualche modo per condannarlo di nuovo, descrivendolo come vittima del proprio carattere poco incline al compromesso e, addirittura, accusandolo di inosservanza del metodo scientifico da lui descritto.

Dalla cosiddetta riabilitazione oggi poi si è passati ad una forma indiretta e più pericolosa di screditamento dello scienziato, non solo quando lo si vuole ritrarre come un cattolico devoto e ossequiente, ma quando si presenta la scienza in generale come indissolubilmente legata alla fede - e una sola fede, quella cristiana. Si veda, per credere, il testo del discorso del papa, letto da altri nell'Aula Magna della Sapienza, in occasione della mancata visita all'Ateneo romano. Si pensi anche alla ventilata mostra su Galileo in S. Maria degli Angeli a Roma, programmata per l'apertura dell'Anno Internazionale dell'Astronomia, mostra il cui unico riferimento storico e scientifico dovrebbe essere il libro di Antonino Zichichi "Galileo divin uomo", libro a suo tempo stroncato dagli

esperti e nel quale, per dare una sommaria idea degli intenti dell'autore, non vengono neppure mai nominati processo, condanna e abiura dello scienziato.

L'intervista immaginaria pertanto si propone, in questo contesto, come un modesto contributo alla conoscenza della parola non travisata di Galileo.

2. L'intervista

Signor Galilei, la riproduzione, cui abbiamo appena assistito, di alcuni suoi esperimenti ci ha fatto toccar con mano come siamo ancor oggi immersi in antichi pregiudizi, anteriori alla sua invenzione del metodo scientifico.

Purtroppo, per quel poco che conosco del mondo d'oggi, non posso contraddirla, signore.

In quattro secoli abbiamo indubbiamente fatto innumerevoli progressi scientifici e tecnologici...

... mirabili assai, invero, e remoti da ogni mia immaginazione...

... e tuttavia lei saprà quante credenze infondate ancora oggi sopravvivono. Pensi solo agli oroscopi sui giornali e alla televisione. Avrà anche sentito della fede che tanti ancora ripongono in rimedi inefficaci, quali l'omeopatia...

... si diluisce, si diluisce, si diluisce ancora e poi si scuote, si scuote di nuovo... ne ho sentito parlare... ma non fa male, alla fine è acqua purissima.

E inoltre ogni sorta di fantasie: extraterrestri che ci fanno visita, superstizioni, misteri, eventi paranormali, maghi, guaritori, ciarlatani. E credenze religiose.

Come al tempo mio, purtroppo, quando si combatteva la peste con l'aceto e con le fumigazioni, e si dava la caccia a untori e streghe. Ben colgo la sua delusione, signore, quella di chi s'adopra perché gli uomini sempre ben aperti tengano gli occhi della fronte e della mente.

“La ragione - sono parole sue che non posso scordare - la ragione è la sola adeguata iscorsa a sortir d'oscurità l'uomo, e a quietar la sua mente”.

Eppure è così spesso negletta! Per pigrizia, forse, perché comodo è seguire le inveterate abitudini di pensiero, oppure...

... per sottrarsi a responsabilità individuali, affidandosi all'autorità di altri?

... *l'ipse dixit*, certo, ai miei tempi Aristotele e la Chiesa. Ma l'ordine del mondo è uno solo, e nelle cose naturali l'autorità d'uomini non val nulla. La natura, signor mio, si burla delle costituzioni e dei decreti dei principi, degli imperatori e dei monarchi, a richiesta de' quali non muterebbe un iota delle leggi sue!

Essendo la natura inesorabile e immutabile...

... e nulla curante che le sue recondite ragioni e modi d'operare sieno o non sieno esposti alla capacità degli uomini. Mi lusinga che le mie parole siano ancora ben ricordate.

Ricordo anche, a proposito del principio d'autorità, di aver letto, in una pagina del suo *Dialogo*, un gustoso episodio che mi piacerebbe fosse lei a raccontare.

Penso che lei si riferisca alla storia esemplare di quel filosofo aristotelico il quale, constatato con i suoi occhi in sala anatomica che il fascio dei nervi si diparte dal cervello e non dal cuore, dopo avere meditato alquanto, disse che avrebbe dovuto per forza ammettere la cosa per vera, se il testo di Aristotele non avesse sostenuto il contrario.

Ne ridiamo, oggi, ma con amarezza, se appena ci volgiamo intorno. Basta pensare alle nostre scuole: antiche leggende religiose in luogo di ipotesi scientifiche!

Povero Darwin, dopo tante sensate esperienze e necessarie dimostrazioni raccolte a sostegno del suo affascinante discorso!

Autonomia di giudizio troppo spesso significa esprimersi senza competenza alcuna su qualsiasi soggetto, oppure avanzare ipotesi infondate su argomenti indimostrabili.

Andar cioè a guisa della gallina cieca, dando or qua or là del becco in terra, fin che s'incontri in qualche grano di miglio: il guadagno non sarà maggiore di quello di colui che s'andava informando per qual porta della città s'usciva per andar per la via più breve in India. Era il modo di procedere di alcuni scienziati miei contemporanei, cui non potei risparmiare il lancio di "meluzze e torsi"...

Altro che meluzze, dica pure strali feroci! La prego, ne tenga in serbo alcuni per certi scienziati d'oggi - lei dovrebbe sapere di chi parlo - i quali, atteggiandosi a suoi eredi, mescolano sacro e profano e tradiscono l'etica stessa della scienza. Quanto diverso il loro modo di procedere dal suo!

Io stimo di più trovare un vero, benché di cosa leggiera, che 'l disputar lungamente delle massime questioni senza conseguir verità nessuna. Una colpa da cui posso ben dirmi esente è quella di aver dato risposte a questioni non sondabili con la ragione e non verificabili con la sensata esperienza.

Per esempio?

Per esempio il dire se le stelle sieno abitate o se esista l'eternità, pure fantasticherie. Mai volli indagare quel che Dio poteva essere o fare, ma solo quello che ha fatto, il libro della natura, scritto in caratteri matematici, che perpetuamente ci sta aperto dinnanzi agli occhi.

Un libro che, come lei ci ha insegnato, a saperlo leggere può fornire informazioni preziose persino su ciò che sfugge alla nostra diretta esperienza.

Gli effetti della natura, quantunque minimi e di nessun conto, non devono mai dal filosofo disprezzarsi, ché le operazioni di natura son tutte in pari grado degne di meraviglia, perché anche da cose comuni si posson trarre notizie molto curiose e nuove. E perché analoghe sono le leggi che governano il volo di una farfalla e quello di una stella in cielo. La cura dell'orto, potare o legar le viti, era per me passatempo insieme e materia di filosofare.

Lei ha suscitato sempre sentimenti forti, fra gli amici così come fra gli avversari. Solo per la scomoda novità delle sue idee?

Non posso certo negare che facilmente mi movevo all'ira, sebbene facilmente mi placassi. Mi infuocavo nelle opinioni perché avevo estrema passione dentro, ma poca prudenza a saperla vincere. Provavo gusto a volte ad attaccar briga e a combattere con chi aveva mezzi per vendicarsi. Ma ero insofferente della stupidità.

Però le piaceva anche scherzare...

Certo, e ridere pur delle cose più serie e stimate, che talvolta non hanno meno del ridicolo delle altre.

Per esempio, il sussiego accademico?

Ah, penso lei alluda a quel poemetto che scrissi quand'ero giovane professore a Pisa, *Contro il portar la toga*, che mi inimicò gli austeri colleghi.

Del resto, vi sosteneva un'idea diciamo pure insolita: che il meglio di tutto sarebbe andare ignudi.

Certo, perché è la veste che fa i sudditi diversi dai padroni, peggio che mai la toga, che inoltre t'impaccia e t'intrica, e ben s'addice a chi fa le cose adagio o non ha a grado la fatica, come certi frati o certi preti grassi...

O a quelli che stimano l'uomo a seconda che indossi un abito di lana rozza o di velluto.

Per me gli uomini son fatti come i fiaschi: ce n'è che non han tanto indosso, ma poi son pieni d'eccellente vino; altri han veste elegante, ma contengono vento o acqua profumata, e son adatti solo a pisciarvi dentro.

Dunque, bando a ogni forma di seriosità - che spesso non è che ipocrisia - ma non, così mi è parso di capire, ai piaceri della vita.

Stimavo l'allegrezza essere il miglior ingrediente della salute e del benessere. Sempre trassi gioia e conforto dalla compagnia degli amici, coi quali m'era grato praticar la musica, toccar i tasti e suonare il liuto. Ah, sminuzzolar cantucci con loro, nella quiete della mia casa, gustando un bicchier di ciliegiole o di frizzante chiarello!

Tra i suoi molti amici, che so esserle stati di grande conforto nei momenti più difficili della vita, ci furon non solo scienziati o allievi, ma anche artisti, illustri pittori.

Sì, il Bronzino, il Cigoli, la giovane Artemisia Gentileschi. Amai anche le belle lettere e in segreto gustavo gli autori proibiti - il Boccaccio e il Machiavelli, l'Aretino - o pericolosi, come Giordano Bruno.

Sapeva a memoria gran parte dell'Orlando Furioso, o sbaglio?

Il divino Ariosto... non tollero che lo si paragoni a quell'insipido Tasso e ai suoi eroi da burla. Pensi soltanto a quel fagiolaccio scimunito di Tancredi, vero innamorato da pere cotte. L'istessa differenza, tra il Tasso e l'Ariosto, che al mio palato recava il mangiar cetrioli dopo aver gustato saporiti meloni.

Lei ha dedicato alla scrittura la stessa vigile attenzione che alla scienza.

Certamente, e per più ragioni. Fare scienza e scriverne erano per me una sola cosa. Un linguaggio generico o oscuro è spia di povertà di concetti. Del resto, parlare oscuramente lo sa fare ognuno, ma chiaro pochissimi.

La chiarezza è una conquista difficile, ma necessaria per trasmettere le idee, e anche per non essere fraintesi...

... laddove la trascuratezza può capovolgere le intenzioni dell'autore, per esempio al pio Tasso sfuggono doppi sensi osceni assai remoti dal suo volere. Ma è del resto un errore in cui incorse anche Michelangelo, quando accomodò, nel suo Giudizio Universale, Santa Caterina ignuda con San Biagio dietro, disposti in attitudine oscenissima.

Basta così, signor Galilei, o il suo spirito libero, di toscano di razza, le potrà procurare rinnovati guai!

Ho il privilegio di non dovermi più curar dei guai! E tuttavia, assai m'amareggia constatar ancora che i tempi nuovi lo sono meno assai di quanto era lecito sperare. Ai tempi miei, la mentalità comune era ridotta così in basso che erano largamente premiati cacciatori e cuochi, che con nuove invenzioni e pasticci s'affaticavano di dar gusto alle bizzarrie e palati degli uomini, mentre eran posti altissimi intoppi agli intelletti speculativi. Come allora, oggi son cantanti e calciatori, e i cervelli son costretti a emigrare.

Ancora ci umilia e ci addolora la sorte che le è toccata. Come si è resa possibile tanta ignominia?

Sempre volli, sopra ogni cosa, dar risonanza grande alle mirabili mie scoperte celesti. Volevo fosse a tutti chiaro che la natura, come ci ha dato gli occhi per vedere le opere sue, così ci ha dato il cervello per intenderle e capirle.

Per questo lei scelse di scrivere in italiano piuttosto che in latino, lingua della scienza e della cultura.

E fu per questo che lasciai il mondo ristretto della Repubblica di Venezia per tornare a Firenze e affrontar gli infiniti accidenti di un mondo - la Corte e la Curia - popolato da uomini ambiziosi e infidi.

Eppure i suoi amici veneti l'avevano messa in guardia. Le sue idee copernicane e le sue scoperte erano una minaccia per la cultura accademica e per l'autorità della Chiesa.

La Chiesa era la depositaria del sapere e giudice vigile di tutto quel che si scriveva allora in Italia. Fuori di lei non v'era che il silenzio, scelto o imposto che fusse.

Quindi lei non poteva non far la Chiesa partecipe delle nuove verità, benché il rogo di Giordano Bruno lasciasse poche illusioni...

Io m'illudevo che la forza del fondato ragionamento sarebbe riuscita a prevalere sulle antiche e infondate abitudini di pensiero.

Fu questo forse il suo errore più grande.

Ma che tuttavia ancora tornerei a fare. Volevo anche che la Chiesa evitasse di mettere a rischio la sua autorità sostenendo principi che ben presto sarebbero stati apertissimamente dimostrati falsi e avrebbero dovuto essere ritrattati.

Insegnamento a tutt'oggi non recepito. La Chiesa ripete i suoi errori, benché di recente abbia disposto la sua riabilitazione...

Riabilitazione! Invero, signore, m'offende il sol pensiero che fossi *io*, che molto ho patito, e le cui idee con tanta chiarezza sono state dimostrate corrette, a dover essere riabilitato...

Cosa risponderebbe a chi ancor oggi, come Bertolt Brecht, le rimprovera l'abiura per aver con essa sottomesso la scienza alla forza dei poteri costituiti? E di aver rinunciato a stabilire un principio di libertà per il pensiero scientifico?

Accettare il rogo, come Bruno fece, significava accettar la logica antica, quella dei nemici miei. Col rogo, Bruno volle testimoniare la bontà delle sue fantasiose intuizioni... Io invece mai ebbi dubbio alcuno che la mia visione del mondo si sarebbe affermata at-

traverso le parole e non le fiamme. Il mio obbligo era condurre a termine la fondazione della scienza. L'indomani stesso dell'abiura, tra rischi e difficoltà d'ogni sorta, mi posi a scrivere l'ultima opera mia, i *Discorsi*, a rinnovato sostegno delle idee in cui credevo.

Sembra essere inevitabile, a questo punto, chiederle se ha perdonato i suoi persecutori. Mi risponda, se crede.

I torti e le ingiustizie che l'invidia, la diabolica malignità e iniqua volontà mi avevano macchinato contro non mi hanno travagliato, anzi la grandezza delle ingiustizie mi è stata piuttosto di sollievo, è stata un'ispecie di vendetta, perché l'infamia è ricaduta sopra i miei persecutori e i loro epigoni.

L'ICONOGRAFIA DI GALILEO GALILEI TRA OTTO E NOVECENTO

FEDERICO TOGNONI

Istituto e Museo di Storia della Scienza e Università di Firenze

Nell'Olimpo degli uomini illustri di tutti tempi, riuniti a rappresentare al di là di ogni limite temporale il valore assoluto della propria esperienza intellettuale per il progresso dell'umanità, sicuramente Galileo occupa un posto di rilievo. In effetti, pochissime altre personalità, anche fra i personaggi più popolari, si sono radicate così fortemente nell'immaginario collettivo fino a diventare una vera e propria icona come lo scienziato toscano, ampiamente celebrato anche dai suoi contemporanei.

È tuttavia con la seconda metà del Settecento che la sua celebrazione postuma conosce nuova fortuna. Secondo un *topos* già avviato dai suoi più stretti collaboratori, in questo giro di anni prende corpo, nella cultura figurativa e letteraria, lo stereotipo di Galileo quale prototipo dello scienziato moderno.

La trasfigurazione dell'uomo e dello scienziato avvenne sulla scorta della corretta valutazione del ruolo rivoluzionario che l'opera dell'eroe toscano aveva avuto nello sviluppo della scienza moderna. Dopo una generale fase di appannamento nell'epoca dominata da Cartesio e da Newton, nella seconda metà del Settecento lo scienziato conosce una rinnovata attenzione soprattutto da parte della storiografia scientifica italiana, intervenuta con patriottico zelo a rinverdire i fasti della tradizione culturale autoctona. Valga su tutti il *Saggio sul Galileo* apparso per la prima volta nel 1765 sul «Caffè» e poi ristampato a Livorno nel 1775 nella Stamperia dell'Enciclopedia con alcune significative modifiche. Apparso col titolo di *Elogio di Galileo*, lo scritto firmato da Paolo Frisi accusava l'*Encyclopédie* di Diderot e di D'Alembert di occultare i meriti galileiani, liquidati dai due francesi con poche e laconiche parole.

Anche il ritratto, che precede il saggio, è un'esaltazione dello scienziato toscano: secondo una formula che rimanda alla statuaria classica, Galileo, abbigliato con una tunica all'antica, appare raffigurato privo di un qualsiasi attributo caratterizzante, come un filosofo della natura, come ricordano la fronte aggrottata e la barba folta che incornicia il volto pensoso.

Il saggio di Frisi venne riutilizzato anche in seno alla *Serie di ritratti d'Uomini Illustri Toscani con gli elogi storici dei medesimi*, l'opera finita di stampare nel 1773 che ambiva a ripercorrere la rinascenza delle scienze e delle arti attraverso le biografie degli uomini illustri toscani che avevano operato grazie alla generosa munificenza della famiglia dei Medici. Una nuova e prestigiosa iniziativa editoriale da aggiungere a quelle incoraggiate dall'arrivo a Firenze di Pietro Leopoldo, il nuovo granduca che aveva dato nuovo impulso alla politica culturale toscana, promuovendo la pubblicazione di opere volte a

valorizzare la storia del granducato. Si trattava di rendere omaggio ai toscani illustri, i cui elogi, raccolti tutti insieme – a detta di Giuseppe Allegrini, che firma la prefazione al primo volume – avrebbero dovuto illustrare «un'istoria del rinascimento delle scienze, e delle arti, quasi unicamente dovuto al genio della Nazione e alla magnificenza, ed al gusto della Casa Sovrana dei Medici». Era stato infatti grazie a loro che era iniziata «a comparir più chiara la verità, e diffondersi tanta luce nel mondo per mezzo delle nostre scoperte da farne trionfar la ragione, e dissipare gli antichi fantasmi dell'ignoranza».

Alla redazione della *Serie di ritratti d'Uomini Illustri Toscani*, accanto a Pelli, parteciparono alcuni fra i più noti rappresentanti dell'*establishment* culturale toscano di quegli anni. L'abate Felice Fontana, il matematico Tommaso Perelli e in particolare alcuni esponenti di spicco dell'erudizione fiorentina: Domenico Maria Manni e Marco Lastri, al quale – insieme al funzionario granducale – si deve lo sforzo maggiore per la stesura dei vari elogi scritti con piglio partigiano.

A questi vettori culturali obbedisce anche la biografia di Galileo, che in seno al progetto ricopre un ruolo ben determinato. Chi meglio di lui infatti poteva ricordare il primato del Granducato nell'avventura della rivoluzione scientifica, quando già in vita le sue clamorose scoperte scientifiche gli avevano fruttato celebrità e fama in tutta Europa? Ecco perché forse i promotori dell'opera ricorsero all'elogio del Frisi. Una scelta che a prima vista sembrava tradire la toscanità dell'opera, ma di fatto costituiva una difesa ineccepibile dell'operato del grande pisano, quanto di meglio la storiografia scientifica italiana aveva prodotto in questo scorcio di metà Settecento.

In questo contesto, importante anche il ruolo ricoperto dall'effigie di Galileo, incisa – su disegno di Giuseppe Zocchi – da Francesco Allegrini, fratello di Giuseppe. In veste ufficiale di primario filosofo e matematico granducale Galileo ostenta il cannocchiale, che se da un lato allude alle sue straordinarie scoperte telescopiche compiute grazie anche al mecenatismo della famiglia Medici, dall'altro ricorda le sue doti di costruttore di strumenti di misura, che gli fruttarono l'appellativo di Archimede dei tempi moderni.

Si comprende allora la ragione per cui lo scienziato pisano sebbene nella capitale del Granducato dovesse spartire gloria e fama con altri onorevoli cittadini, quali artisti, navigatori ed intellettuali di primo ordine, rappresentò una gloria a cui i Lorena ricorsero più volte.

Nello stesso giro di anni in cui a Roma Domenico Manera scolpiva l'effigie galileiana per il Pantheon e in cui Nicolò Bettoni avviava – tra Padova e Milano – una poderosa serie di prestigiose iniziative editoriali volte a di rinverdire la fama dei grandi uomini del passato, in Toscana fu lo stesso Ferdinando III a promuovere un sistematico programma decorativo nel segno dell'astro galileiano. Fra il 1817 e il 1818, il cavalier Antonio Montalvi si rivolse ad Antonio Marini perché decorasse i quattro lati della carrozza di gala del Granduca con “altrettanti cocchi”, in cui furono inserite, su consiglio dell'antiquario Giovanbattista Zanoni, le effigi di alcuni dei granduchi più rappresentativi della stirpe dei Medici e della famiglia dei Lorena: “Lorenzo de' Medici col Poliziano e Michelangelo, Cosimo I col Vasari, [...] Pietro Leopoldo con due geni

simboleggianti l'abbondanza e l'agricoltura, l'industria e la pace", e naturalmente Cosimo II e Galileo. Un binomio quest'ultimo che Marini sarà chiamato a replicare anche nel 1823, raffigurando nella villa di Poggio Imperiale *Galileo che offre i "Sidera Medicea" al Granduca Cosimo II*. Una scelta che, se da un lato celebrava i saldi legami instaurati da Galileo con il principe allievo Cosimo II, prontamente intervenuto a legittimare le scoperte galileiane, dall'altro ambiva a sottolineare una delle pagine più illustri della storia dei Medici, che avevano eletto l'eroe toscano ad apostolo della scienza moderna.

Del resto era stato così anche pochi anni prima, quando Luigi Catani era stato chiamato a decorare due piccoli ambienti del secondo piano nell'appartamento borbonico di Palazzo Pitti, dove il pittore aveva dipinto una sorta di compendio figurato destinato a scandire le tappe salienti del cammino della scienza e della filosofia, dall'età classica all'Accademia del Cimento passando per Galileo, al quale sono dedicati ben tre episodi: *Galileo effettua l'esperienza della caduta dei gravi dalla Torre di Pisa alla presenza del Granduca*, *Galileo in Piazza San Marco a Venezia con alcuni allievi mentre trova le prime lenti per costruire il cannocchiale* e *Galileo presenta alla corte Medicea il telescopio*.

Tali episodi, nel ricordare la centralità dell'esperienza nell'indagine fisica, esaltano la rivoluzionaria attività speculativa dello scienziato pisano, novello Archimede restauratore di una grande tradizione classica, connotata da un sapere concreto ed essenziale che in Toscana aveva preso forma già nel Quattrocento. Attorniato da adoranti discepoli, sia che illustri fra lo stupore degli astanti l'attendibilità delle proprie scoperte relative alla caduta dei gravi sia che celebri come un sacerdote laico il rito della presentazione del telescopio, Galileo appare il protagonista incontrastato, contraddistinto da una lunga tunica disadorna quasi saio monacale e dalla gestualità misurata che sottolinea la valenza paradigmatica dell'evento: un clima che certo favorì nel granducato la proliferazione di iniziative, anche private, volte a celebrare il sommo scienziato toscano.

Esemplare, in questa direzione, l'omaggio reso a Galileo in seno al *Taccuino Originale*, l'ambizioso progetto editoriale edito in venti fascicoli da Giovanni Battista Silvestri per rendere noti alcuni suoi "Disegni Architettonici" realizzati a partire dal 1816. Nel primo fascicolo infatti compaiono alcune tavole dedicate ad un possibile *Monumento a Galileo*, che secondo le intenzioni dell'architetto fiorentino avrebbe dovuto celebrare l'universalità delle scoperte "dell'immortale italiano" nei diversi campi del sapere: dall'astronomia all'idraulica e alla meccanica. Concepito per essere inserito all'interno di una nicchia emisferica, al centro del monumento compare il profilo dello scienziato pisano, accompagnato dal motto "e pur si muove", esplicita allusione alla forza e veridicità delle sue teorie, peraltro simboleggiate anche dai leoni posti alla base. Precoce, dunque, quanto isolato esempio di monumento allegorico consacrato al genio galileiano, come dimostra del resto il globo che campeggia sopra il ritratto di Galileo, contornato da due statue rappresentanti i Poli della Terra; mentre nell'emisfero con al suo zenit il sole, sono raffigurati i segni zodiacali. Completano il monumento la statua di Urania, musa dell'Universo, dovuta con tutta probabilità all'immagine resa immortale da versi dell'*Inno Secondo* de *Le Grazie* di Ugo Foscolo (vv. 10-16), e la personificazione

dell'Arno, sulle cui sponde nella città di Pisa l'illustre scienziato aveva visto i natali e a Firenze, dove Galileo aveva costruito gran parte della sua folgorante carriera.

Un ruolo significativo nella promozione dell'immagine di Galileo fu svolto anche dai primi congressi scientifici, che – com'è ampiamente noto, almeno inizialmente – ebbero la funzione di rinsaldare nell'immaginario collettivo di tutti i partecipanti quell'idea di coscienza nazionale che di lì a poco ebbe un seguito tangibile nelle aspirazioni libertarie di parte della classe dirigente. Da ricordare, a questo proposito, il Primo Congresso degli Scienziati Italiani, svoltosi a Pisa nell'ottobre del 1839. Promosso da un ristretto manipolo di scienziati capitanati dall'illustre naturalista Carlo Luciano Bonaparte, l'illustre consesso, oltre a rilanciare lo Studio pisano all'antico splendore, segnò di fatto la piena e consapevole riabilitazione di Galileo, assunto ad alfiere del primato dell'Italia nelle scienze naturali e a nume tutelare dell'intera manifestazione. Eloquentemente, in questa direzione, il fazzoletto donato ai partecipanti intervenuti al congresso pisano e il manifesto di analogo soggetto litografato dalla stamperia dei fratelli Thierry a Parigi, dove la figura di Galileo, munito di telescopio e con un globo nella mano sinistra, domina l'intera composizione, circondato ai lati da due angeli: uno lo incorona e ne annuncia il trionfo al suono della tromba squillante, mentre l'altro, guidato dalla fiamma della divina sapienza, sorregge un cartiglio che ricorda le invenzioni e le scoperte dell'illustre scienziato toscano.

La rinnovata attenzione nei confronti di Galileo si attuò durante il congresso con una celebrazione dal marcato rituale agiografico. La mattina del 2 ottobre 1839 le autorità cittadine, accompagnate dagli scienziati, i professori dell'Ateneo e da una moltitudine di semplici curiosi, si radunarono nel portico della Sapienza per assistere alla solenne inaugurazione del monumento galileiano: la statua scolpita dal livornese Paolo Emilio Demi, acquistata grazie ad una sottoscrizione pubblica sostenuta dal Granduca di Toscana e dalle personalità di maggior spicco della cultura e della politica toscana del tempo. La commemorazione ufficiale fu affidata alla voce più autorevole della cultura locale, Giovanni Rosini, che pur eludendo qualsiasi forma di scontro e dissidio con il Vaticano, preoccupato di veder lesa la propria autorità in una pubblica manifestazione allargata alla partecipazione popolare, celebra la figura di Galileo come la vittima designata di una calunnia ingiusta, prova estrema “di quel lungo e trionfale martirio della filosofia” che aveva sancito la supremazia intellettuale e morale dell'illustre scienziato.

Si comprende allora il vivace dibattito suscitato dal luogo – peraltro messo ai voti – dove collocare la scultura galileiana, per l'occasione tradotta a stampa da Giovanni Battista Gatti e distribuita a guisa di santo laico a tutti i partecipanti del convegno. Le proteste più vibranti furono pronunciate da una delle personalità che maggiormente si era prodigata per acquistare l'opera dello scultore livornese: il segretario della società di azionisti, Antonio dell'Hoste. L'avvocato pisano, infatti, nel portico del Palazzo della Sapienza ravvisava un luogo inadeguato alla statura simbolica del soggetto rappresentato. Nonostante le robuste proteste di dell'Hoste, però, la statua venne collocata al

centro del cortile della Sapienza, così come appare immortalata di profilo dalle matite ispirate di mademoiselle De La Morinière, la pittrice francese in quel giro di anni intenta a disegnare suggestive vedute della città e inediti scorci della campagna circostante. Realizzato con tratto minuto e sfumato nell'ottobre del 1840, il foglio restituisce con compiaciuta partecipazione una pagina di cronaca quotidiana del Palazzo della Sapienza, animato dagli immancabili studenti e professori, impegnati in accesi e interminabili dibattiti, e da viaggiatori incuriositi ritratti in placida contemplazione del simulacro galileiano.

La venerazione nei confronti di Galileo, del resto, proprio nell'anno del congresso, spinse una delle personalità pisane più in vista della città, Giovan Battista Toscanelli, a rivolgersi a Gaspero Martellini per affrescare in una volta della sua nuova residenza sul lungarno di tramontana *Il trionfo di Galileo*, elaborata allegoria dove reminiscenze iconografiche mutate dalla Stanza della Segnatura di Raffaello si intrecciano a sigle compositive proprie della pittura seicentesca.

Strumentale al disegno politico lorenese l'attenzione dedicata allo scienziato pisano nel corso del Terzo Congresso degli Scienziati Italiani, quando a Firenze venne inaugurata la Tribuna di Galileo, ideale completamento del Museo della Specola. Il monumento doveva assolvere alla funzione di cenotafio laico consacrato al genio dello scienziato pisano, dove agli strumenti, al pari delle reliquie, era assegnato il compito di evocare il cammino della scienza sperimentale. L'erezione della fabbrica era stata avviata a partire dalla fine degli anni venti da Leopoldo, che nell'esaltazione delle glorie scientifiche granducali l'importante opportunità di sottolineare il primato della tradizione scientifica toscana nell'orizzonte culturale italiano. Lo stesso dettagliato programma iconografico, ideato dal direttore del Museo della Specola Vincenzo Antinori - escluso gli affreschi del vestibolo raffiguranti *Leonardo da Vinci alla presenza di Ludovico il Moro* e *Alessandro Volta presenta la pila al primo Console*, rispettivamente *incipit* ed *explicit* dell'apparato illustrativo, inseriti per dimostrare "il respiro nazionale della tradizione galileiana" - costituisce un solenne manifesto ideologico, ricco di implicazioni simboliche orientate a rivalutare l'operato scientifico di Galileo e la continuità di questo sapere nel presente, piuttosto che a celebrarne la storia.

In questa direzione va interpretato l'intero piano ornamentale che, insistendo su temi desunti dalla trasfigurazione letteraria tradata da *Racconto Istorico* di Vincenzo Viviani, isola alcuni significativi momenti della biografia dello scienziato, che narrano la storia della nascita e del conseguente sviluppo della fisica moderna dalla caduta dei gravi all'istituzione dell'Accademia del Cimento, sorta sotto l'egida degli insegnamenti galileiani. Argomenti di stretta attualità negli ambienti scientifici toscani, impiegati dall'Antinori per ribadire la superiorità intellettuale dello scienziato pisano, grazie all'opera illuminata del Granduca, precursore di Newton ed inventore di un nuovo metodo per indagare la natura.

A partire dal primo riquadro raffigurante l'esperienza della caduta dei gravi sul piano inclinato, eseguito da Giuseppe Bezzuoli nella sala quadrilatera, per proseguire con

gli affreschi dipinti da Luigi Sabatelli nel catino della semicupola, dedicati alla scoperta dell'isocronismo del pendolo, alla presentazione del cannocchiale al Senato Veneto e agli allievi riuniti attorno al maestro, costretto all'esilio nella villa d'Arcetri, per terminare con una riunione di accademici del Cimento, realizzata da Gaspero Martellini, si tratta di episodi che illustrano eloquentemente la parabola vincente della filosofia sperimentale galileiana. Comunque sia, tematiche legate a fatti inerenti la storia scientifica toscana, colte nella loro valenza evenemenziale, in modo da essere presentate, secondo i canoni del romanzo storico, come frammenti di eventi filologicamente documentati, anche se ampiamente integrate ed amplificate dai parametri del verisimile.

Una chiara presa di posizione diretta a rimarcare il primato culturale dell'Italia in ambito scientifico e al contempo tesa aprire la strada a quell'idea di progresso così fortemente osteggiata dalle autorità vaticane, ma alla base di numerose imprese sostenute dagli indirizzi dello storicismo romantico per avviare la creazione di quel pantheon nazionale da offrire alla pubblica emulazione per confutare l'accusa lamartiniana di "terra dei morti".

Con queste premesse, a partire dal 1835 il tipografo Vincenzo Battelli, supportato dalla corte lorenese e dall'*intelligenza* cittadina, aveva lanciato una pubblica sottoscrizione per ornare con ventotto statue di illustri toscani le nicchie dei pilastri del porticato degli Uffizi, dove accanto allo scopritore di nuove terre, Amerigo Vespucci, nel 1852 faceva la sua comparsa l'esploratore degli ignoti spazi siderali Galileo. Affidato allo scalpello del Costoli, lo scienziato pisano, ormai privo della vista, è presentato a figura intera, un po' retoricamente, nell'atto di chi grazie alla meditazione interiore, riesce con l'intelletto ad indagare le verità arcane della natura.

E sempre nello stesso giro di anni Niccolò Puccini innalzava nel giardino del suo villone di Scornio nella zona suburbana di Pistoia un Pantheon, consacrato alla celebrazione del genio italico. Fra i sommi certo non poteva mancare Galileo, portatore principe di quelle virtù civili, materia prima per stimolare il risveglio dei sentimenti nazionali nelle coscienze dei cittadini.

Una vena celebrativa di chiara impronta laica e libertaria, illuminata però da fermenti patriottici venati da intenti didattici-educativi che assumono una maggior consistenza nell'*Emiciclo di Galileo*, perno centrale attorno al quale si struttura il percorso scientifico del giardino, destinato a celebrare i fattori della civilizzazione ed in particolare a ricordare il ruolo fondante svolto dalla scienza per l'affermazione del progresso. Affiancato dai suoi allievi prediletti, Evangelista Torricelli e Vincenzo Viviani, Galileo, realizzato da Luigi Zini, rifletteva dunque le aspirazioni pedagogiche di Puccini, che con quella "dimessa scultura fittile", presa di mira dalla penna salace di Giuseppe Giusti, desiderava offrire al popolo una selezionatissima campionatura di *exemplum virtutis* dall'alto valore morale e storico.

All'eroe toscano del resto a Pistoia era stato riservato un posto distinto anche nell'affresco raffigurante la Salute, l'Onore e la Virtù che Nicola Monti aveva dipinto in palazzo Vivarelli Colonna nel 1838, anno in cui in città si era tornati a respirare un

clima di libertà, dopo un decennio di tensioni intellettuali che avevano incoraggiato il governo granducale a sopprimere l'Accademia di Lettere, Scienze ed Arti. Almeno così si deduce da una litografia che offre con qualche "cambiament(o), ed aggiunt(a)", concepiti dallo stesso pittore fiorentino "per rendere [...] originale anche la copia", una traccia dell'affresco andato perduto. Ancora una volta, Galileo, facilmente riconoscibile per la presenza del cannocchiale e di un globo, appare raffigurato, secondo una tradizione iconografica oramai ben consolidata, in posizione emergente e con la consueta maschera fisionomica di diffidente distacco.

Un'opera che rimarcava la valenza simbolica del mito degli uomini illustri che nella provincia toscana aveva trovato condizioni di sviluppo particolarmente favorevoli nella "Società dei Parentali dei Grandi Italiani", istituzione sorta a partire dagli anni Venti in seno alla locale Accademia di Scienze, Lettere e Arti, che in questa invenzione tematica, sin dai suoi esordi, aveva individuato un utile strumento di propaganda politica orientata in direzione antigranduale.

Un copione che, almeno in parte, stando alle fonti, si dovette ripetere puntualmente anche il 28 luglio 1845 in occasione dei Parentali galileiani, cui parteciparono Angelico Marini, Pietro Odaldi e Pietro Contrucci. Una manifestazione quindi dove l'intento, neanche troppo scoperto, di esaltare una gloria nazionale si trasformò ben presto in un pretesto per alimentare quei sentimenti libertari che serpeggiavano nella società toscana e da tempo attendevano di coagularsi attorno a precise iniziative.

La trasformazione di Galileo in santo laico e simbolo del Risorgimento era ormai definitivamente compiuta e da qui in poi destinata di volta in volta a soddisfare gli orientamenti del gusto e le istanze culturali, sociali e persino politiche di un'epoca, come quando nel corso dell'Ottocento il nome di Galileo venne unito inscindibilmente alle ragioni di quella "nuova scienza" che dava voce e spazio alle esigenze di libertà di ricerca e di autonomia rispetto alle strettoie e alle censure ecclesiastiche. Per le frange più estremiste, anticlericali e anarchici in testa, infatti, lo scienziato toscano incarnò, insieme a Giordano Bruno, l'eroe ribelle in grado di combattere senza alcuna incertezza il principio di autorità dettato dalla tradizione libresca; la vittima predestinata di una congiura di peripatetici pronta a sacrificarsi e a lottare per l'affermazione di una libera ricerca aspramente osteggiata dall'autorità cattolica.

Così fu anche all'indomani dell'Unità italiana, quando nel febbraio del 1864 si celebrò il Terzo Centenario della nascita di Galileo. La ricorrenza venne salutata in molte città italiane ed europee, dove un po' ovunque spuntarono busti, si organizzarono spettacoli teatrali, videro la luce saggi d'occasione, commemorazioni e poesie in onore del sommo scienziato, entrato di diritto nel Pantheon italico assieme a Dante, Machiavelli e Michelangelo. Ma a Pisa, cui fu lasciato il timone delle iniziative in qualità di città natale dello scienziato, la manifestazione rappresentò il terreno d'incontro di diverse strategie. Al di là dell'importante tentativo andato fallito di un gruppo di accesi militanti mazziniani che tentarono di infiltrarsi fra le file dei partecipanti per sollevare una manifestazione di piazza, il centenario se da un lato servì alle autorità cittadine

per legittimare le neonate istituzioni e dall'altro venne utilizzato dagli amministratori locali per rivendicare nel segno del suo figlio più illustre la propria autonomia culturale e politica, accese le fantasie degli animi più esasperati, che in Galileo individuarono il miglior alfiere della cultura laica e libertaria.

Sull'onda lunga della copiosa pubblicistica contemporanea, di tono spesso agiografico, la vicenda di Galileo dunque prestava il fianco a linee di lettura polisemiche che lasciavano intravedere possibilità di sviluppi diversi, se non contrastanti. Emblematico il caso offerto dal celebre episodio del processo. Appena abbozzato nel profilo biografico offerto dal Viviani, nell'estremo tentativo di rimuovere dall'immaginario collettivo il trauma dell'abiura, che ostacolava il pieno reinserimento dell'eredità scientifica del maestro all'interno del dibattito culturale ufficiale, questo tema nel corso del XIX secolo conobbe numerose traduzioni figurative, sulle quali attecchirono le diverse aspirazioni culturali, ma soprattutto politiche di una società organizzata in rigidi schemi gerarchici, contraddistinti da diversi orientamenti intellettuali. Sulla scena dell'abiura si proiettarono così contenuti etici, civili e didascalici, da un lato per esemplificare la supremazia intellettuale e spirituale di Galileo, campione emblematico anche per civiche virtù, dall'altro per veicolare sentimenti anticlericali e ideologie risorgimentali.

Prese corpo così una vera e propria galleria di scene d'inquisizione, di tortura e di prigionia, nonché di letti di morte su cui esercitarono i propri pennelli intere schiere di artisti, cosicché in breve tempo le eroiche vicende di Galileo divennero un tema popolarissimo nelle esposizioni accademiche nazionali. Da segnalare, tra i molti, *Galileo nelle prigioni dell'Inquisizione* esposto da Cesare della Chiesa conte di Benevello all'esposizione braidense del 1838; il celebre *Galileo davanti all'Inquisizione* di Cristiano Banti premiato con la medaglia all'Esposizione fiorentina della Società Promotrice di Belle Arti del 1857; e infine *Galileo spiega la teoria del moto della terra dinanzi ai commissari dell'Inquisizione di Roma*, la tela di grandi dimensioni presentata da Carlo Felice Biscarra per l'Esposizione della Società Promotrice di Belle Arti di Torino del 1859. A questi dipinti inoltre sono da aggiungere le numerose composizioni destinate ad esaltare il cammino della scienza attraverso l'esperienza dei suoi figli più illustri. Forse il più famoso di tutti è l'affresco raffigurante *Il Trionfo della Scienza* dipinto da Niccolò Barbino tra il 1877 e il 1878 nella volta del salone di Palazzo Orsini a Genova, dove sulla destra fra le principali personalità ritratte compare anche la sagoma di Galileo.

Ma sul finire del secolo saranno la patria natale e quelle adottive a fornire un contributo importante per la promozione dell'immagine di Galileo. Se a Pisa per alcuni decenni terranno ancora banco le discussioni infinite per erigere un monumento pubblico al cittadino più illustre; a Padova sarà l'impegno di Antonio Favaro ad alimentare il culto dello scienziato Toscano. Fu lui infatti una delle personalità più impegnate nella celebrazione del terzo cattedratico galileiano, svoltosi a Padova il 7 dicembre 1892. La commemorazione, aperta dal Rettore Carlo Ferraris, chiamò a raccolta nell'Aula Magna dell'Ateneo padovano i professori dello Studio, alcuni illustri accademici venuti da mezza Europa, il Ministro dell'Istruzione, le autorità cittadine e numerosi studenti.

Per l'occasione, due di loro, i fratelli Da Rin, allestirono nella sala della Ragione un monumento di alto valore scenografico alto ben sette metri. Alla sommità di un ampio plinto, su cui erano incisi alcuni versi del poeta Giacomo Zanella, si ergeva la statua di Galileo, raffigurato in atteggiamento contemplativo e dotato della sfera armillare e del cannocchiale: due attributi che meglio legittimavano la sua superiorità intellettuale, definendone al contempo le sue straordinarie scoperte celesti, che avevano sovvertito una lunghissima tradizione di studi le cui radici affondavano nell'antichità. A ribadire il messaggio contribuiva anche un'altra figura collocata sui gradini alla base del gruppo allegorico, distrutto volontariamente subito dopo la fine della manifestazione: un genio alato che con una mano sollevava la fiaccola della scienza, mentre con l'altra afferrava una catena spezzata.

E certo la popolarità di Galileo non diminuì con l'inizio del Novecento. Anzi, ancora per gran parte del secolo lo scienziato toscano rappresentò un'icona buona per tutte le stagioni. A Pisa, ad esempio, in seno ai lavori di ristrutturazione del Palazzo della Sapienza si pensò di riservare il giusto tributo allo scienziato pisano, connotando in chiave galileiana il fulcro architettonico e culturale dello studio pisano: la nuova aula magna, che avrebbe dovuto essere consacrata integralmente al genio dello scienziato pisano, ricalcando di fatto il disegno celebrativo concepito da Vincenzo Antinori per la Tribuna di Galileo a Firenze. Ancora una volta attraverso l'esaltazione della figura di Galileo si ambiva a ribadire il primato scientifico dello Studio pisano nell'orizzonte culturale europeo, secondo quell'idea di nuova scienza che di lì a poco sarà ripresa anche dalla retorica del regime fascista, che a Firenze nel 1929 in seno alla Prima Esposizione Nazionale di Storia della Scienza dedicava un'intera sala all'Ateneo pisano, rappresentato dai cimeli di Matteucci e di Pacinotti, dagli autografi di Betti e di D'Ancona, e dai ritratti dei professori illustri della collezione Franceschi destinati a tracciare una sorta di ideale albero genealogico degli scienziati distintisi nell'Università pisana, fra i quali naturalmente spiccava anche Galileo.

Rispetto al progetto iniziale, tuttavia, la celebrazione galileiana subì un ridimensionamento, anche se allo scienziato pisano venne riservato il privilegio di occupare il luogo più eminente dell'aula, l'intera parete della cattedra: una scelta dunque che lo consacrava al rango di principale ed unico testimone del sapere accademico.

L'incarico fra mille polemiche venne affidato al pittore marchigiano Adolfo De Carolis, che propose di affrescare la parete della cattedra con episodi sospesi tra mito e pittura di storia. Alla scena centrale del cosiddetto *Trittico galileiano*, *La nuova luce* avrebbero dovuto contrapporsi due soggetti ripresi dalla vicenda biografica dello scienziato pisano: *Galileo nello Studio pisano* e *Galileo a Roma davanti all'Inquisizione*. Quanto questi soggetti fossero giudicati inopportuni è difficile dirlo senza il pericolo di cadere in sovrainterpretazioni; fatto sta che nella redazione finale la scelta cadde su *Galileo ancora fanciullo baciato ed invitato ad accedere al tempio della Scienza* e *Il sommo scienziato guidato al tempio della gloria*. Alla rappresentazione di una narrazione concreta e storica si preferì dunque sostituire, forse per motivi di decoro, un concettismo astratto, che la

storiografia contemporanea interpretò come esempio emblematico di fusione fra storia e sintesi simbolica, frutto di un lungo processo intellettuale astrattivo.

Nello stesso torno di tempo dunque in cui divampava l'ennesimo scontro politico intorno all'eventualità di costruire un monumento a Galileo in piazza del Duomo per iniziativa del Cardinale Maffi, costretto poi a desistere nell'iniziativa e certo non per motivi economici, l'Ateneo pisano continuava a rendere omaggio al suo figlio più illustre, che nell'immaginario collettivo continuava ad alimentare miti e interpretazioni contrastanti.

Sarebbe tuttavia errato credere che si tratti di un omaggio isolato. Nonostante, infatti, il nome di Galileo continuasse a suscitare l'ira dei sostenitori religiosi più accesi, contrariamente a quanto è stato detto anche il regime fascista si servì dell'immagine dello scienziato toscano. Nel 1928, anno in cui Mario Nelli coniava una medaglia e una spilla a ricordo del congresso internazionale svoltosi a Roma per la protezione della proprietà industriale, Antonino Calcagnadoro raffigurava, in mezzo agli artisti, anche Galileo in uno di sei riquadri che insieme all'ottagono centrale e ai due tondi del soffitto ornano il Salone delle Riunioni del Ministero della Pubblica Istruzione. Un inserimento dunque che certifica il ruolo centrale assunto da Galileo anche durante il regime fascista, che individuò nello scienziato pisano, come in Leonardo, una delle personalità più rappresentative di quel genio italico promosso da Mussolini per documentare il primato della nazione in ogni campo del sapere.

Ma forse a dare conto della diffusione e della stratificazione dell'immagine di Galileo durante il Novecento contribuisce in modo determinante quella produzione figurativa favorita dai sistemi di comunicazione di massa: dal segnalibro con l'effigie galileiana stampato dalla Fila (fabbrica italiana lapis affini) al menù stampato dalla Martini e Rossi di Torino negli anni Cinquanta con Galileo davanti al tribunale dell'Inquisizione ripreso da Barabino, dalla pubblicità della Cinzano a quella della Campari. *Gadgets* pubblicitari che rappresentano un volgarizzamento talvolta ormai stanco e poco significativo dell'iconografia galileiana preesistente, dettata ormai esclusivamente dai fini commerciali e questioni di marketing, ma che dimostrano la popolarità di un mito ancora oggi duro a morire.

BIBLIOGRAFIA

- Bargagna B. *et al.*, a cura di, *Pisa Ottobre 1839: il Primo Congresso degli Scienziati Italiani*, catalogo della mostra, Litografia Tacchi/rist. Giardini, Pisa 1989.
- Barsanti D., *L'Università di Pisa dal 1800 al 1860. Il quadro politico, gli ordinamenti didattici, i rapporti con l'Ordine di S. Stefano*, Edizioni ETS, Pisa 1993.
- Bassignana L., Gli stili della Restaurazione, in *Storia delle arti in Toscana. L'Ottocento*, a cura di C. Sisi, pp. 53-101, Edifir, Pisa 1999.
- Gambutì A., *La Tribuna di Galileo*, Alinea, Firenze 1990.
- Micheli G., L'idea di Galileo nella cultura italiana dal XVI al XIX secolo, in AA. VV., *Galileo. La sensata esperienza*, pp. 163-187, Amilcare Pizzi, Milano 1988.
- Redondi P., Dietro l'immagine. Rappresentazioni di Galileo nella cultura positivista, in *Nuncius. Annali di Storia della Scienza*, IX, 1, 1994, pp. 65-116.
- Rossi P., Immagini di Galileo, *Nuncius*, IX, 1994, pp. 3-14.
- Galileo nel terzo centenario della nascita: eroe italico e santo laico, in *Galileana. Journal of Galilean Studies*, A. I, 2004, pp. 211-231.
- Tognoni F., Galileo: il romanzo dipinto, in *Galileo Galilei e Giordano Bruno nell'immaginario sociale dei movimenti popolari fra Otto e Novecento*, atti della giornata di studi, Pisa 27 novembre 1999, a cura di F. Bertolucci, pp. 85-108, BFS, Pisa 2001.
- Tognoni F., La Sapienza e il mito di Galileo: storia di un monumento / The Sapienza and the myth of Galileo: history of a monument, in *La sapienza di Pisa / The Sapienza of Pisa*, a cura di R. P. Coppini e A. Tosi, pp. 161-183, Plus, Pisa 2004.
- Tognoni F., Immagini di Galileo nella Toscana dei Lorena, in *Sovrani nel Giardino d'Europa. Pisa e i Lorena*, Catalogo della mostra a cura di R. P. Coppini e A. Tosi, pp. 175-181, Pacini, Pisa 2008.

SUPERMAN E LE FORMICHE

ROBERTO CASALBUONI

Dipartimento di Fisica, Sezione INFN, Istituto G. Galilei per la Fisica Teorica e OpenLab, Firenze

1. Introduzione

Un problema molto interessante e che si presenta in molte situazioni è quello del cambiamento di scala, cioè: cosa succede se si cambiano le dimensioni degli oggetti? È un problema non banale perché richiede considerazioni di tipo fisico assieme a quelle di tipo geometrico¹. Il primo ad affrontarlo nel modo corretto è stato Galileo Galilei (1564 – 1642) nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, [4], pubblicato nel 1638. Galileo si era già occupato di questo problema quando aveva solo 24 anni (1588) in occasione di due lezioni tenute all' Accademia Fiorentina sulle dimensioni dell'Inferno di Dante, [3]. Come vedremo, in queste due lezioni, Galileo affrontava il problema del cambiamento delle dimensioni degli oggetti solo dal punto di vista geometrico senza tenere nel necessario conto la parte fisica.



Figura 1 - La striscia di Siegel e Shuster su Superman e le formiche giganti.

A questo errore rimediò poi brillantemente nel 1638. Dopo aver esposto come si devono effettuare correttamente le trasformazioni di scala applicheremo poi queste idee all'illustrazione di una striscia di Siegel e Shuster che mostra Superman che difende la terra dall'attacco di formiche giganti (vedi Figura 1).

2. Galileo e l'inferno di Dante

Come abbiamo già detto, nel 1588, il giovane Galileo tenne due lezioni all'Accademia Fiorentina sulla figura, il sito e le dimensioni dell'Inferno di Dante. Lo scopo delle lezioni era di confrontare due tesi sull'Inferno, una espressa dal Manetti ed un'altra dal

Vellutello. Le due tesi erano identiche per quanto concerneva l'aspetto generale dell'Inferno (che si può per altro ricavare da una attenta lettura della Divina Commedia), ma che differiscono in modo notevole per le dimensioni. Infatti l'Inferno di Vellutello aveva delle dimensioni lineari circa 10 volte più piccole di quelle del Manetti (vedi Figura 2).

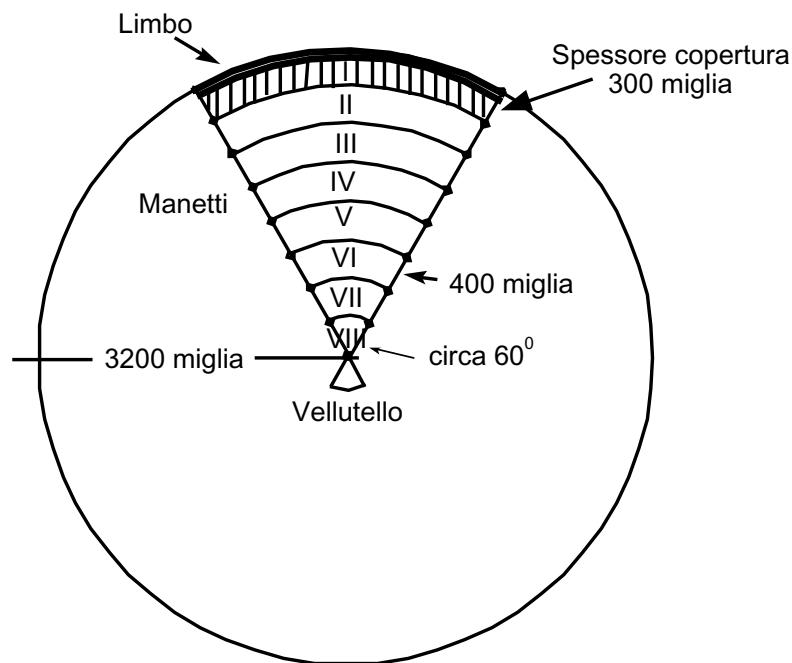


Figura 2 - Il cono più grande rappresenta l'Inferno del Manetti, mentre quello più piccolo l'Inferno del Vellutello.

L'Inferno del Manetti è dato da una sezione conica della terra con un angolo di apertura di 60° e l'arco sotteso ha quindi dimensioni circa uguali al raggio terrestre. Questi, e quindi la profondità dell'Inferno, sono stimati in circa 3200 miglia. Segue che la profondità di ognuno degli 8 gironi dell'Inferno è di circa 400 miglia. Il primo girone è costituito dal Purgatorio (di uno spessore di 100 miglia) a cui segue la copertura dell'Inferno alta 300 miglia. Il Vellutello assegnava all'Inferno la medesima struttura ma con una profondità complessiva di circa 300 miglia invece delle 3200 del Manetti. L'obiezione principale all'Inferno del Manetti riguardava la stabilità della copertura. Galileo, che sosteneva la tesi di quest'ultimo, rispose a questa obiezione osservando che il rapporto tra l'arco della cupola del Duomo di Firenze e lo spessore è circa 15, mentre per l'Inferno del Manetti si ha $3200/300 \sim 10$ e che quindi questa copertura dovesse essere più stabile di quella del Duomo. Il ragionamento geometrico di Galileo non fa una grinza, ma come non tiene conto dell'aspetto fisico del problema che fa sì che con l'aumentare delle dimensioni le capacità di resistenza dei materiali diminuiscono. Come vedremo Galileo costruisce un bellissimo esempio di questo punto nei Discorsi sulle Due Nuove Scienze.

3. Galileo e le trasformazioni di scala

L'esempio portato da Galileo per illustrare il punto legato alla resistenza dei materiali è, come abbiamo notato alla fine del paragrafo precedente, tratto dal *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* [4]:

E per un breve esempio di questo che dico, disegnai già la figura di un osso allungato solamente tre volte, ed ingrossato in tal proporzione, che potesse nel suo animale grande far l'uffizio proporzionale a quel dell'osso minore nell'animal più piccolo, e le figure sono queste: dove vedete sproporzionata figura che diviene quella dell'osso ingrandito. Dal che è manifesto, che chi volesse mantener in un vastissimo gigante le proporzioni che hanno le membra di un uomo ordinario, bisognerebbe o trovar materia molto più dura e resistente per formarne l'ossa, o vero ammettere che la robustezza sua fusse a proporzione assai più fiacca che ne gli uomini di statura mediocre; altrimenti, crescendogli a smisurata altezza, si vedrebbero dal proprio peso opprimere e cadere. Dove che, all'incontro, si vede, nel diminuire i corpi non si diminuir con la medesima proporzione le forze, anzi ne i minimi crescer la gagliardia con proporzion maggiore: onde io credo che un piccolo cane porterebbe addosso due o tre cani eguali a sé, ma non penso già che un cavallo portasse né anco un solo cavallo, a se stesso eguale.

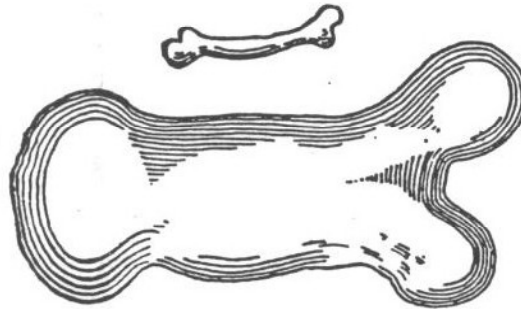


Figura 3 - Confronto delle ossa dal brano di Galileo.

In questo brano Galileo fa una considerazione sul cambiamento di scale in fisica. Il suo interesse è cosa accada se, per esempio, si aumentano o si diminuiscono le dimensioni di un osso. La pressione che la forza peso esercita sulla sezione trasversale dell'osso è proporzionale al rapporto V/S , dove V è il volume e S la sezione trasversale e quindi la resistenza dell'osso a S/V .

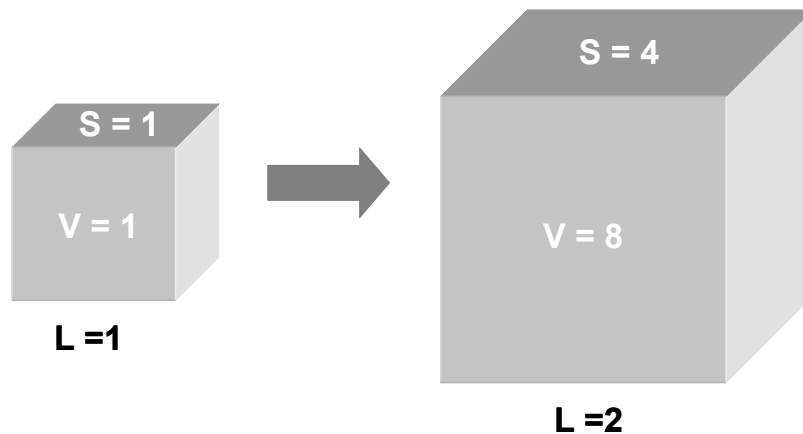


Figura 4 - Scalando le dimensioni lineari di un fattore 2 il valore della superficie di una faccia del cubo raddoppia, mentre il volume diventa 8 volte più grande. Quindi il rapporto tra volume e superficie raddoppia.

Vediamo che se scaliamo tutte le dimensioni di un fattore s , la pressione (il segno \sim significa uguale circa, cioè a meno di fattori numerici):

$$P \sim \frac{V}{S} \quad (3.1)$$

scala come s . Quindi aumentando le dimensioni la pressione aumenta e le capacità di resistenza diminuiscono. Questo è esemplificato nella figura 5. Ne segue che le formiche giganti di Figura 1 non sono realistiche dato che sono scalate in modo uniforme.

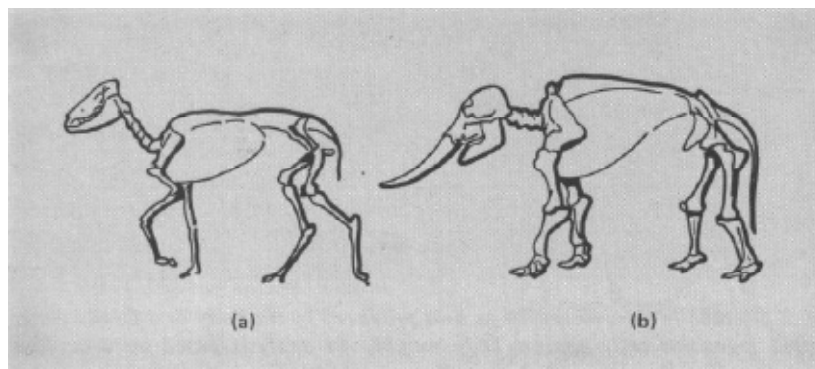


Figura 5 - Due animali estinti, il Neohipparion (piccolo cavallo americano) a sinistra ed un Mastodonte a destra, un animale tipo elefante, riportati in uguale scala. La figura illustra come le ossa di un animale più pesante siano più spesse e quindi più forti.

Galileo usò un argomento di scala anche per quanto concerne il moto di caduta dei gravi, per capire la dipendenza del moto dalla resistenza dell'aria. Considerando degli oggetti sferici di materiale fissato il ragionamento di Galileo era che la resistenza, R , dell'aria sulla sfera che cade è direttamente proporzionale alla superficie ed inversamente proporzionale al peso e quindi al volume. Da cui:

$$R \sim \frac{S}{V} \sim \frac{1}{r} \quad (3.2)$$

dove r è il raggio della sfera. In questo modo Galileo dimostrò che per eliminare l'effetto della resistenza dell'aria risultava conveniente usare sfere grandi.

4. Analisi dimensionale

Le considerazioni precedenti si basano su quantità che dipendono da un solo fattore di scala geometrico (una lunghezza). Ma in fisica intervengono anche altre grandezze con dimensioni diverse. È un fatto che tutte le grandezze fisiche si possono riportare a misure di massa, di lunghezza e di tempo che indicheremo con i simboli m , l e t . Infatti tutte le altre grandezze hanno dimensioni riconducibili alle tre precedenti, per esempio la velocità misura lo spazio percorso in un dato tempo, 100 Km/h significa che si fanno 100 Km in un'ora. Se si fanno 60 Km. in due ore, la velocità è di 30 Km/h. Quindi la velocità si ottiene dividendo uno spazio per un tempo. L'analisi dimensionale rappresenta questo concetto facendo uso delle notazioni di Maxwell che definiscono le dimensioni della grandezza fisica in parentesi quadra in termini di potenze di m , l e t . Quindi per la velocità v , avremo:

$$[v] = \frac{l}{t} \quad (4.1)$$

Analogamente l'accelerazione misura la variazione della velocità per unità di tempo. In termini automobilistici, se una macchina accelera da 0 a 100 Km/h in 13 secondi (come una Fiat 500), dato che 100 Km/h corrispondono a circa 30 m/sec, la variazione di velocità sarà circa $30/13 \approx 2.3$ m/sec². Se invece accelera da 0 a 100 Km/h in 4 secondi (Ferrari F430), l'accelerazione sarà approssimativamente 7.5 m/sec². Quindi, la notazione dimensionale per l'accelerazione sarà

$$[a] = \frac{l}{t^2} \quad (4.2)$$

Consideriamo infine una forza. In virtù della seconda legge di Newton, $F = ma$, che lega la forza alla massa ed all'accelerazione possiamo effettuare immediatamente il calcolo delle sue dimensioni:

$$[F] = [ma] = \frac{ml}{t^2} \quad (4.3)$$

L'unità di misura utilizzata per la forza è il Newton. 1 Newton è la misura di una forza che agendo su una massa di 1 Kg. le conferisce un'accelerazione di 1 m/sec².

La teoria dell'analisi dimensionale fu formulata esplicitamente da Fourier [2]: *“Ogni quantità fisica ha una sua propria dimensione ed i vari termini di un'equazione non possono essere comparati se non hanno lo stesso esponente dimensionale.”* Il significato preciso che ha questa affermazione è che ogni equazione fisica deve sempre uguagliare quantità che hanno le stesse dimensioni fisiche e che sono espresse nelle stesse unità di misura. Con questi requisiti le equazioni valgono anche se scegliamo un diverso sistema di unità di misura purché questo sia fatto in maniera consistente. Cioè se per esempio abbiamo l'uguaglianza di due lunghezze A e B, entrambe di 1 metro, l'uguaglianza $A = B$ vale anche se esprimiamo le lunghezze in centimetri. L'unica differenza è che i valori

numerici di A e di B (in questo caso 100) sono cambiati rispetto a quando li esprimevamo in metri, ma l'uguaglianza rimane.

Però l'analisi dimensionale fu usata per risolvere problemi fisici solo più tardi. Rayleigh nel 1915 osservava: *“Sono stato spesso impressionato dalla scarsa attenzione presentata dai ricercatori al principio di similitudine. Avviene spesso che risultati sono enunciati sotto forma di leggi nuove sulla base di esperimenti molto complessi, quando potrebbero essere ottenuti sulla base di semplici e rapide considerazioni dimensionali.”* Illustreremo questo metodo derivando alcuni risultati che, in genere, si ottengono risolvendo le equazioni fisiche che descrivono il fenomeno. Al fine di ottenere dei risultati dal principio di similitudine o dall'analisi dimensionale, occorre seguire i seguenti passaggi:

- studio della fenomenologia,
- formulazione del problema,
- determinazione delle variabili da cui dipende il problema.

Consideriamo il semplice esempio della caduta di un grave:

- Fenomenologia: tutti i gravi, nel vuoto, cadono con la stessa accelerazione, indipendentemente dalla loro massa.
- Formulazione del problema: ci chiediamo come varia il tempo di caduta di un grave (nel vuoto) in funzione dell'altezza da cui si lascia cadere
- Risposta dimensionale: richiede la determinazione delle quantità da cui dipende il tempo di caduta. In base all'analisi fenomenologica queste saranno: l'altezza h , e l'accelerazione g di gravità. Non dipenderà però dalla massa. Osservando che

$$[g] = \frac{\ell}{t^2}, \quad [h] = \ell \quad (4.4)$$

vediamo subito che

$$\left[\frac{h}{g} \right] = t^2 \quad (4.5)$$

Pertanto la relazione tra il tempo di caduta T , l'altezza h e l'accelerazione di gravità g deve essere:

$$T = c \sqrt{\frac{h}{g}} \quad (4.6)$$

dove c è una costante. L'analisi dimensionale non fissa c , ma il risultato ha nondimeno la sua utilità. Per esempio, se vogliamo confrontare il tempo di caduta di due gravi ad altezze diverse avremo

$$\frac{t'}{t} = \frac{\sqrt{\frac{h'}{g}}}{\sqrt{\frac{h}{g}}} = \sqrt{\frac{h'}{h}} \quad (4.7)$$

che non dipende da c . Analogamente se vogliamo confrontare i tempi di caduta di due gravi che cadono dalla stessa altezza sulla terra e sulla luna si ha:

$$\frac{t_L}{t_T} = \sqrt{\frac{g_T}{g_L}} = \sqrt{\frac{9.68}{1.72}} \approx 2.45 \quad (4.8)$$

qui t_L e t_T sono i tempi di caduta di un grave sulla luna e sulla terra rispettivamente, mentre 9.68 e 1.72 sono le accelerazioni di gravità sulla terra e sulla luna espresse in m/sec^2 .

Un'altra semplice applicazione, molto simile alla precedente, è il calcolo del periodo delle piccole oscillazioni di un pendolo semplice. Trascurando gli attriti, e per piccole oscillazioni, il periodo del pendolo dipende solo dalla lunghezza e dall'accelerazione di gravità (non dipende dalla massa, perché l'unica forza è quella di gravità e tutti i gravi cadono con la stessa accelerazione). Quindi anche in questo caso

$$T = c \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (4.9)$$

5. La forza di Superman

Nelle versioni più moderne Superman possiede vari superpoteri ma, all'inizio (1939) possedeva solo la superforza. L'origine della superforza veniva attribuita dagli autori alla circostanza della nascita di Superman su un pianeta, Krypton, con gravità molto più grande di quella terrestre. Il problema che ci porremo è quello di determinare il valore dell'accelerazione di gravità su Krypton, facendo uso della seguente serie di ipotesi:

- a) Ossa e muscoli di Superman adattati alla forza di gravità di Krypton;
- b) Superman può arrivare con un salto sulla cima di un grattacielo di 100 piani (circa 350 metri).

Useremo poi per i nostri calcoli la legge di Newton ($F = ma$) ed il fatto, già osservato che tutti i corpi cadono con la stessa accelerazione di gravità. Questo significa che in base alla legge di Newton, ogni corpo è soggetto ad una forza (esercitata dalla terra), detta forza peso e che risulta quindi data da

$$P = mg \quad (4.10)$$

L'accelerazione di gravità sulla terra vale circa $10 m/sec^2$. Questo significa che la velocità di un corpo che cade varia di circa $10 m/sec \sim 36 Km/h$ in ogni secondo. Quindi dopo dopo 3 secondi si raggiunge una velocità di circa $110 Km/h$. L'accelerazione di gravità, come vedremo dopo, dipende dalle caratteristiche del pianeta che stiamo con-

siderando. Sulla luna è circa 1/6 di quella terrestre.

Nel vuoto spaziale, lontani da ogni pianeta, l'accelerazione di gravità è nulla. Tra l'altro queste considerazioni mettono bene in luce la differenza tra peso e massa. La massa è una caratteristica intrinseca di un oggetto, mentre il peso dipende dalla forza di gravità a cui è soggetto e che può cambiare da luogo a luogo. Per le applicazioni pratiche le variazioni della gravità, fino a che si rimane sulla terra, sono trascurabili e quindi si può usare il chilogrammo come unità di misura del peso e della massa. Per questo motivo quando acquistiamo delle pere ne chiediamo un chilo invece che chiederne 10 Newton.

Vediamo ora quale sia il meccanismo fisico che permette di spiccare un balzo. In sostanza si tratta di flettere i muscoli ed applicare al terreno una forza. Il terreno, per il principio di azione e reazione, produrrà una forza uguale e contraria che spingerà il saltatore verso l'alto. Possiamo valutare l'accelerazione del saltatore considerando che quando inizia a flettere i muscoli la sua velocità è nulla e che la sua velocità finale, v , si avrà quando rilascia i muscoli e contemporaneamente il terreno. Quindi l'accelerazione sarà data da $a = v/t$, se t è il tempo che intercorre dal momento in cui flette i muscoli sino al momento in cui li rilascia. Ora si vede facilmente che l'altezza a cui si può arrivare dipende dalla velocità di stacco dal terreno. Infatti durante il moto in aria (trascurandone la resistenza) esiste un'unica forza, la forza di gravità che tende a decelerare il moto. Quindi il moto verso l'alto continuerà fino a quando la velocità si annulla. Da quel momento in poi inizierebbe il moto di discesa. Esiste dunque una relazione tra velocità, altezza a cui il saltatore può arrivare ed accelerazione di gravità che si può stabilire su base dimensionale. Infatti

$$[g] = \frac{\ell}{t^2}, \quad [h] = \ell \Rightarrow [gh] = \frac{\ell^2}{t^2} = [v^2] \quad (4.11)$$

da cui si vede che

$$v = c\sqrt{gh} \quad (v = \sqrt{2gh}) \quad (4.12)$$

dove in parentesi abbiamo riportato il risultato del calcolo esatto. D'altra parte affinché nello sforzo muscolare si possa produrre l'accelerazione voluta per realizzare la velocità di stacco necessaria, dovremo applicare una certa forza muscolare. L'ulteriore ipotesi che faremo (ma è ben verificata sperimentalmente) è che questa forza sia una data percentuale del proprio peso, P , circa il 70%. Mettendo tutto assieme, e facendo uso della seconda legge di Newton, abbiamo che la forza applicata, $0.7 P$, deve essere uguale alla massa del saltatore moltiplicata per l'accelerazione che a sua volta è data dalla velocità di stacco, v , divisa per il tempo t in cui viene applicato lo sforzo muscolare. Mettendo il tutto in formule

$$0.7P = m \frac{v}{t} \quad (4.13)$$

Dato che i muscoli di Superman sono adattati a Krypton, in questa formula P si

deve intendere come il peso che Superman ha su Krypton e quindi dato da mg_K , dove g_K è l'accelerazione di gravità su Krypton. Quindi nel caso di Superman si ha

$$0.7mg_K = m \frac{v_S}{t} \quad (4.14)$$

dove v_S è la velocità di stacco di Superman. Lo stesso ragionamento si può però applicare anche ad un terrestre ed in questo caso si avrebbe

$$0.7mg = m \frac{v_U}{t} \quad (4.15)$$

dove v_U è la velocità di stacco per un uomo ed abbiamo assunto che il tempo di caricamento dei muscoli sia lo stesso per l'uomo e per Superman. Si vede dunque (dividendo membro a membro queste due equazioni) che

$$\frac{g_K}{g} = \frac{v_S}{v_U} \quad (4.16)$$

L'equazione (4.12) ci dice che la velocità di Superman va come la radice quadrata dell'accelerazione di gravità sulla terra (perché sulla terra sta saltando) per l'altezza a cui riesce a saltare sulla terra, h_S , così come per un uomo la velocità di stacco va come la radice quadrata di g per l'altezza a cui riesce a saltare, h_U . Dunque nel rapporto tra le due velocità l'accelerazione di gravità g , come la costante c , si cancella e si trova infine

$$\frac{g_K}{g} = \sqrt{\frac{h_S}{h_U}} \quad (4.17)$$

Se ammettiamo che un uomo della corporatura di Superman salti sulla terra circa 1.60 metri (Superman non ha propriamente il fisico di un saltatore in alto) si ha subito

$$g_K = g \sqrt{\frac{350}{1.6}} \approx 15g \quad (4.18)$$

Adesso che conosciamo l'accelerazione di gravità su Krypton siamo in grado di conoscerne altre caratteristiche. Assumendo che la sua composizione sia simile a quella della terra è ragionevole supporre che le densità dei due pianeti siano simili. In questo caso siamo in grado di dedurre le dimensioni di Krypton. Infatti la legge di gravitazione universale di Newton ci dice che due corpi di massa m e M si attraggono con una forza che dipende dalla loro distanza R

$$F = G \frac{mM}{R^2} \quad (4.19)$$

dove G è la costante di gravitazione universale. Dunque un pianeta esercita una forza (la forza peso) su ogni corpo che sia appoggiato alla sua superficie, data da (vedi Figura 6).

$$P = G \frac{M}{r^2} m \Rightarrow g = G \frac{M}{r^2} \quad (4.20)$$

Dove abbiamo usato la definizione $P = mg$ per ricavare l'accelerazione di gravità esercitata da un pianeta di massa M e raggio r .

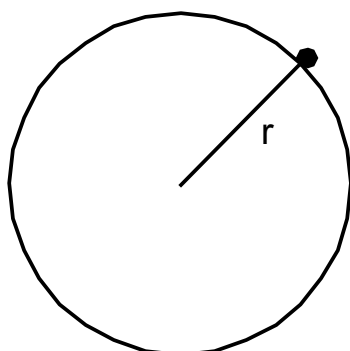


Figura 6 - Una massa m appoggiata sulla superficie di un pianeta è soggetta alla forza peso data dall'equazione (4.20).

Dato che la massa è data dalla densità per il volume, che è a sua volta proporzionale al cubo del raggio del pianeta, vediamo che l'accelerazione di gravità di un pianeta aumenta proporzionalmente al suo raggio e dunque ricaviamo la seguente relazione tra il raggio di Krypton e quello della terra

$$r_k \approx 15r \quad (4.21)$$

Quindi Krypton dovrebbe essere un pianeta molto grande. D'altra parte noi sappiamo che i pianeti grandi son gassosi. Giove, per esempio, ha un raggio pari a circa 11 volte il raggio della terra ed è gassoso. Altrettanto gassosi sono Nettuno e Saturno con raggi 4 volte più grandi del nostro. Il fatto che siano gassosi è legato alla stabilità di questi pianeti. Se fossero solidi sarebbero instabili.

Potremmo supporre che Krypton fosse più denso a causa della forza di gravità maggiore, ma tale ipotesi non regge perché la stabilità della materia è determinata dalle forze elettriche che, a parità di condizioni sono enormemente più grandi di quelle gravitazionali², e quindi la maggior gravità dà luogo ad effetti praticamente impercettibili sulle distanze atomiche tipiche. D'altra parte esistono degli oggetti con densità elevatissime, addirittura superiori a quelle nucleari. Si tratta delle stelle a neutroni, la cui esistenza fu prevista da Baade e Zwicky nel 1933 (un anno dopo la scoperta del neutrone). La prima stella a neutroni fu osservata da Hewish e Okoye nel 1965. Questa stella si trova all'interno della Nebulosa del Granchio. Le stelle a neutroni arrivano a densità dell'ordine di 10^{14} gr/cm³ (per confronto il piombo ha una densità pari a 11 gr/cm³). Un'ipotesi suggestiva è che Krypton abbia dimensioni simili a quelle terrestri ma con al centro un nocciolo di neutroni con un raggio di circa 600 metri (vedi Figura 4). In questo modo risulterebbe proprio $g_k \sim 15g$.

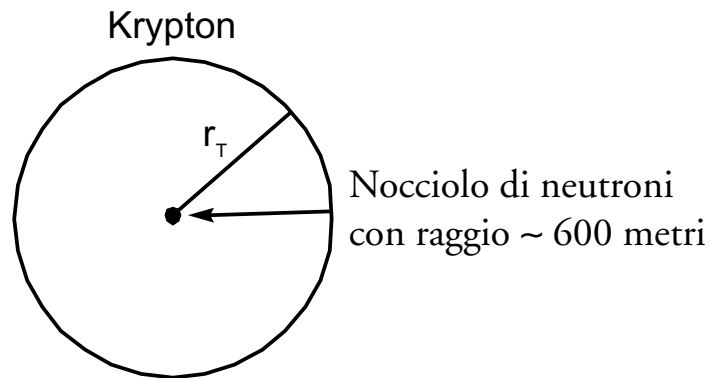


Figura 7 - Come si presenterebbe Krypton se avesse al centro un nocciolo di neutroni di raggio circa 600 metri. In tal caso il raggio del pianeta sarebbe circa pari al raggio terrestre, r_T .

D'altra parte una struttura di questo tipo non è completamente stabile e con l'andare del tempo ci dovrebbero essere dei violenti terremoti che distruggerebbero il pianeta. Si dà il caso che questa, secondo gli autori di Superman, sia proprio la ragione per cui il supereroe è stato mandato sulla terra dai suoi genitori, per evitargli una morte sicura a causa dei tremendi terremoti previsti da suo padre. Dato che la prima striscia di Superman è del 1939 sembra del tutto improbabile che gli autori abbiano pensato ad una ipotesi di questo tipo. Ma chi sa? Furono bravi o solo fortunati?

NOTE

¹ Per una discussione più approfondita di questo problema, vedi [1].

² La forza elettrica tra due protoni è 10^{36} volte più grande di quella gravitazionale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Casalbuoni R., Il Principio di similitudine in Fisica, in *Pianeta Galileo 2006*, a cura di A. Peruzzi, pp. 49-66, Consiglio regionale della Toscana, Firenze 2007.
- [2] Fourier J., *Theorie Analytique de la Chaleur*, Didot, Parigi 1822.
- [3] Galilei G., *Due lezioni all'accademia fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*, 1588, http://it.wikisource.org/wiki/Autore:Galileo_Galilei.
- [4] Galilei G., *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, 1638, http://it.wikisource.org/wiki/Autore:Galileo_Galilei.

I DUE TAVOLI DI EDDINGTON, OVVERO L'IMMAGINE SCIENTIFICA DEL MONDO E IL MONDO DELLA VITA

MAURO DORATO

Dipartimento di Filosofia, Università degli Studi Roma 3

Nel 1927, l'astronomo, matematico e filosofo Arthur S. Eddington fu invitato a tenere le prestigiose Gifford Lectures all'Università di Edimburgo.¹ L'anno dopo, le sue lezioni Gifford furono pubblicate con il titolo *The Nature of The Physical World* [1], un libro nel quale la nuova fisica della relatività e dei quanti viene presentata e discussa da un punto di vista filosofico.

Eddington inizia il suo libro proprio dal rapporto conflittuale che sembra esistere tra l'immagine scientifica del mondo e quella che Edmund Husserl chiamò il "mondo della vita" [2], e il filosofo americano Wilfrid Sellars "l'immagine manifesta del mondo" [5]. Con queste due espressioni tra virgolette, mi riferisco qui non solo al mondo così come è esperito direttamente attraverso i nostri sensi, ma anche alla descrizione che ne diamo tramite il linguaggio ordinario. Ecco le straordinarie parole con cui Eddington apre l'introduzione:

Mi sono deciso ad affrontare il compito di trascrivere le mie lezioni e ho avvicinato le mie sedie ai miei due tavoli. Due tavoli! Sì, ci sono duplicati di ogni oggetto intorno a me. Due tavoli, due sedie, due penne. Questo non è un modo molto profondo di cominciare per un corso che dovrebbe raggiungere livelli trascendenti di filosofia scientifica. Ma non si può arrivare immediatamente ai fondamenti: all'inizio dobbiamo grattare un po' la superficie delle cose. E non appena inizio a grattare, la prima cosa che colpisco sono i miei due tavoli. Uno di loro mi è familiare dagli anni più teneri. È un oggetto ordinario di quell'ambiente che chiamo mondo. Come lo descriverò? Ha estensione; è relativamente permanente nel tempo; è colorato; soprattutto, è una sostanza.... Il tavolo n.2 è il mio tavolo scientifico. È un'acquisizione più recente e con lui non ho grande familiarità. Non appartiene a quel che spontaneamente appare ai miei occhi quando li apro...il mio tavolo scientifico è quasi completamente vuoto. Distribuite in modo raro in quel vuoto sono numerose cariche elettriche che si muovono con grande velocità; ma la loro massa combinata insieme ammonta a meno di un milionesimo della massa del tavolo stesso...Non c'è nulla di sostanziale nel mio secondo tavolo. È quasi completamente costituito da spazio vuoto – spazio pervaso, è vero, da campi di forze, ma questi appartengono alla categoria delle "influenze", non delle "cose". Persino alle minute parti che non sono vuote non possiamo attribuire la categoria di sostanza." [1, p. 2, mia trad.]

Spero che la chiarezza con la quale Eddington è riuscito a presentare il problema del rapporto tra immagine scientifica e immagine manifesta del mondo attraverso la

descrizione dei suoi due tavoli giustifichi in parte la lunghezza della citazione, e mi esima anche dal cercare un'altra brillante citazione atta a descrivere il tavolo scientifico alla luce di tutto ciò che abbiamo appreso dal 1927 ad oggi. Tale citazione ci darebbe una descrizione più complessa ed accurata di quella di Eddington, ma la sostanza del problema non cambierebbe di molto. Il brano citato inoltre mi è sembrato particolarmente appropriato, perché in esso Eddington mette in luce tre tesi che per il tema della nostra discussione sono di importanza cruciale.

La prima tesi è che i concetti con cui descriviamo il tavolo appartenente al mondo della vita – sostanza, colore, estensione impenetrabilità, etc. – non si applicano al tavolo scientifico, perché nemmeno le cariche minute che girano a gran velocità in quel che lui chiama “vuoto” (campi di forze) sono di natura “sostanziale”. Tantomeno sono colorate o impenetrabili, o dotate di precisa estensione o localizzazione, a differenza del tavolo, che, oltre a essere colorato (a meno che non sia di vetro), occupa sempre una precisa posizione nello spazio.

La seconda tesi è che se proviamo a sostenere, con Eddington, che i “due tavoli” sono solo due modi differenti di descrivere un'unica entità (cosicché la descrizione relativa al mondo della fisica e quella relativa al mondo dell'immagine manifesta sono *due* possibili “prospettive” sull'unico mondo che esiste), ne segue che si deve spiegare come il tavolo della nostra esperienza emerga da, o sia collegato a, quello della fisica. E anche se si vogliono evitare assunzioni ontologiche, si deve almeno spiegare come siano collegate le due relative descrizioni linguistiche. Un tale compito esplicativo, come è ovvio, non può essere affrontato solo dalla fisica, perché coinvolge la questione della nostra rappresentazione cosciente del mondo,² ed è quindi eminentemente *filosofico*. Eddington non a caso afferma che – malgrado tutta l'impresa scientifica parta dal mondo a noi familiare dell'immagine manifesta (attraverso le osservazioni) ed in esso debba concludersi (con la conferma delle ipotesi attraverso esperimenti) – nel Ventesimo secolo la fisica si è inoltrata sempre più in quella che l'astronomo britannico definisce “terra straniera”, producendo quindi un'immagine scientifica che non si lascia più ricondurre in alcun modo alla nostra esperienza diretta del mondo. Aggiungerei che proprio questo radicale divorzio tra le due immagini del mondo, che sembra portare a quella duplicazione della realtà cui Eddington si riferisce, richiede in modo pressante l'intervento della filosofia.

La terza tesi tenta di qualificare in modo più preciso la natura del “tavolo manifesto”, ma così facendo segna ancor di più la separazione tra i due mondi: il tavolo a noi familiare, quello non-scientifico, per Eddington è *interamente* dipendente dalla mente³. Qui la differenza con la fisica moderna si fa ancora più decisa e netta. In fondo, i grandi filosofi-scienziati del mondo moderno (Galileo, Cartesio, Boyle, Locke, Gassendi, etc.),⁴ ancora ritenevano che la nostra mente cogliesse le *qualità primarie* degli oggetti fisici (estensione, numero, forma, movimento appartengono agli oggetti indipendentemente da noi), e affidavano alle abilità trasfigurative della mente solo le cosiddette proprietà *secondarie* (colore, odore, sapore, suono si originano dall'incontro di corpu-

scoli fisici con i nostri organi di senso). Secondo Eddington, invece, la differenza tra il mondo della fisica e quello dell'esperienza dalla fine dell'Ottocento si è radicalizzata a tal punto che tra il tavolo della fisica e quello dell'esperienza non sembrano più esserci punti di contatto. Di conseguenza, *nessuna* delle proprietà del "tavolo manifesto" colte dalla nostra mente è primaria, o ha una controparte nel mondo oggettivo della fisica.

Nel prosieguo, vorrei soffermarmi brevemente a commentare queste tre tesi, che pongono in modo chiaro quello che a mio parere è uno degli scopi più importanti della filosofia della scienza, che è appunto quello di chiarire l'origine e la natura del conflitto tra l'immagine scientifica del mondo e la sua immagine manifesta (il mondo della vita).

Cominciamo dalla prima tesi. Il fatto che i concetti usati per descrivere "i due tavoli" non abbiano nulla in comune ci potrebbe suggerire la seguente, paradossale domanda: "Quale tra i due è il vero tavolo?" o meglio "Quale dei due esiste davvero, nel senso che la relativa descrizione si riferisce a qualcosa di reale?". Così posta, la questione del conflitto tra mondo della scienza e mondo della vita genera quattro *opzioni filosofiche*, due delle quali, malgrado il loro radicale eliminativismo, nella storia della filosofia hanno trovato autorevoli difensori. La prima possibilità, nota in gergo con il nome di *strumentalismo*, ritiene che sia esistente solo il tavolo del senso comune, e che quindi solo il mondo della vita o l'immagine manifesta siano "reali" in senso pieno. In quest'ottica, fatta propria per esempio dai teologi anticopernicani Osiander e Bellarmino, il tavolo della scienza – e quindi l'immagine scientifica del mondo – è una mera costruzione simbolica, atta a predire e controllare il corso degli eventi, ma in quanto tale non si riferisce a nulla di esistente, perché i modelli matematici che lo definiscono non rappresentano alcunché. Anche se per eseguire calcoli più semplici può essere utile ipotizzare un tavolo vuoto in cui volteggiano particelle cariche, tale immagine è una pura finzione che non si riferisce a nulla di esistente, perché il mondo non è fatto come dicono i modelli della fisica e al di là delle nostre percezioni non esiste nulla (quantomeno nulla di certo). Oltretutto si potrebbe aggiungere che la nozione di tavolo è intrinsecamente intenzionale, perché presuppone da parte nostra l'attribuzione a un certo oggetto di un *particolare scopo* (sorreggere carte, per esempio) e l'intenzionalità non può essere descritta dalla fisica.

La seconda opzione, nella sua furia semplificatrice ed "eliminativista", è speculare rispetto alla prima, dato che ritiene che "il vero tavolo" sia quello descritto dalla fisica; se non è una vera e propria *illusione*, il tavolo che ci è familiare dal mondo della vita è invece una mera costruzione mentale: colori suoni e sapori stanno nella nostra testa. È interessante notare che Eddington, pur senza soffermarsi ulteriormente sulla questione, sembra scartare entrambe queste opzioni, forse perché intendono superare il conflitto tra le due immagini del mondo ("i due tavoli") eliminando una delle due immagini, ovvero dichiarando "illusorio" uno dei due lati del conflitto, uno dei due tavoli.

La terza possibilità è quella più complessa e pluralistica, visto che riconosce *sia* al tavolo della fisica *sia* a quello dell'immagine manifesta realtà e solidità ontologica e considera le due descrizioni, quella fisica e quella del senso comune, come riferentisi

a livelli di realtà diversi e forse irriducibili. Si noti che è solo in questa terza possibilità che si genera il problema di capire come possano collegarsi le due descrizioni: e questo, di nuovo, non può che essere un compito filosofico. Sellars a questo proposito usò la magnifica metafora della visione stereoscopica permessa dalla binocularità [3, p. 35]. Come il nostro cervello fonde in un'unica immagine tridimensionale le due diverse prospettive provenienti dai nostri due occhi, così il compito della filosofia dovrebbe essere quello di fondere in un'unica immagine profonda e unitaria il mondo della scienza e il mondo della vita. L'aggettivo "profonda" non è causale, dato che è proprio dalla ricombinazione operata dal cervello dei due campi visivi distinti generati dai nostri due occhi che si crea la profondità, ovvero la terza dimensione del mondo visivo.

La quarta opzione è quella di considerare sia il tavolo della fisica che quello del senso comune come costruzioni logiche a partire da *elementi* che in sé non sono né fisici né mentali, una strada perseguita in modi diversi da Mach, James, Russell (1927) e Carnap (1928). In gergo questa posizione si chiama *monismo neutrale*: la posizione è monista (esiste un unico tipo di sostanza) ma non si impegna sulla natura di ciò che è a livello fondamentale, visto che questa natura non è né mentale né fisica. I due tavoli insomma sono descrizioni diverse di un'unica entità "neutra" più fondamentale, che non è né fisica né mentale:

La concezione che a mio parere sembra in grado di riconciliare le tendenze materialistiche della psicologia con quelle antimaterialistiche della fisica è quella difesa da William James e dai neo-realisti Americani, secondo la quale la "sostanza" del mondo non è né mentale né materiale ma piuttosto una "sostanza neutra" (*neutral stuff*), dalle quale le altre due sono costruite [4, p. 6, mia trad.]

Dopo questa necessariamente breve rassegna di soluzioni possibili delle difficoltà sollevate dal "confitto tra i due tavoli", non è difficile osservare che il rapporto tra immagine fisica del mondo e sua immagine manifesta coinvolge da vicino un altro grande "scandalo" della filosofia e della scienza, il problema corpo-mente e il ruolo della coscienza nella percezione del mondo, un problema tuttora aperto e oggetto della futura indagine da parte della neurofisiologia e della neuropsicologia, nonché ovviamente, della filosofia che di queste discipline si occupa.

Proprio il fatto che il rapporto tra i due tavoli, soprattutto dal punto di vista delle ultime due opzioni di cui sopra, chiami in causa del problema corpo-mente, giustifica la seconda tesi di Eddington, ovvero che il compito di colmare la lacuna tra mondo della scienza e mondo della vita non possa essere portato a termine dalla fisica, almeno finché non ci sarà una teoria fisica della coscienza, sulla cui possibilità o impossibilità non posso qui discutere. Quel che conta è quindi che solo la filosofia che può cercare di mettere in contatto tra loro i due mondi o i due tavoli, ciò che significa assegnarle un ruolo centrale nel collegare il mondo della scienza al mondo della vita. Anche le prime due ipotesi eliminazioniste, in base alle quali esiste solo uno dei due tavoli, necessitano comunque di argomenti filosofici per poter essere difese, credute, e fatte proprie.

Resta la terza tesi di Eddington, che sottolinea il carattere tutto mentale del mondo della vita. Qui le predilezioni fenomenistiche dell'astronomo britannico si rivelano in modo più netto, e si appoggiano a una concezione poi sviluppata anche da molti psicologi contemporanei e detta "realismo percettivo indiretto" [3, p. 47]. "Realismo" implica che il mondo esterno esiste, ma "indiretto" significa che quando guardiamo il tavolo, non lo percepiamo direttamente con le sue proprietà, ma percepiamo in realtà le nostre immagini o ricostruzioni di esso. Il cosiddetto "realismo diretto" sostiene invece che siamo in diretto contatto con il mondo della vita, dato che "diretto" vuol dire, appunto, che tale mondo è "dato ai soggetti senza mediazione" [3, *ibid.*].

Senza entrare nel complesso dibattito tra realisti diretti e indiretti in teoria della percezione, facciamo notare che il tipico argomento dei realisti indiretti – che il mondo della vita è dato alla nostra coscienza tramite i sistemi sensoriali, vincolati a loro volta da modi specifici di codificare l'informazione e da filtri selettivi [3, *ibid.*] – non è così cogente come sembra a prima vista. Dal fatto che, per esempio, siamo sordi e ciechi a certe frequenze, e che le cose ci appaiono in certi modi a causa degli innegabili vincoli interni imposti dal sistema nervoso, non si può concludere che il tavolo percepito (quello dell'immagine manifesta) sia un'apparenza o una mera costruzione mentale. L'idea che l'immagine manifesta sia effettivamente un *velo* che si frappone tra noi e una realtà nascosta, inaccessibile ai sensi ma identificabile con il mondo dell'immagine scientifica, è una delle due posizioni eliminazioniste criticate più sopra. Come l'edonismo, che afferma che quando vogliamo una fragola in realtà vogliamo solo il piacere che ci dà la fragola, anche il realismo indiretto afferma che quando desideriamo una fragola noi in realtà desideriamo una nostra rappresentazione mentale.

Il realismo diretto ritiene invece che il contenuto dell'immagine manifesta sia non solo un'immagine, ma il mondo: il fatto che le proprietà del tavolo dipendano in parte dalla mente non implica che non siano quel che sono. La dipendenza in questione, come nel caso del realismo scientifico, potrebbe essere solo epistemica: i sensi, come la mente e le teorie scientifiche, sono strumenti per accedere a una realtà indipendente da essi, ma non la distorcono necessariamente. Così come dal fatto che c'è bisogno del concetto di sfera per poter descrivere una proprietà della Terra, non ne consegue che la Terra non sia davvero sferica, così anche dal fatto che c'è bisogno di cristallini, e retine e nervi ottici e cortecce occipitali per poter percepire la sfericità di una palla, non consegue che la proprietà in questione non appartenga alla palla intesa come oggetto indipendente da noi, ma solo a una nostra rappresentazione della palla.

Problemi così difficili in queste pagine possono ovviamente essere al massimo formulati; e questo era effettivamente il mio scopo. Concludo con una piccola nota polemica: la questione di mettere in relazione immagine scientifica e immagine manifesta del mondo non è affrontabile solo rimuginando sul significato dei concetti del nostro patrimonio filosofico (sostanza, relazione, eventi, necessità, legge, teoria, disposizioni, etc.). Una tale questione, infatti, comporta profonde conoscenze di fisica, di biologia evolucionistica, di neurofisiologia, di psicologia, e di antropologia, oltre che di storia

del pensiero filosofico. È un problema che, come tutte le questioni filosofiche genuine, richiede un metodo che Platone avrebbe chiamato “sinottico”, ovvero una tecnica che parte dal molteplice e ricerca l’unità tra le idee. E adattando ai nostri scopi la famosa risposta di Euclide a Tolomeo I, che voleva imparare rapidamente la geometria, “non c’è via reale alla sinossi”.

NOTE

¹ Il riconoscimento era decisamente meritato: Eddington non era stato solo il diffusore della relatività generale nel Regno Unito, ma aveva anche contribuito in modo decisivo alla sua prima conferma sperimentale, calcolando la deflessione dei raggi luminosi provenienti da una stella dovuta al campo gravitazionale del Sole.

² “...the process by which the external world of physics is transformed into a world of familiar acquaintance in human consciousness is outside the scope of physics” [1, *ibid.*]

³ [the physical world] is all symbolic, and as a symbol the physicist leaves it. Then comes the alchemist Mind who transmutes the symbols. The sparsely spread nuclei of electric force become a tangible solid; their restless agitation becomes the warmth of summer; the octave of aethereal vibrations becomes a gorgeous rainbow [1, *ibid.*].

⁴ Tutti questi pensatori difesero una qualche versione della distinzione tra qualità primarie e secondarie, che originariamente si deve all’atomismo di Leucippo e Democrito.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Eddington, A.S., *The nature of the physical world*, McMillan 1928, trad. it. di Charis Cortese de Bosis, *La natura del mondo fisico*, Laterza, Bari 1935.
- [2] Husserl, E., *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, trad. it di E. Filippini, NET 2002.
- [3] Paternoster, A. *Il filosofo e i sensi*, Carocci, Roma 2007.
- [4] Russell B., *The Analysis of Mind*. 1921, Reprinted: London: George Allen & Unwin, 1978, trad. it. di Breccia L. Sanders J., *L'analisi della mente*, Newton Compton, Roma 2007.
- [5] Sellars, W., *La filosofia e l'immagine scientifica dell'uomo*, trad. it a cura di A. Gatti, Armando, Roma 2007.

L'ALBA DEI GENI: L'ORIGINE E L'EVOLUZIONE DELLA VITA SULLA TERRA

RENATO FANI

*Laboratorio di Evoluzione Microbica e Molecolare, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica
Università di Firenze*

1. Percorso storico

Come sono nati la terra, gli astri, l'universo? Come ha preso forma l'uomo? Quando si è originata la Vita? Qual è il principio di tutte le cose? L'esigenza di dare una spiegazione ai fenomeni della natura e all'origine della Vita è una costante nell'esperienza conoscitiva dell'uomo. Non appena il pensiero dell'uomo è stato in grado di estendersi ad argomentazioni astratte è spontaneamente emersa la domanda sulle origini dell'uomo e della realtà che lo circonda.

I filosofi Greci che vissero prima di Socrate tentarono di spiegare l'origine delle cose formulando ipotesi a partire dalle proprie conoscenze scientifiche: per Talete il principio primo dell'universo, l'*archè*, doveva essere cercato nell'Acqua, in quanto elemento presente in tutte le sostanze. Per Pitagora, invece, il principio è nel Numero, poiché sono proprio le leggi numeriche a determinare non solo l'anno, le stagioni, i mesi, ma anche i cicli dello sviluppo biologico e i diversi fenomeni della Vita. Eraclito fa corrispondere l'*archè* al Fuoco, inteso come fonte di perenne trasformazione delle cose, energia, che nel suo mutamento, dà origine al caldo, dirigendosi verso l'alto, e al freddo, dirigendosi verso il basso, mentre Democrito arriva a spiegare l'origine del cosmo attraverso la teoria dell'atomismo. L'essenza dell'universo è l'atomo e la Vita nasce dall'incontro casuale degli atomi che si aggregano secondo vortici che pongono al centro quelli più pesanti e in periferia quelli più leggeri.

Più tardi, nel IV secolo a.C., per spiegare l'origine del mondo, Platone introdurrà il concetto di Iperuranio, un luogo metafisico dove si collocano, eterne, tutte le idee e le forme ideali delle cose: la realtà quindi non è altro che una copia imperfetta.

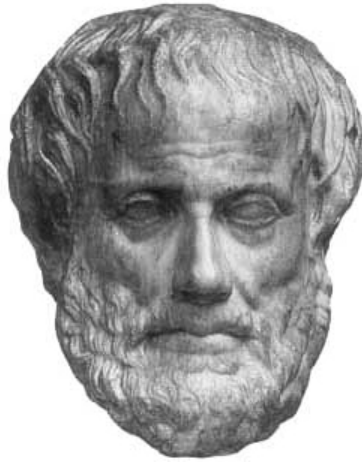


Figura 1 - Aristotele: generazione spontanea della vita.

Successivamente, Aristotele raccolse le idee formulate dai filosofi che lo precedettero, tra cui Empedocle, e propose che la vita potesse generarsi spontaneamente per l'esistenza di un "principio attivo" insito nella materia non vivente ("principio passivo"). Il fango, per esempio, è materia inerte ma contiene un "principio attivo" immateriale che ha la predisposizione a organizzare la materia in qualcosa di vivo, come un verme, una mosca, una rana. Scriveva Aristotele:

Tali sono i fatti, ogni cosa si sviluppa non solo dall'accoppiamento degli animali, ma dalla putrefazione della Terra...E tra le piante, le cose si svolgono allo stesso modo, alcune crescono dai semi, altre, per effetto della generazione spontanea, da forze naturali (principio attivo), esse nascono dalla Terra in putrefazione o da alcune parti di piante.

La GENERAZIONE SPONTANEA (*generatio aequivoca*) (così viene chiamata questa ipotesi sull'origine della Vita) degli insetti, dei molluschi, dei piccoli vertebrati e perfino, in alcuni casi, dell'uomo, fu accettata come un fatto indiscusso per secoli, fino al Seicento. Fu sostenuta anche da autorevoli pensatori, come Newton, Cartesio e Bacone, con alcune semplificazioni tra cui la credenza che le oche nascessero da alcuni abeti a contatto con le acque dell'oceano: il cosiddetto "albero delle oche". Fu solamente verso la fine del Seicento, grazie all'opera di FRANCESCO REDI, che il problema della generazione spontanea fu affrontato con metodo sperimentale, metodo introdotto nella fisica da Galileo Galilei, contemporaneo di Redi. Redi decise di eseguire una serie di esperimenti per verificare la credenza che la terra potesse

produrre (oltre le piante, che spontaneamente senza seme si presuppone nascano) certi altri piccoli animalletti ancora: cioè a dire le mosche, le vespe, le cicale, i ragni, le formiche, gli scorpioni e gli altri bacherazzoli terrestri, ed aerei, che da' Greci *éntoma xoa*, e da' latini *insecta animalia* furono chiamati".

Più avanti Redi spiega la sua incredulità essendo

incline a credere che tutti quei vermi si generino dal seme paterno, e che le

carni, e le erbe e l'altre tutte putrefatte, e putrefattibili, non facciano altra parte, né abbiano altro uffizio nella generazione degli insetti, se non di apprestare un luogo, o nido proporzionato, da cui dagli animali nel tempo della figliatura sieno portati e partoriti i vermi, e l'uova, o altre semenze di vermi, i quali tosto che nati sono, trovano in esso nido un sufficiente nutrimento abilissimo per nutrirsi: e se in quello non son portate dalle madri queste suddette semenze, niente mai, e replicatamente niente vi si generi o nasca.

Fu così che Redi impostò l'esperimento che fa parte integrante della storia delle Scienze, un esperimento che consisteva nel far marcire delle carni sia in vasi la cui apertura era coperta da un velo (affinché l'aria vi potesse entrare liberamente) saldamente legati, sia in vasi lasciati completamente aperti. Il risultato fu che le mosche nascevano in gran numero nei vasi lasciati scoperti, nei quali le mosche stesse potevano deporre sulla carne le uova da cui poi si sviluppavano gli insetti completi. Al contrario, Redi non osservò mai lo sviluppo di mosche dalle carni contenute nei vasi che erano stati accuratamente coperti.



Figura 2 - Francesco Redi: confutazione della *generatio equivoca* (1668).

L'esperimento di Redi, nella sua apparente semplicità, dimostrò per la prima volta nella storia dell'umanità che un organismo vivente deriva da un organismo vivente preesistente e, pertanto, la sua opera *Esperienze intorno alla generazione degli insetti* può essere considerata a buon diritto una sorta di *Sidereus nunci* delle scienze biologiche.

Successivamente, il problema della generazione spontanea si spostò di volta in volta a livelli di organizzazione sempre più semplici grazie all'invenzione del microscopio. Fu così che nel Settecento Lazzaro Spallanzani escludette che i Protozoi ciliati, che pullulano nelle acque stagnanti, potessero generarsi spontaneamente dagli infusi di fieno. Sottoponendo le infusioni di fieno ed i recipienti che le contengono alla temperatura dell'acqua bollente, egli dimostrò che rimangono sterili. Quindi, anche i ciliati nascono da germi preesistenti, distrutti dal calore.

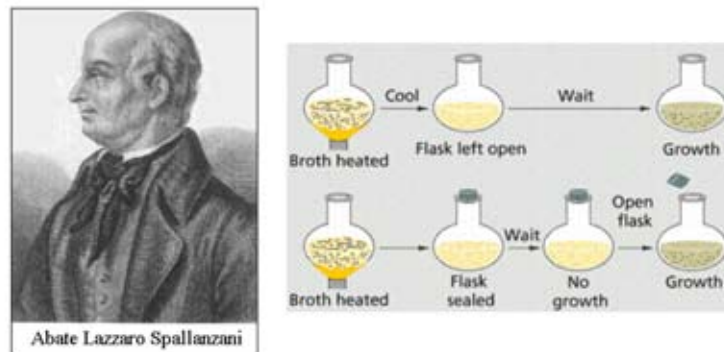


Figura 3 - Lazzaro Spallanzani: “Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de signori di Needham e Buffon”. A destra: schema dell’esperimento condotto con l’infuso di fieno.

Un secolo più tardi Louis Pasteur, con esperimenti analoghi a quelli di Spallanzani, cioè “sterilizzando” il brodo e i recipienti con il calore, dimostrò che anche i batteri (all’epoca gli organismi più semplici conosciuti) si originavano da altri batteri.

Tutte queste evidenze sperimentali ponevano il problema dell’origine della Vita in modo sempre più pressante. Se, infatti, ogni organismo vivente, dal più grande al più piccolo, deriva da un organismo simile pre-esistente, *DOVE*, *COME* e *QUANDO* ha origine questa lunga catena che lega tra loro gli organismi viventi? Il periodo (la seconda metà dell’Ottocento) in cui visse Pasteur era particolarmente fecondo dal punto di vista intellettuale e scientifico. Non va dimenticato che in quegli anni Mendel dava vita alla Genetica e Darwin pubblicava nel 1859 *Sull’origine delle specie per selezione naturale* che tanto impatto avrà sulla società scientifica (e non scientifica).

È Darwin il primo ad avanzare l’ipotesi che tutte le specie si siano originate da un unico progenitore comune. Secondo Darwin la vita era iniziata quando alcune sostanze attivate dal calore, dalla luce o da scariche elettriche cominciarono a reagire generando composti organici di complessità crescente. Darwin aveva anche suggerito che attualmente non è più possibile osservare questo fenomeno, perché un qualsiasi organismo primitivo sarebbe rapidamente distrutto o sopraffatto da quelli più evoluti. Haeckel, un sostenitore delle idee di Darwin, in seguito ipotizzò che i primi esseri viventi fossero microrganismi autotrofi, capaci di fissare la CO_2 , abbondante nell’atmosfera primitiva. Da questi microrganismi si sarebbero evoluti i primi eterotrofi, per perdita della capacità fotosintetica.

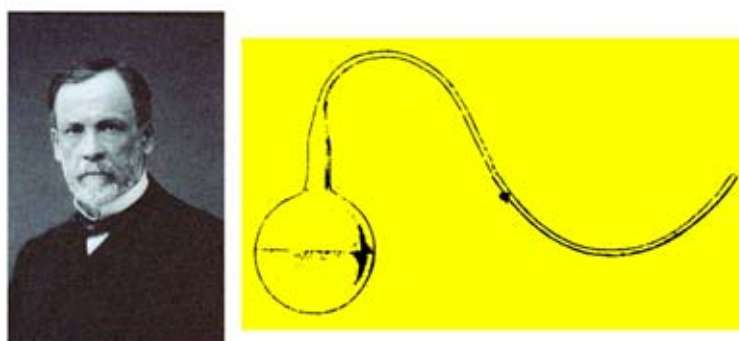


Figura 4 - Louis Pasteur: "Omne vivum ex vivo" (1864).

Ma fu soltanto durante i primi anni del Novecento che furono elaborate due teorie sull'origine della vita; le due teorie erano in netta contrapposizione, poiché l'una prevedeva una origine extraterrestre della vita e l'altra proponeva che la vita si fosse originata spontaneamente sulla Terra in un lontano passato

2. Ipotesi sull'origine della vita

2.1 Origine extraterrestre della vita

Una possibile soluzione al problema dell'origine della Vita è quella che prevede una *origine extraterrestre* delle forme viventi. Questa ipotesi è stata proposta nel 1992 da Juan Orò, il quale sostiene che il materiale organico sia stato portato sulla Terra dall'impatto di meteoriti o dal passaggio ravvicinato di comete. L'ipotesi si rifà alla teoria della "*panspermia*" (*semi ovunque*) proposta all'inizio del secolo (1908) da ARRHENIUS il quale credeva che la vita non era limitata alla Terra ma presente in tutto l'universo e che microrganismi alla deriva nello spazio avrebbero portato la Vita sulla Terra. L'ipotesi di Orò si basa sulla presenza di materiale organico sulla superficie di meteoriti. Le condriti carbonacee (un tipo di meteoriti) sono ricche di lipidi (soprattutto idrocarburi aromatici policiclici), aminoacidi, alcoli, cianuro, formaldeide ed altri composti che sono prodotti nelle reazioni chimiche prebiotiche. I lipidi sono un componente essenziale delle cellule e potrebbero aver formato microambienti in cui i composti organici erano concentrati e reagivano. È dimostrato che l'interazione di doppi strati lipidici con composti organici, ad esempio peptidi, può indurre cambiamenti nelle proprietà di questi composti. Ad esempio, l'interazione della poli-lisina con le membrane lipidiche, attraverso legami idrofobici, guida il ripiegamento tridimensionale del polipeptide. Orò è riuscito ad ottenere vescicole delimitate da un doppio strato lipidico, dall'auto-assemblaggio in soluzione acquosa di molecole anfipatiche derivanti dalla meteorite di Murchison.

Per quanto l'idea di una origine extraterrestre della Vita possa essere affascinante ed intrigante, tuttavia essa non risolve il problema di COME si sia originata la Vita, in quanto la questione viene semplicemente spostata in un altro punto del cosmo.

2.2 Origine endogena della vita sulla Terra

Una idea alternativa è quella che prevede che, invece, la Vita sia comparsa sulla Terra in un qualche lontano e remoto passato. Se partiamo da questo presupposto, dobbiamo assumere che la comparsa dei primi esseri viventi sulla Terra sia il risultato di una evoluzione cosmica e chimica. In altre parole, per poter capire come si siano originati gli esseri viventi primordiali, dobbiamo cercare di capire quali fossero le condizioni della Terra primitiva.

3. Origine ed evoluzione del pianeta Terra

L'ipotesi comunemente accettata sull'origine del sistema solare è quella "nebulare". In base a questa ipotesi il sistema solare si è formato circa 5 miliardi di anni fa da una nube di polveri, gas e ghiacci. La maggior parte della materia, soprattutto idrogeno ed elio, ma anche ferro, silicio ed altri elementi abbondanti nelle rocce, ed elementi caratteristici dei composti organici, come ossigeno, carbonio e azoto, si concentrò nel proto-sole che si trovava al centro di un disco roteante, all'interno del quale si formarono anche dei vortici che divennero centri di concentrazione minori, da cui in seguito si originarono i proto-pianeti.

Al momento della formazione della terra primordiale, il vento solare, molto intenso nelle prime fasi di vita del proto-sole, e il calore prodotto dalle reazioni di fusione nucleare all'interno del proto-sole, allontanarono dalla Terra la sua atmosfera primitiva, costituita da idrogeno ed elio. Nel corso dei primi 100 milioni di anni, il processo di accrezione determinò un progressivo innalzamento della temperatura, che causò la fusione di gran parte della massa rocciosa. Questo fenomeno, chiamato "catastrofe del ferro", fu determinato da tre fattori principali: la forza gravitazionale, che cresceva con l'aumentare della massa del pianeta e provocava la caduta dei materiali più pesanti verso il centro; l'impatto con meteoriti, che era continuo e non ostacolato dalla presenza dell'atmosfera, e il decadimento radioattivo.

Il raggiungimento della temperatura di fusione del ferro, probabilmente ad una profondità di 400-800 km, provocò lo sprofondamento di ferro e di altri elementi pesanti allo stato liquido che, a sua volta, determinò la fusione di altri materiali. Questo processo determinò la distribuzione degli elementi a diverse profondità, in base alla loro densità; quelli pesanti come l'uranio e il torio, capaci però di reagire con l'ossigeno e il silicio formando composti abbastanza leggeri, si accumularono nella crosta. Il risultato finale fu il differenziamento del nucleo, del mantello e della crosta.

La parte superficiale iniziò quindi a raffreddarsi e a solidificarsi, generando la crosta primitiva, sottile e interrotta da fratture e dal bombardamento meteoritico. In questo periodo la fuoriuscita di magmi portò ad un progressivo degassamento del mantello con la formazione di un nuovo involucro atmosferico. Nell'atmosfera primitiva dovevano quindi essere abbondanti i gas liberati dalle eruzioni vulcaniche: vapore acqueo, biossido di carbonio, azoto, metano, ammoniaca, biossido di zolfo, acido cloridrico e idrogeno. Successivamente, il raffreddamento fece condensare il vapore acqueo dell'atmosfera generando la pioggia. Dall'emissione di grandi quantità di acqua dal mantello

si formarono gli oceani. Il ciclo idrologico determinò altri importanti processi di modellamento della crosta terrestre, come l'erosione, il trasporto e l'accumulo dei primi sedimenti rocciosi.

4. L'atmosfera primitiva

Uno degli aspetti più importanti dell'evoluzione della Terra è la formazione dell'atmosfera. Secondo alcuni ricercatori l'atmosfera primitiva sarebbe stata riducente, composta da una miscela di $\text{CH}_4 + \text{N}_2$ oppure $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ oppure $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2$. Studi più recenti indicherebbero invece che l'atmosfera della Terra primitiva era neutra, composta da una miscela di $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Per quanto non esistano evidenze geologiche che confermino l'una o l'altra teoria, tutte le ipotesi concordano con l'idea che l'ossigeno molecolare non fosse presente nell'atmosfera primitiva e che abbia cominciato ad accumularsi per l'attività fotosintetica dei primi cianobatteri, circa due miliardi e mezzo di anni fa, raggiungendo i livelli attuali circa un miliardo e mezzo di anni fa. La mancanza di ossigeno molecolare nell'atmosfera impedì la formazione di uno strato di ozono; conseguentemente i raggi ultravioletti provenienti dal Sole primitivo, non essendo filtrati da tale strato, si abbattevano sulla superficie terrestre con una energia molto elevata provocando la sterilizzazione della superficie stessa ed impedendo di fatto la comparsa di esseri viventi in quella sede. È plausibile perciò che i primi esseri viventi si siano originati in ambienti acquosi dove i raggi ultravioletti perdevano parte della loro energia grazie all'impatto con le molecole di acqua.

Allora, la domanda che si pone è: che tipo di luogo era la Terra primitiva? Quali erano le condizioni fisiche (ambientali e climatiche) in cui è comparsa la vita?

5. Il clima della Terra primitiva

Si possono immaginare tre diversi scenari: il primo di questi prevede che la Terra fosse ricoperta da ghiacci. Secondo questa ipotesi anche gli oceani erano ricoperti da uno spesso strato di ghiaccio alla base del quale, in prossimità delle sorgenti idrotermali, composti come cianuro, formaldeide e ammoniaca reagivano nell'acqua all'interno di una specie di lattice di ghiaccio. Il congelamento dell'acqua avrebbe concentrato soluti potenzialmente reattivi, favorendo le reazioni chimiche.

Il secondo scenario è quello che prevede che la Terra fosse una sfera di magma incandescente, ricoperta da uno strato di vapori, dove gas e composti erano liberati sulla superficie dall'attività di geysir e sorgenti termali. I minerali di pirite, molto abbondanti in queste zone, avrebbero fornito la superficie di adsorbimento per la formazione di film di composti organici reattivi.

La terza ipotesi, quella più accreditata, è che la Terra primitiva fosse un ambiente meno inospitale e che i composti organici prodotti nelle reazioni atmosferiche (vedi avanti), nei ghiacciai o portati sulla superficie terrestre da sedimenti interplanetari, fossero concentrati in piccole pozze di acqua.

6. Quando si è originata la Vita?

Per definire le condizioni ambientali e climatiche in cui si è originata la Vita e, conseguentemente, la natura delle prime forme di Vita dovremmo sapere in quale epoca essa è comparsa. Purtroppo non esistono tracce fossili delle prime forme viventi perché l'attività geologica ha distrutto la maggior parte delle rocce più antiche.

Le prime cellule fossili sono state trovate in rocce basaltiche dell'Africa meridionale (Swaziland) e in rocce sedimentarie dell'Australia occidentale (Warrawoona) e risalgono presumibilmente a circa 3,46 miliardi di anni fa. Sono state trovate due serie di fossili, una delle quali è costituita dalle tracce di una fila di cellule di microrganismi bentonici, unicellulari, procarioti, simili a cianobatteri. La seconda è costituita dalle *stromatoliti*, formazioni sedimentarie laminari, stratificate, tipiche del Precambriano, prodotte dall'attività di microrganismi bentonici che hanno intrappolato nelle loro mucillagini materiale sedimentario fine. Le stromatoliti attuali, che si trovano in alcune zone dell'Australia e in sorgenti termali, presentano una parte superiore formata da una matrice di cianobatteri, diatomee e batteri aerobi, che crescono sopra colonie di batteri anaerobi facoltativi, capaci di fermentare quando la concentrazione di ossigeno si abbassa. La parte inferiore delle stromatoliti è formata da colonie di batteri che non tollerano né la luce né l'ossigeno. I sedimenti che rimangono intrappolati in questa matrice sono trasformati in una base rocciosa dal carbonato di calcio presente nell'acqua. Le stromatoliti fossili mostrano una minore varietà di microrganismi ed erano formate da fototrofi filamentosi, simili agli attuali solfobatteri rossi e verdi, che crescevano in assenza di ossigeno.

Una prova paleontologica più antica è rappresentata dalle rocce di Isua, in Groenlandia sud-occidentale, che hanno un'età di 3 miliardi e 860 milioni di anni. Questi dati suggeriscono quindi che le prime forme viventi erano già presenti 3,86 miliardi di anni fa e, secondo alcune ipotesi, esistevano probabilmente già 4,2 miliardi di anni fa e per circa 3 miliardi di anni la Vita si è diversificata in forme che erano tutte procariotiche: batteri e archei.

7. L'ipotesi del «brodo primordiale»

L'ipotesi del «brodo primordiale» fu proposta verso la metà degli anni Venti del XX secolo da Aleksandr Ivanovic Oparin (1894 –1980), chimico e biologo russo. Secondo Oparin la Terra di circa 4 miliardi di anni fa era molto diversa dall'attuale. Era un pianeta ad alto contenuto energetico (energia endogena ed

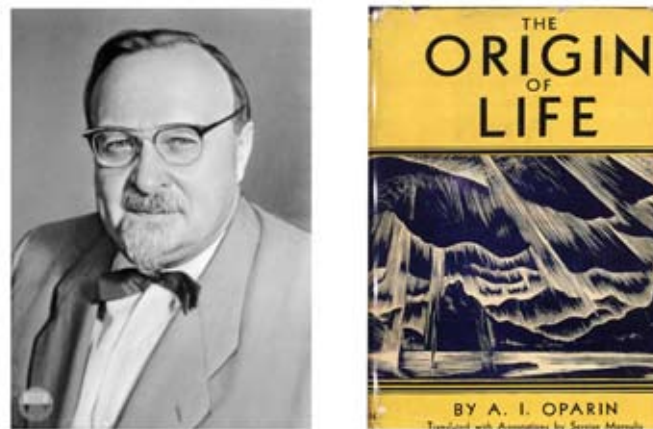


Figura 5 - Alexander I. Oparin: "Proiskhozhdenie zhizny" (*The origin of life*, 1924).

esogena), con un'atmosfera primitiva caratterizzata dall'assenza di ossigeno e fortemente riducente (favorevole alla combinazione di molecole diverse) e non ossidante, come lo è oggi, allorché la presenza di grandi quantità di ossigeno libero rende instabili le molecole organiche obbligando i viventi ad un loro continuo rinnovamento. Secondo Oparin, l'atmosfera primordiale era ricca di metano, ammoniaca, acqua, composti che reagivano facilmente tra loro sotto l'azione del calore terrestre, dei fulmini, degli ultravioletti della radiazione solare non ancora schermata dalla fascia di ozono.

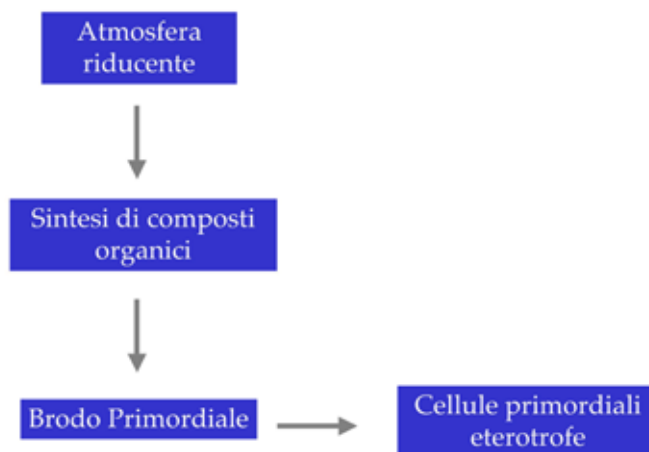


Figura 6 - Origine eterotrofa (il "brodo primordiale") della vita sulla Terra.

Dalle reazioni si formavano composti del carbonio come formaldeide, urea, amminoacidi che venivano trasportate dalle piogge nei mari andando a costituire il così detto «brodo caldo primigenio». In questa soluzione calda alcune molecole avevano una tendenza superiore alle altre ad associarsi in complessi più grandi. Dal brodo primordiale si sarebbero originate, in milioni di anni, le prime forme di Vita, un tipo particolare di

colloidi formati dalla combinazione di polimeri carichi negativamente e positivamente, che Oparin chiamò «coacervati».

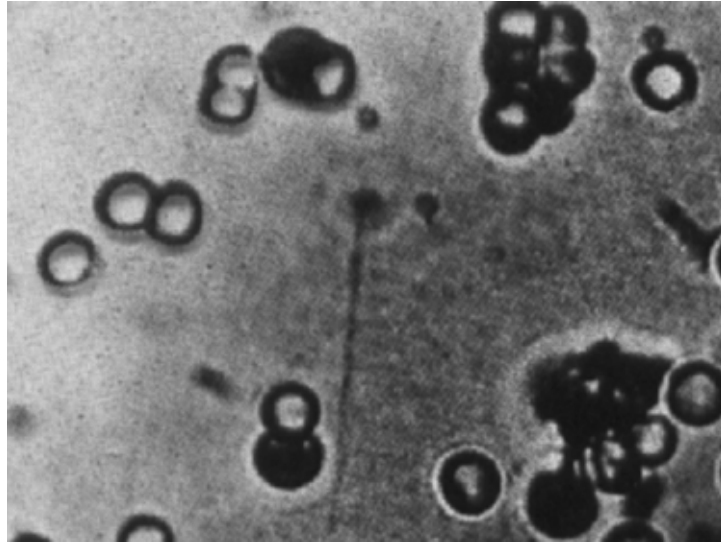


Figura 7 - I primi organismi viventi fluttuavano come bolle di sapone nel "brodo primordiale" dal quale attingevano le sostanze necessarie per la sopravvivenza.

Questi composti sono solubili e possono sciogliersi, aumentare di dimensione o rompersi a seconda delle condizioni ambientali in cui si trovano. Da questi si sarebbero sviluppati gli *eubionti*, batteri eterotrofi anaerobi e, successivamente, i primi microrganismi fotosintetici, indipendenti dalle sintesi abiotiche, i quali divennero i produttori primari. Successivamente, il passaggio dalla fotosintesi anossigenica a quella ossigenica portò alla formazione di un'atmosfera ossidante ed alla comparsa dei primi batteri aerobi. Ecco come Oparin spiega nel suo trattato l'origine dei sistemi colloidali (coacervati):

Il continuo accrescersi, il graduale complicarsi delle molecole non generò esseri viventi, ma costituì la base di formazioni complesse, dalle quali si crearono più tardi i primi organismi. Nella soluzione di sostanze organiche costituitasi nelle acque dell'oceano primitivo non poteva aver luogo un illimitato accrescimento dei singoli tipi molecolari delle sostanze organiche : il continuo incremento della molecola doveva inevitabilmente condurre allo stabilirsi di nuovi rapporti fra le molecole stesse. Come risultato si ebbe allora la formazione di sciami di molecole, associazioni o complessi di particelle che contenevano molecole non omogenee, differenti per qualità e dimensioni. Tale processo dovette inevitabilmente condurre all'accumulo di sostanze organiche in determinati punti e alla separazione di formazioni colloidali dalla soluzione omogenea circostante. Il sorgere e il separarsi di queste formazioni costituisce una tappa importantissima nel processo di sviluppo che porta alla comparsa degli esseri viventi più semplici. Non possiamo raffigurarci infatti il più piccolo e il più semplice organismo che non sia separato dal mezzo circostante; e invero ogni organismo è diviso dal suo ambiente da un certo limite, e possiede una determinata individualità, un certo piano costruttivo che lo differenzia da

altri organismi simili. Di conseguenza, in tutti gli esseri viventi nasce quella completa identità di forma e di qualità che caratterizza i corpi chimicamente puri e fisicamente omogenei del mondo non vivente. Ne consegue che la costituzione di composti colloidali e la loro separazione dalla soluzione circostante costituiscono l'indispensabile premessa all'origine della vita.

8. L'esperimento di Miller (1953)

Una conferma sperimentale della teoria di Oparin è stata ottenuta da Stanley L. Miller nel 1953. Miller ricreò con un'apparecchiatura sperimentale le condizioni dell'atmosfera e del brodo primordiale. In un pallone di vetro aggiunse metano, ammoniaca, vapore acqueo e idrogeno (l'«*atmosfera primitiva*») e lo sottopose a scariche elettriche, che dovevano svolgere la funzione dei fulmini e delle radiazioni. In un secondo pallone di vetro aggiunse acqua (l'«*oceano primordiale*») e lo riscaldò generando vapore acqueo, che circolava nell'apparecchiatura. I prodotti idrosolubili delle reazioni atmosferiche si sarebbero così sciolti nell'oceano. E infatti in pochi giorni l'acqua si riempì di una sostanza rossastra che era ricca di aminoacidi.

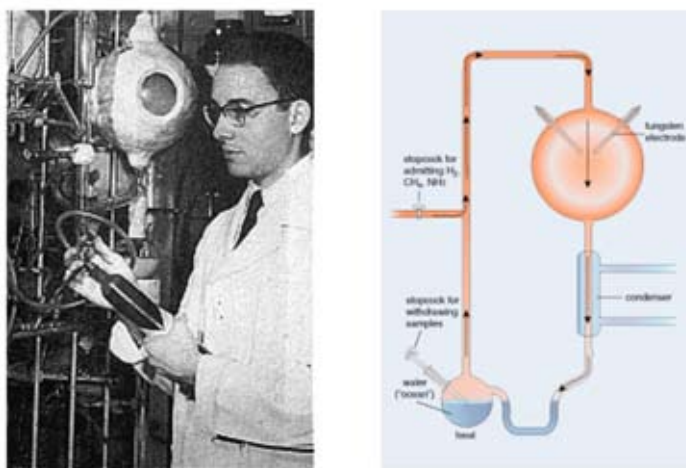


Figura 8 - Stanley Miller accanto all'apparecchio utilizzato per condurre il famoso esperimento che dette inizio all'era della chimica prebiotica. A destra: schema dell'apparecchio.

Con questo esperimento Miller dimostrò che era possibile ottenere composti organici per sintesi abiotica, spiegando anche come questi si erano formati. Esperimenti successivi, simili a quello compiuto da Miller, hanno esemplificato come i vari monomeri organici potrebbero essersi sintetizzati in condizioni prebiotiche. È stata dimostrata la sintesi abiotica in laboratorio di basi azotate (purine dal cianuro, pirimidine dal cianoacetilene) e coenzimi, di zuccheri, di acidi carbossilici, di acidi grassi, a catena lineare e ramificata, di fosfolipidi. Questi composti si sarebbero potuti accumulare in corpi idrici, pozze di acqua in evaporazione, ad esempio le pozze di marea, come aveva ipotizzato anche Darwin, producendo il brodo primordiale.

Negli ultimi decenni altre teorie sono state proposte per spiegare l'origine della Vita

sulla Terra; tuttavia l'idea del "brodo primordiale" di Oparin è l'unica ad avere avuto un supporto sperimentale. Tra le ipotesi alternative, la più recente è stata proposta dal chimico tedesco Wächtershäuser (1992), secondo il quale la Vita sarebbe iniziata come un processo metabolico, cioè un ciclo di reazioni chimiche, sulla superficie di un corpo solido. La superficie solida è quella dei cristalli di pirite, un solfuro di ferro (FeS_2). Secondo Wächtershäuser la carica superficiale positiva della pirite permetterebbe il legame dei composti organici e la continua reazione tra il ferro e lo zolfo ($\text{FeS} + \text{H}_2\text{S} = \text{FeS}_2 + \text{H}_2$) avrebbe agito da fonte di energia. La prima cellula sarebbe stata un granulo di pirite racchiuso in una membrana di composti organici. Questa cellula potrebbe essersi riprodotta quando il granulo di pirite diede origine a un nuovo granulo cristallino, che fu a sua volta incapsulato in una propria membrana e si staccò dalla cellula genitrice.

Una teoria che presenta delle analogie con quella di Wächtershäuser è stata proposta da de Duve (1991) e si sviluppa attorno ai tioesteri, composti dello zolfo che potrebbero essere stati una sorgente di energia per le cellule primitive. de Duve ha proposto i tioesteri come composti ad alta energia perchè non sono noti nè reazioni abiotiche di sintesi di polifosfati nè meccanismi geologici di concentrazione di questi composti, che sono poco abbondanti e poco solubili. Le reazioni catalizzate da protoenzimi costituiti da tioesteri avrebbero avuto come risultato la sintesi di acidi ribonucleici, portando all'affermazione del cosiddetto «mondo a RNA».

La terza teoria è stata proposta da Cairns-Smith (1982), il quale sostiene che i primi composti organici si sono formati sulla superficie di particelle di argilla, in quanto gli strati argillosi hanno la proprietà di produrre altri strati di argilla. Inoltre l'argilla, come la pirite, ha una carica superficiale ed è quindi in grado di legare gli acidi nucleici. Alcune argille potrebbero essere divenute dei riproduttori più efficienti, sviluppando la capacità di attrarre o di sintetizzare composti organici. Alla fine i composti organici sarebbero divenuti abbastanza sofisticati da replicarsi ed evolversi autonomamente.

9. Origine delle Molecole Informazionali

Il punto chiave dell'origine dei primi organismi viventi può essere ricondotto all'origine delle prime molecole informazionali. Infatti, due delle proprietà che caratterizzano gli esseri viventi sono il metabolismo e la riproduzione, che si basano sull'attività di due classi di molecole: 1) informazionali (gli acidi nucleici) e 2) catalitiche (le proteine). Nelle cellule moderne la sintesi delle proteine e la replicazione dell'informazione genetica sono due processi strettamente interdipendenti, pur mantenendosi indipendenti dal punto di vista funzionale. Le molecole informazionali codificano le proteine che, a loro volta, sono necessarie per la sintesi degli acidi nucleici. Quindi il problema dell'origine delle molecole informazionali sembra a prima vista un paradosso: il metabolismo e l'informazione genetica si sono evoluti separatamente in molecole distinte, o si sono evolute nella stessa molecola? E che tipo di molecole erano le prime molecole informazionali?

In seguito all'esperimento di Miller le proteine apparivano i migliori candidati per

il ruolo di prime molecole capaci di autoriproduzione, un'ipotesi che uscì rafforzata dai risultati dei successivi esperimenti di Fox, il quale, riscaldando ripetutamente una miscela di aminoacidi e poi sciogliendola in soluzione, ottenne delle minuscole sfere che chiamò *"proteinoidi"*. Tuttavia questi sistemi, una volta formati, non sono in grado di riprodursi né di evolvere. Gli acidi nucleici sono perciò i candidati più probabili per il ruolo di prime molecole capaci di autoriproduzione. Alla fine degli anni sessanta, Carl R. Woese, Francis Crick e Leslie E. Orgel proposero, indipendentemente, che la PRIMA MOLECOLA INFORMATIVA fosse l'RNA.



Figura 9 - Woese (1967), Crick (1968), Orgel (1968): uso dell'RNA nella vita primitiva per l'informazione genetica e la catalisi.

Questa ipotesi si basava su molte e valide argomentazioni: 1) la possibilità di sintesi delle proteine in assenza di DNA ma non di RNA; 2) l'esistenza di sistemi di replicazione basati sull'RNA, come virus e viroidi; 3) l'esistenza di molti coenzimi ribonucleotidici essenziali, diversi dei quali possono essere sintetizzati con reazioni chimiche prebiotiche; 4) la presenza del gruppo 2'-OH del ribosio che può essere direttamente coinvolto in reazioni come la fosforilazione e la condensazione di aminoacidi; 5) la maggiore facilità di sintesi dei ribonucleotidi rispetto ai desossiribonucleotidi.

Tuttavia, l'idea che l'RNA rappresentasse la prima molecola informativa non risolveva il problema principale del paradosso: prima le molecole informative o quelle catalitiche?

Fu la scoperta dei primi RIBOZIMI (introni dei geni ribosomali di *Tetrahymena*, capaci di autoexcidersi), avvenuta nel 1983, a permettere la chiusura del cerchio.

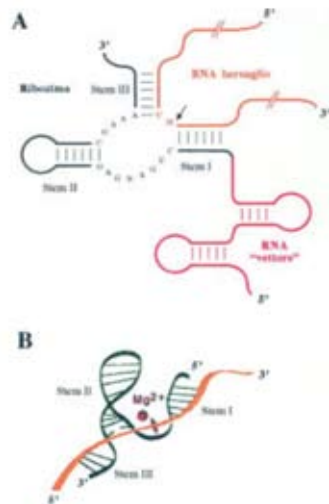


Figura 10 - Ribozimi: molecole di RNA dotate di capacità catalitica.

Questa scoperta non solo confermò l'idea che le cellule primordiali contenessero molecole di acido ribonucleico, ma fu anche alla base dell'introduzione, nel 1986, del termine «mondo a RNA», proposto da Gilbert, il quale ipotizzò l'esistenza di molecole prebiotiche di RNA, formate da introni ed esoni. Egli ha anche ipotizzato che gli introni di RNA abbiano agito, nei primi stadi dell'evoluzione molecolare, come trasposoni. Due introni separati da un esone potevano excidersi come un'unità ed inserirsi in un'altra molecola di RNA. Questo meccanismo fornisce all'RNA una maggiore propensione all'evoluzione, attraverso la ricombinazione. Ipotizzando l'esistenza di molecole di RNA formate da introni ed esoni, Gilbert separa i due ruoli, genetico e catalitico, delle molecole prebiotiche di RNA, attribuendo la funzione di molecola informazionale all'intera struttura (esoni più introni) e la funzione catalitica alla molecola priva degli introni, la cui escissione porterebbe alla formazione di una struttura tridimensionale compatta, tipica delle molecole enzimatiche. Un residuo di questo processo sarebbe visibile ancora oggi nella maturazione dei tRNA. Quindi, molecole prebiotiche di RNA avrebbero sviluppato la capacità di auto-assemblarsi dal brodo primordiale. Le molecole che si replicavano erano formate da introni ed esoni; tra queste alcune si convertivano in ribozimi per splicing degli introni.

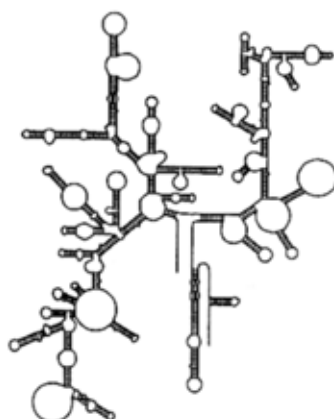


Figura 11 - Mondo a RNA: l'evoluzione biologica è iniziata con una forma di vita primitiva priva di DNA e proteine basata esclusivamente su molecole di RNA, che avevano un ruolo informativo e catalitico.

I ribozimi, evolvendosi grazie alla mutazione e alla ricombinazione, avrebbero aumentato le loro abilità catalitiche, utilizzando cofattori come coenzimi. Lo stadio evolutivo successivo sarebbe iniziato quando i ribozimi cominciarono a sintetizzare le proteine, sviluppando dapprima molecole di RNA adattatori, che potevano legare gli aminoacidi attivati, e poi, altre molecole di RNA, i precursori dei ribosomi, che servivano ad allineare gli aminoacidi su uno stampo di RNA. Quindi, le proteine, codificate dagli esoni di RNA, avrebbero sostituito i ribozimi, essendo catalizzatori più efficienti. Infine sarebbe comparso il DNA, sintetizzato su uno stampo di RNA ad opera di una trascrittasi inversa. La struttura ad esoni ed introni del DNA sarebbe, secondo questa ipotesi, l'eredità del meccanismo fondamentale di ricombinazione dell'RNA.

10. Il mondo a DNA

L'evoluzione dal mondo a RNA a quello a DNA sarebbe avvenuta attraverso il graduale aumento del contenuto di desossiribonucleotidi nelle molecole primitive di RNA e della specificità delle polimerasi. Le prime polimerasi avevano una bassa specificità di substrato e di stampo e questo lascia ipotizzare l'esistenza di molecole ibride RNA/DNA, contenenti quantità variabili di ribonucleotidi e desossiribonucleotidi.

Tali molecole ibride svolgevano funzioni di stampo e di catalizzatori. I desossiribonucleotidi hanno mostrato in vitro di possedere la capacità di endoribonucleasi e di DNA ligasi; quindi l'attività catalitica dei ribozimi non è ristretta a molecole di RNA puro. Inoltre la presenza di desossiribonucleotidi conferisce maggiore resistenza all'idrolisi e all'azione di degradazione delle ribonucleasi. È probabile che all'inizio, l'incorporazione di desossiribonucleotidi fosse casuale e dovuta all'aspecificità delle polimerasi. Queste molecole ibride potevano essere cataliticamente attive oppure erano inattive, ma potevano comunque essere replicate e riacquistare l'attività enzimatica nel corso delle generazioni, oppure potevano servire specificamente come molecole informative. Dunque tali molecole sembrano buoni candidati come intermedi evolutivi tra il mondo ancestrale a RNA e il mondo moderno a DNA e proteine.

Si ritiene quindi che l'origine del DNA sia il risultato della selezione darwiniana su protocellule caratterizzate da un genoma a RNA e catalisi proteica. È infatti un dato quasi universalmente accettato che la sintesi proteica si sia evoluta prima della comparsa del DNA e che questa sia avvenuta, nei tre domini cellulari, come passaggio terminale della biosintesi dei ribonucleotidi, poiché, in tutti gli organismi esistenti, la biosintesi dei desossiribonucleotidi avviene per riduzione dei corrispondenti ribonucleotidi. Una delle forze selettive che hanno agito nella transizione dal mondo a RNA a quello a DNA è stata la maggiore stabilità in soluzione acquosa dei legami fosfodiestereici fra le unità di desossiribosio, che sono più resistenti all'idrolisi di quelli di uno scheletro ribosio-fosfato.

L'idrolisi dell'RNA si compie attraverso l'intermedio ciclico 2'-3' fosfonucleotide, che nel DNA non si può formare per l'assenza del gruppo 2'-OH. L'RNA ha inoltre una maggiore tendenza del DNA a degradarsi per deaminazione della citosina ad uracile. Queste reazioni sono uno o due ordini di grandezza più frequenti negli acidi nucleici a singolo filamento rispetto a quelli a doppio filamento. Il DNA con la sua struttura a doppia elica è anche meno sensibile al danno fotochimico indotto dalle radiazioni ultraviolette. L'assenza di uno schermo protettivo di ozono nell'atmosfera primitiva rendeva la radiazione solare ultravioletta molto più intensa di oggi, e questo deve aver imposto una forte pressione selettiva per l'emergenza di una molecola genetica più stabile, nella quale la struttura a doppia elica rendeva possibile la riparazione del danno, sfruttando l'informazione del filamento complementare. Inoltre, l'assenza di attività proof-reading nelle RNA polimerasi limitava la quantità di informazione genetica che poteva essere duplicata fedelmente. L'evoluzione dal mondo a RNA a quello a DNA ha reso possibile l'amplificazione dell'informazione genetica, attraverso la duplicazione genica, e lo sviluppo di nuove capacità metaboliche.

Le cellule ancestrali avevano genomi piccoli e superavano le limitate capacità metaboliche con una massima plasticità biochimica. Infatti gli enzimi primitivi possedevano un'ampia specificità di substrato ed erano probabilmente "liberi" da sistemi regolativi. I sistemi regolativi mascherano l'ambiguità di substrato degli enzimi attuali perché indirizzano la reazione verso la produzione dei metaboliti primari. Questo è evidenziato dalla perdita di specificità in particolari condizioni di reazione (ad esempio, aumentata concentrazione dell'enzima o del substrato insolito) e dalla perdita dei controlli regolativi in vitro, in condizioni di pressione selettiva che inducono l'evoluzione di nuove attività metaboliche. L'ambiguità di substrato di questi enzimi primitivi portava alla formazione di piccole quantità di prodotti secondari. Se questi metaboliti determinavano un vantaggio selettivo, la nuova funzione poteva essere fissata attraverso la duplicazione genica, la fissazione della copia duplicata e lo sviluppo di un controllo specifico. Questa teoria considera il reclutamento in nuove vie metaboliche di enzimi preesistenti, un meccanismo fondamentale nell'evoluzione di nuove attività enzimatiche.

11. LUCA, l'Ultimo Progenitore Comune

L'idea che tutti gli organismi viventi attualmente sulla Terra siano i discendenti di un singolo antenato comune si è delineata presto nel pensiero biologico, parallelamente al concetto di *evoluzione biologica*. La teoria di Darwin e Wallace sottintende, infatti, che tutte le forme di vita possano essersi evolute a partire da un singolo progenitore: un'entità che attualmente è definita LUCA (Last Universal Common Ancestor, cioè,

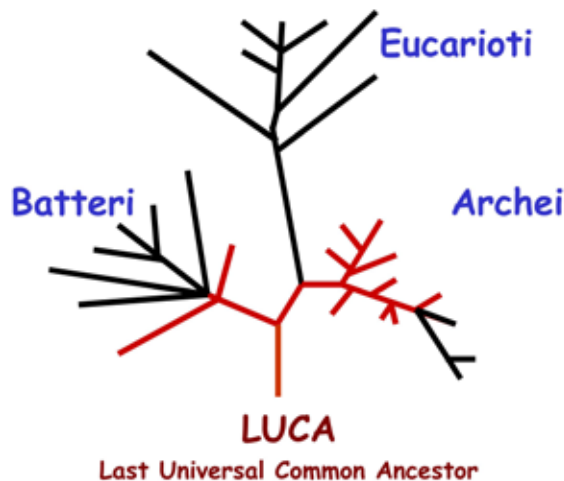


Figura 12 - L'ultimo progenitore comune.

l'ultimo progenitore comune universale). Per molto tempo niente poteva essere ipotizzato sulla sua natura e sulle sue caratteristiche; si riteneva solamente che esso fosse un'entità semplice, spesso paragonata ad un procariote.

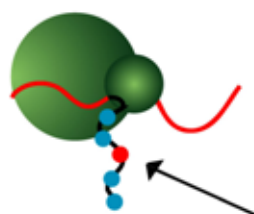
Alla metà degli anni settanta l'avvento delle tecniche del DNA ricombinante ha consentito la ricostruzione di un albero filogenetico universale basato sul confronto delle sequenze dei geni codificanti l'RNA della subunità ribosomiale minore (16S rDNA). Tale analisi ha messo in luce che tutti gli organismi attuali possono essere suddivisi in tre raggruppamenti, definiti *domini cellulari*, separati da grandi distanze evolutive: gli Archei (A), i Batteri (B) e gli Eucarya (E). Quest'albero fornisce una prima idea, seppure indiretta, dell'ultimo progenitore comune; esso rappresenta quell'entità primordiale dalla quale si sono distinti i tre domini. Si suppone che l'ultimo progenitore comune fosse un organismo prototrofo, con un ciclo tricarbossilico completo, capace di metabolizzare polisaccaridi, zolfo ossidante e riducente, diazotrofo e dotato di mobilità grazie a flagelli: un'entità strutturalmente e geneticamente complessa detta il *progenitore totipotente*.

Secondo Carl Woese un'ipotesi di un progenitore totipotente non è corretta in quanto non è possibile spiegare come esso possa aver raggiunto una tale complessità in breve tempo (poco meno di un miliardo di anni). Il progenitore totipotente raccoglie inoltre caratteristiche che non sono presenti in alcun organismo attualmente vivente e che dovrebbero essere state ereditate verticalmente. Woese conclude che i tentativi finora fatti per descrivere l'ultimo progenitore comune sono insoddisfacenti in quanto

le teorie avanzate per spiegare l'evoluzione primordiale commettono l'*errore di estendere il concetto di genealogia degli organismi anche agli stadi precoci dell'evoluzione* assumendo che durante l'era dell'ultimo progenitore comune i geni fossero ereditati verticalmente di generazione in generazione. Secondo Woese più indietro si va nella storia evolutiva quanto meno significato ha parlare di discendenza genealogica dei viventi.

12. Il modello della rinaturazione genetica (*annealing* genetico)

Woese propone un modello diverso di evoluzione primordiale. La dinamica evolutiva primordiale è paragonata al processo di rinaturazione fisica. Nel caso delle molecole di DNA, il processo di rinaturazione inizia a una temperatura sufficientemente elevata da permettere alle due eliche delle molecole di DNA di separarsi; la temperatura inizia quindi a scendere e si raggiunge uno stato quasi-stabile in cui varie combinazioni degli elementi si formano, si dissociano e si formano in combinazioni diverse. Solo le strutture più stabili permangono, cioè *cristallizzano*. Quando la temperatura scende ancora, anche strutture meno stabili cristallizzano; mentre quelle preesistenti divengono più complesse. Nel modello dell'*annealing* genetico Woese introduce il concetto di *temperatura evolutiva*, che rappresenta una misura del livello di mutazione e di trasferimento genetico orizzontale. Nei primi stadi dell'evoluzione della vita la temperatura genetica era elevata e il trasferimento genetico orizzontale, e non l'eredità verticale, era la modalità di evoluzione delle entità primordiali. Anche il tasso di mutazione era elevato. Solo in una seconda fase dell'evoluzione la temperatura genetica è diminuita e gli organismi hanno iniziato ad evolvere mediante i meccanismi dell'eredità verticale (*uplicazione e mutazione*).



Errori nel processo di traduzione erano molto frequenti; potevano evolvere solamente proteine piccole

PROGENOTI : entità primordiali dotate di un macchinario traduzionale ancora impreciso che non permetteva la sintesi di proteine di tipo moderno

Figura 13 - Traduzione del progenote.

13. Le cellule primitive: i progenoti

Secondo Woese il processo cellulare che guida l'evoluzione degli organismi primordiali è la *traduzione*. Il macchinario traduzionale delle cellule primordiali era molto più semplice di quello attuale e quindi molto meno accurato. Errori di riconoscimento dei codoni e di scivolamento nella fase di lettura erano frequenti e di conseguenza poteva-

no evolvere solamente proteine di piccole dimensioni. Le entità primordiali nelle quali il macchinario traduzionale non si era ancora evoluto ad un livello tale da permettere la sintesi di proteine di tipo moderno sono definite **PROGENOTI**.

L'incapacità di sintetizzare proteine moderne limitava severamente sia la natura del progenote sia le sue possibilità evolutive: esso non poteva aver sviluppato un genoma moderno né meccanismi di riparazione. Il genoma dei progenoti era probabilmente organizzato in numerosi piccoli mini-cromosomi ciascuno presente in copie multiple (*ridondanza genetica*). Ciascun cromosoma era, a sua volta, organizzato in maniera *operonica*: conteneva cioè tutti i geni implicati in uno stesso processo. L'organizzazione operonica dei cromosomi era selettivamente avvantaggiata sia da una segregazione cromosomica puramente casuale durante la replicazione sia dagli eventi di trasferimento genico orizzontale; non c'è, infatti, alcun vantaggio ad ereditare solamente una parte di una nuova via metabolica.

Secondo il modello di Woese, i cromosomi erano semi-autonomi, nel senso che assomigliavano più ad elementi genetici mobili che non ai moderni cromosomi. La divisione cellulare avveniva nel modo più elementare possibile per semplice strozzamento della cellula in due metà. La dimensione ridotta dei cromosomi era indispensabile a causa dell'elevato tasso di mutazione in quanto aumentava la probabilità che essi potessero essere replicati senza un eccessivo numero di mutazioni. Il genoma era lineare in quanto rendeva i processi di replicazione e la trascrizione topologicamente più semplici e non era quindi richiesta la presenza di enzimi come le DNA-topoisomerasi. La molteplicità di copie di ciascun cromosoma garantiva che se una copia di un gene era inattivata per mutazione la funzione era ugualmente assicurata dalle altre copie.

Le dimensioni limitate del genoma imponeva che i progenoti fossero molto semplici dal punto di vista metabolico.

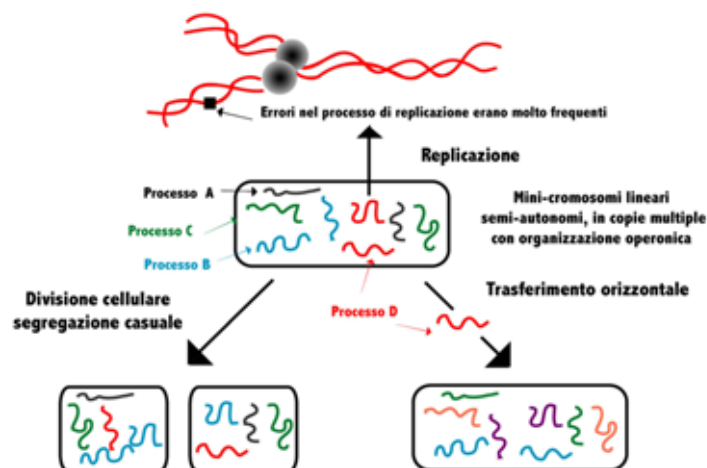


Figura 14 - Processi relativi all'ultimo progenitore comune.

Tuttavia differenti progenoti potevano possedere differenti abilità metaboliche. In tal modo la **COMUNITÀ GENETICA DEI PROGENOTI** diventava una entità **TOTIPOTENTE**. Il

fatto poi che ogni innovazione poteva essere facilmente dispersa nella popolazione per trasferimento orizzontale ampliava enormemente le possibilità evolutive di questa comunità. Questa comunità di progenoti può essere vista come un moderno consorzio batterico, in cui le cellule interagiscono non solo geneticamente ma anche metabolicamente. In questo senso, non è la singola cellula, ma la comunità dei progenoti nel suo insieme che sopravvive ed evolve.

È questa *comunità di progenoti*, e non uno specifico organismo, secondo Woese, *l'ultimo progenitore comune*.

Nel momento in cui la temperatura evolutiva è iniziata a diminuire lentamente, il progenote ha iniziato ad evolversi e, grazie all'affinarsi del processo traduzionale, sono comparse strutture con complessità sempre maggiore e sempre più integrate tra loro. Più un sub-sistema diveniva complesso, tanto più difficilmente elementi estranei risultavano compatibili con esso.



Figura 15 - Raffreddamento e cristallizzazione dei sub-sistemi cellulari nelle popolazioni ancestrali.

Questo sub-sistema non poteva quindi essere più scambiato per trasferimento orizzontale e cristallizzava, iniziando ad evolversi esclusivamente per eredità verticale. Secondo questo modello, i vari sub-sistemi cellulari si sono cristallizzati a differenti stadi evolutivi. La traduzione è stato tra i primi, se non il primo, sub-sistema cellulare a cristallizzare; si tratta, infatti, di un macchinario complesso i cui componenti chiave tendono ad essere universali. Il fatto che non tutti i componenti dell'apparato traduzionale siano *universali* indica che questo meccanismo ha continuato a perfezionarsi dopo lo stadio dell'ultimo progenitore comune, dopo che il suo *core* si era cristallizzato. Questo perfezionamento non ha, almeno apparentemente, coinvolto fenomeni di trasferimento orizzontale; è plausibile attendersi, infatti, che un meccanismo così complesso, una volta cristallizzato, non sia soggetto a (frequenti) eventi di trasferimento genetico orizzontale e questo è in accordo con il fatto che quando i componenti dell'apparato traduzionale sono utilizzati come orologi molecolari, essi permettono di ricostruire alberi filogenetici coerenti.

La comunità di progenoti si sarebbe perciò separata in due e poi tre comunità isolate, non più capaci di comunicare in modo illimitato mediante trasferimento oriz-

zontale. Ogni comunità cellulare si sarebbe evoluta in un numero sempre minore di tipi cellulari diversi che hanno dato origine al progenitore di ciascuno dei tre domini cellulari.

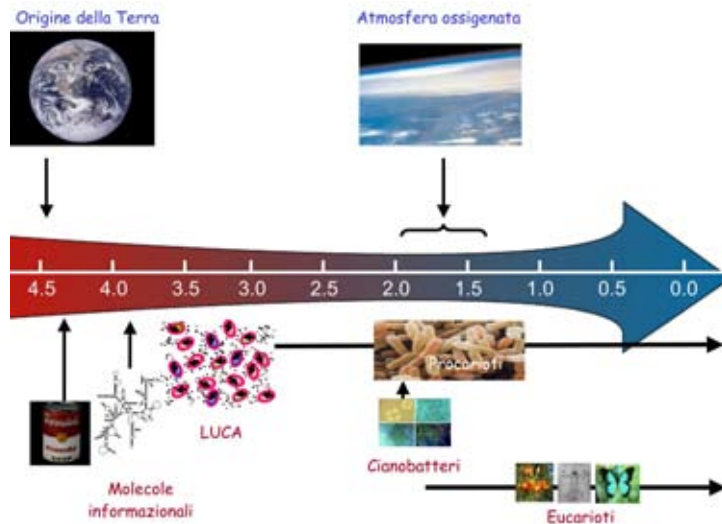


Figura 16 - Scala temporale delle origini della vita.

BIBLIOGRAFIA

Autori Vari. *La vita*, Focus Extra 37, 2009.

De Duve C., *Alle origini della vita*, Longanesi, Milano 2008.

Fry I., *L'origine della vita sulla terra. Le ipotesi e le teorie dall'antichità a oggi*, Garzanti, Milano 2002.

Mori E., Fani R., *Origine della vita e delle molecole informative*, Atti del Corso di Evoluzione Molecolare. ECIG, Genova 1998.

DA FISICA E BIOLOGIA A BIOFISICA

FRANCESCO LENCI

CNR, Istituto di Biofisica, Pisa

1. Premessa

Fin dagli anni trenta e quaranta del secolo scorso, soprattutto grazie allo sviluppo della meccanica quantistica, diversi illustri fisici furono attratti dalla grande sfida culturale e scientifica di cercare di applicare le nuove scoperte della Fisica all'analisi dei fenomeni biologici, utilizzando sia i concetti fondamentali sia le apparecchiature speciali che s'intuiva avrebbero potuto essere realizzate basandosi su quei principi.

Tra gli altri, conquistati da questa curiosità intellettuale, Niels Bohr, Erwin Schrödinger e, soprattutto, Max Delbrück, che davvero si dedicò "professionalmente" alla Biofisica e nel 1969 ottenne – assieme ad A. D. Hershey e S. E. Luria – il Premio Nobel per la Fisiologia e la Medicina, per la scoperta dei meccanismi di replicazione e della struttura genetica dei virus.

Il problema della vita è certamente affascinante, ma tutt'altro che semplice da risolvere. Le difficoltà sono infatti legate non tanto alla comprensione del singolo fenomeno, che spesso può essere analizzato ed interpretato fin nei dettagli quanto alla visione complessiva di tutti i singoli eventi, che le tecniche fisiche consentono di studiare, e delle loro interazioni.

Un esempio significativo per l'importanza del contributo conoscitivo e la raffinatezza unita alla semplicità dei mezzi di indagine: nel 1967 George Wald ottenne il Premio Nobel per la Fisiologia per aver scoperto e caratterizzato, con tecniche spettroscopiche relativamente semplici, i cambiamenti molecolari causati dall'assorbimento di luce da parte del pigmento che funziona da fotorecettore nei nostri occhi, la *rodopsina*.

Nel corso degli anni è nato un linguaggio, prima comune e poi "autonomo", sono nate riviste specializzate, si sono cominciati a formare scienziati specializzati in questa nuova branca del sapere, al confine fra tante discipline, fra le quali non si possono dimenticare la matematica e la biomatematica. Questo fatto ha permesso di ottenere considerevoli progressi nello studio del mondo vivente a partire da metodologie e tecniche proprie della Fisica, quali, per fare qualche esempio, le spettroscopie ottiche e magnetiche, le microscopie innovative, le tecniche di analisi ed elaborazione dei segnali, le simulazioni matematiche avanzate, l'optoelettronica e la fotonica, la modellistica e la nano-ingegneria molecolare.

Si può dire, schematicamente, che tutte le attività di ricerca in Biofisica, siano esse teoriche o sperimentali, hanno come obiettivo la comprensione della correlazione

struttura-funzione nei fenomeni biologici in termini dei processi fisici che ne sono alla base, riconoscendo, d'altra parte, che sistemi e processi biologici sono intrinsecamente complessi, con proprietà strutturali e funzionali che non sono semplicemente deducibili dalle caratteristiche delle loro componenti elementari e che, in molti casi, derivano dalla natura non lineare dei processi coinvolti (fenomeni che non sono legati alla loro causa da una semplice relazione lineare). Molto bene sintetizza questa "asimmetria" un vecchio articolo di P. W. Anderson "More is different" (*Science*, 1972): la materia vivente è fatta di cellule, le cellule di molecole, e così via. Per capire alcuni processi elementari la riduzione dal più grande al più piccolo è decisamente possibile. È invece inaccettabile che si possa assumere una specularità assoluta muovendosi nell'altra direzione – il momento "costruzionista", in altre parole.

In questo contesto, nel quale l'approccio è essenzialmente a livello molecolare e le metodologie tendono a utilizzare sempre di più le conoscenze della Fisica moderna (spettroscopie risolte nel tempo, nanomotori, microscopie innovative, *imaging*), il ruolo della ricerca biofisica è destinato a diventare sempre più importante, sia per la ricerca di base (per esempio, per una più profonda conoscenza dei meccanismi fisico-chimici alla base dei processi molecolari) che per la ricerca applicata (per esempio, per lo sviluppo di sistemi diagnostici più sensibili e sempre meno invasivi).

Il quadro delle problematiche più attuali nel panorama biofisico internazionale può essere facilmente desunto dalle tematiche discusse nei più importanti congressi (per esempio quelli della American Biophysical Society (<http://www.biophysics.org/>) e dell'International Union for Pure and Applied Biophysics (<http://iupab.org/>), della European Biophysical Societies' Association (<http://www.ebsa.org/>), della Società Italiana di Biofisica Pura ed Applicata (<http://biofisica.fbk.eu/>) e dalle aree di interesse delle più prestigiose riviste, come, ad esempio, l'European Biophysics Journal, il Quarterly Review of Biophysics, il Biophysical Journal).

2. Biofisica molecolare

La biofisica molecolare mira a superare la pura descrizione fenomenologica dei vari meccanismi operanti nei sistemi biologici, ricercandone la spiegazione causale in termini di leggi fondamentali della fisica. L'approccio più comunemente usato è quello di investigare la struttura e la funzione di macromolecole biologiche in soluzione, o comunque utilizzando modelli semplici, applicando le leggi della Fisica alle interazioni intramolecolari ed intermolecolari.

Tra i problemi più studiati: relazione struttura/funzione, stabilità conformazionale (*folding* e *unfolding*, cioè disposizione geometrica tridimensionale di macromolecole e, in particolare, di proteine), ruolo della dinamica (cioè delle varie disposizioni spaziali degli atomi che costituiscono una biomolecola) nella funzione biologica, interazione soluto-solvente ed effetti del solvente su struttura e funzione, meccanismi di regolazione, processi di autorganizzazione.

La capacità delle molecole biologiche di organizzarsi in estese strutture molecolari

viene poi estesamente indagata non solo al fine di conoscere i complessi processi che portano a strutture supramolecolari organizzate con specifiche funzioni biologiche a livello cellulare (problema questo di grande interesse anche dal punto di vista evolutivo), ma anche per la rilevanza che questi processi assumono in molti campi applicativi.

Nello studio di strutture supramolecolari importanti progressi sono stati recentemente fatti grazie allo sviluppo di diverse microscopie innovative, quali alcune microscopie a sonda (STM, *scanning tunnel microscopy*; AFM, *atomic force microscopy*; SNOM, *scanning near-field optical microscopy*), le microscopie ottiche a campo prossimo e confocali nonché alla disponibilità di sorgenti di luce di sincrotrone sempre più brillanti e collimate.

3. Biofisica cellulare

La biochimica cellulare da lungo tempo ha permesso di caratterizzare all'interno della cellula un gran numero di elementi strutturali che operano come piccoli laboratori chimici, provvedendo al mantenimento del metabolismo cellulare, alla propria rigenerazione, ed alla preparazione e sviluppo di quel processo straordinario che è la replicazione cellulare. Mentre ciascuna delle reazioni chimiche che si svolgono all'interno di una cellula può essere (e spesso è) studiata individualmente, ciò che rende una cellula "vivente" è il coordinamento dei processi cellulari fra loro e con gli eventi del mondo esterno (quello che Mario Ageno chiamava «un sistema chimico dotato di programma»).

Tale correlazione è frutto di un intenso traffico di segnali intra- ed extra-cellulari, che vengono continuamente recepiti e tradotti in effetti da strutture a ciò specializzate. Vuoi per il tipo di processi che si stanno rivelando primari in questo traffico, vuoi per il fatto che nella loro indagine le osservabili più facilmente accessibili sono correnti e potenziali elettrici, la comprensione dei meccanismi di funzionamento di tali strutture si sta delineando sempre più come compito della biofisica cellulare.

La metodica squisitamente biofisica del *patch-clamp* ha prodotto una vera rivoluzione nella biologia cellulare; tale tecnica, inventata per confermare direttamente la natura discreta delle strutture (canali ionici) responsabili dell'eccitabilità cellulare (di neuroni e fibre muscolari in particolare), sta aprendo nuovi orizzonti alla comprensione dei meccanismi di comunicazione fra cellule, di interazione della cellula col mondo esterno, e di scambio e interazione fra organuli intracellulari.

Caratteristica d'importanza fondamentale per i sistemi biologici è la *compartimentazione*, poiché senza una separazione fisica dall'ambiente esterno nessun sistema potrebbe aumentare la propria energia libera a scapito di una diminuzione di quella dell'ambiente circostante. In assenza di compartimenti, qualsiasi sistema assumerebbe alla lunga una struttura omogenea e isotropa, con eccezione al più di un numero finito di fasi separate in equilibrio termico e chimico fra loro. Di fatto, i meccanismi che permettono ad un sistema biologico di trasformare materia ed energia assorbite per

perpetuare ed incrementare la propria differenziazione coinvolgono in larga misura processi anisotropi a livello delle superfici chiuse (membrane) che definiscono ciascun compartimento.

Non meraviglia quindi la vasta gamma di funzioni biologiche che sono mediate e regolate da processi di membrana e si spiega l'enorme rilevanza che tali processi hanno assunto nel quadro internazionale della ricerche di biofisica.

4. Biofisica sensoriale

Altra area della Biofisica moderna di particolare importanza e vasto interesse, anche per le possibili applicazioni nel campo dei biosensori, è quella che studia le interazioni tra sistemi viventi e mondo esterno. È esperienza quotidiana, infatti, l'osservare che una delle caratteristiche principali che distinguono gli esseri viventi dalla materia inanimata è, oltre alla capacità di riprodursi e di evolversi, quella di saper rivelare, misurare e rispondere a segnali fisici e chimici provenienti dal mondo esterno. Le informazioni sono poi utilizzate dagli organismi per ottimizzare le proprie condizioni di sopravvivenza (caccia di una preda o fuga da un predatore, ricerca dell'altro sesso, allontanamento da una zona pericolosa per la sopravvivenza ecc.).

I meccanismi fisici, chimici e biochimici fondamentali che sono alla base di questi fenomeni di percezione e trasduzione sensoriale sono abbastanza conservati nel quadro evolutivo. Se si accetta l'ipotesi che la vita sia iniziata con gli organismi unicellulari (batteri, alghe microscopiche, protozoi), è ragionevole pensare che i meccanismi di trasduzione sensoriale degli unicellulari siano stati utilizzati dalle cellule anche per comunicare fra di loro quando si sono evoluti organismi pluricellulari. Questo sembra in effetti essere il caso, come è confermato dalla sostanziale conservazione dei processi di trasduzione del segnale, siano essi segnali provenienti dal mondo esterno o da altre cellule dello stesso organismo.

Sta di fatto che anche sistemi biologici "semplici" (alghe unicellulari, batteri, protozoi ciliati) sono un grado di percepire stimoli ambientali di diversa natura e rispondere con variazioni – ad esempio – del loro stato di moto.

Una delle caratteristiche principali dei sistemi sensoriali che più colpisce è, oltre alla grande varietà, la loro elevata sensibilità. Come rivelatori di segnali, gli organismi biologici sono senza dubbio all'altezza ed in numerosi casi molto migliori dei rivelatori artificiali costruiti fino ad oggi dall'uomo. Inoltre, i sistemi viventi – grazie anche alla ridondanza ed alla possibilità di cammini "vicari" - sono di solito più compatti, più resistenti e più efficienti.

Una delle questioni più interessanti che si pongono nello studio dei sistemi sensoriali è il limite fisico della rilevabilità dei segnali da parte degli organismi viventi; in alcuni casi tali sistemi raggiungono i limiti posti da considerazioni fisiche elementari. Fondamentalmente il limite ultimo alla rilevabilità di un segnale dipende dal suo rapporto con il rumore di fondo. Nel caso degli organismi viventi tale limite è determinato essenzialmente dal loro essere immersi in un bagno termico e quindi dal rumore

termico di fondo. Perché uno stimolo proveniente dall'esterno possa essere rivelato, quindi, occorre che esso costituisca per il sensore un segnale con un'energia almeno paragonabile a quella termica.

5. Sistemi non lineari

Per molto tempo la non linearità dei sistemi biologici, per esempio sensoriali, è stata considerata una deviazione da un comportamento lineare ritenuto normale. Adesso è chiara la non linearità intrinseca di molti processi biologici e che sistemi deterministici non lineari di basse dimensioni possono sviluppare comportamenti apparentemente stocastici, classificati come caos deterministico.

Da allora la teoria del caos è stata applicata con successo a svariati sistemi, dalla meteorologia all'astrofisica, alla biologia e medicina. Nel campo biomedico si sta affermando l'idea che la nozione di caos, nata dall'analisi di modelli matematici a bassa dimensione, si adatti bene allo studio di sistemi altamente complessi, come il tessuto cardiaco o le reti neurali, per quanto sia ancora dibattuta la questione se il caos è associato con lo stato fisiologico o patologico.

6. La biofisica in Italia

Anche in Italia l'attenzione dei fisici nei confronti della Biologia andò ben oltre una curiosità di tipo culturale (Mario Ageno nel 1946 tradusse in italiano il saggio di Schrödinger, *Cos'è la vita?*) e comportò sia impegno fattivo nell'attività di ricerca che coraggio e lungimiranza intellettuali nella fondazione di scuole di pensiero.

In particolare, nel CNR, durante la Presidenza di Giovanni Polvani, quando fu varato il programma delle Imprese, si costituirono gruppi in cui ricercatori di diversa estrazione culturale (fisici, biologi, chimici) affrontavano da un punto di vista interdisciplinare i problemi della biofisica, cominciando ad elaborare nuovi approcci metodologici.

Alla fine degli anni sessanta del secolo scorso, scienziati lungimiranti e di grande autorevolezza scientifica come Carlo Franzinetti ed Adriano Gozzini prima ed Alessandro Checucci dopo a Pisa, Antonio Borsellino a Genova, Eduardo Caianiello a Napoli, Mario Ageno e Giorgio Careri a Roma, letteralmente inventarono e crearono gruppi di lavoro, forse a volte un poco improvvisati e scientificamente avventurosi, ma animati da grande entusiasmo e spirito di intraprendenza nei quali ricercatori di diversissima estrazione culturale (fisici, biologi, chimici, matematici, ingegneri, medici) s'impegnavano ad affrontare in maniera interdisciplinare i problemi della Biofisica.

Penso sia significativo e non casuale che l'esigenza di interdisciplinarietà ed integrazione scientifica, imposte dalla natura stessa delle problematiche biofisiche e dalla varietà delle tecniche sperimentali e teoriche che debbono essere utilizzate, venisse pienamente soddisfatta proprio dalle strutture di ricerca del CNR. E quello della Biofisica non è un caso isolato (anche se particolarmente significativo per una profonda mancanza di "cultura biofisica", come la chiamava Giorgio Careri, nel mondo accademico italiano di quegli anni): il CNR è stato il terreno culturale ed organizzativo nel quale

oltre alla Biofisica, altre scienze di frontiera sono nate e si sono sviluppate (le Scienze dell'Informazione, la Biologia Molecolare, la Geotermia, le Neuroscienze e le Scienze della Cognizione, la Struttura della Materia, per non citarne che alcune).

- A Pisa, Genova e Napoli nascevano i Laboratori del CNR che sarebbero poi stati tra gli Istituti di riferimento per la ricerca Biofisica nel contesto nazionale ed internazionale.
- Adriano Buzzati Traverso, su iniziativa del quale erano stati avviati a Pavia – nel 1959 - i primi studi sugli effetti biologici delle radiazioni (che aprirono anche la strada agli studi sull'origine della vita e l'evoluzione prebiotica), assieme ad Alfonso Maria Liquori ispirava e guidava innovativi e brillanti approcci integrati agli studi nel campo della genetica molecolare, della biologia molecolare e della biofisica. Il successo di queste attività trovò poi, nel 1962, coronamento nella fondazione del Laboratorio Internazionale di Genetica e Biofisica del CNR di Napoli da parte dello stesso Adriano Buzzati Traverso.
- Più tardi, nel 1980, anche a Palermo nascevano, anche grazie ai suggerimenti ed al sostegno di Edoardo Amaldi, le prime attività di ricerca in Biofisica nel CNR.

Oggi gli oggetti di studio dei biofisici (in tutti gli Enti ed Università) vanno dalle proteine e acidi nucleici alle strutture sopramolecolari, dalle cellule nervose alle piante superiori, dai microrganismi (fotosintetici e non) alle cellule in coltura, queste ultime isolate dagli organismi più diversi. I ricercatori e le strutture coprono argomenti e metodologie complementari ad ampio raggio e ciò permette un approccio integrato e multidisciplinare affrontato con metodi moderni e non univoci che garantiscano una lettura dei processi biologici in grado di superare interpretazioni puramente descrittive.

Molti dei problemi affrontati sono gli stessi problemi in organismi anche molto diversi, il che dimostra, se ancora fosse necessario, che i problemi rilevanti nello studio della struttura, funzione ed evoluzione dei viventi sono della stessa natura (anche se su differenti scale di complessità) sia nei microrganismi, che nelle piante e negli animali superiori, inclusa la specie umana.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., Dossier Biofisica, *Sapere*, pp. 6-47, ottobre 2001.
- Ageno, M., *Introduzione alla biofisica*, Mondadori, Milano 1975.
- Ageno, M., *Elementi di fisica*, Bollati Boringhieri, Torino 1976.
- Colombetti, G., Lenci, F., Biofisica: scienza di frontiera, *Sapere*, pp. 6-11, aprile 1998.
- Delbrück, M., *La materia e la mente*, Einaudi, Torino 1993.
- Schrödinger, E., *Che cos'è la vita? La cellula vivente dal punto di vista fisico*, Adelphi, Milano 1995 (nuova edizione basata sulla trad. it. a cura di M. Ageno).

DARWINISMO SOCIALE: UN'INVENZIONE DEGLI ECONOMISTI?

MARIA TURCHETTO

Università "Ca' Foscari" di Venezia

Premessa

Mi occupo di *scienze sociali*: ma è stato impossibile farlo seriamente senza occuparmi anche delle *scienze naturali*, poiché sono moltissime le influenze reciproche tra questi due campi del sapere. Dal momento che la nostra cultura – quella italiana in particolare – tende a tenere questi campi separati, non sempre è chiara la direzione in cui si esercita tale influenza: sono le scienze sociali a influenzare le scienze naturali o viceversa? Viceversa – si pensa in genere, perché le scienze naturali sembrano costituire un modello di scientificità più forte, dunque, in qualche modo, un modello da imitare. Così, quando si parla di *darwinismo sociale*, si pensa a un'applicazione della teoria di Darwin alla società. Ma non è esatto: il darwinismo sociale è piuttosto una teoria sociale che strumentalizza il nome di Darwin e la sua fama di grande scienziato per sostenere tesi già elaborate al di fuori del campo della biologia e sulla base di un'idea di "evoluzione" molto lontana da quella darwiniana.

Delle scienze sociali ci si occupa poco nella scuola italiana. Nei licei è contemplato l'insegnamento delle *scienze naturali* – fisica, chimica, biologia, cioè discipline che si occupano della natura sotto vari aspetti, sotto diverse specializzazioni – e quello della *filosofia*. Eppure economia, diritto, sociologia sono anch'esse branche del sapere che si sono separate, specializzandosi, dal vecchio tronco di un sapere chiamato *filosofia morale* – così come fisica, chimica biologia si sono rese autonome dal vecchio tronco della *filosofia naturale*. Quest'ultima è rimasta in piedi fino ai nostri giorni, un po' incongruamente, come filosofia da "tuttologi", godendo della fama, spesso immeritata, di sapere superiore rispetto alle scienze sociali, con la conseguenza che alcuni personaggi interessanti, di cui vorrei parlare in questa lezione, sono stati tolti dai manuali di filosofia per finire nei manuali di storia del pensiero economico – manuali che si studiano solo all'università, e sempre che ci si iscriva a una facoltà di economia, e anche in questo caso non è detto... Mi riferisco a personaggi come Adam Smith, Malthus, Ricardo che vengono considerati *economisti* a tutti gli effetti – anche se a quei tempi le cattedre di economia non erano ancora state inventate (Smith insegnava, per l'appunto, filosofia morale). Il pensiero di questi economisti è molto importante per ricostruire l'origine del *darwinismo sociale* e per capire l'effettiva relazione tra questa corrente di pensiero e la teoria dell'evoluzione darwiniana.

1. La “fisiocrazia”: *progresso della società e perfezionamento degli uomini*

Chi sono e quando compaiono sulla scena gli *economisti*? Nel campo della storia del pensiero economico, una leggenda – o una convenzione – vuole che la “scienza economica” inizi da un Adamo di nome Smith e coincida con la pubblicazione della sua opera più celebre, *La ricchezza delle nazioni*, nel 1776. In realtà quest’opera contiene tutta una serie di critiche rivolte ad autori precedenti: Adam Smith, dunque, sapeva benissimo di non essere il primo a occuparsi del problema della *ricchezza*, oggetto appunto della scienza economica. Per il nostro argomento interessa, in particolare, la critica che Smith rivolge ai cosiddetti *fisiocratici* – un gruppo di studiosi attivi in Francia intorno alla metà del Settecento, che avevano in realtà coniato per se stessi il nome di “economisti”. Sono passati alla storia con il nome di “fisiocratici” perché sostenevano che solo la *natura* ha il *potere* di produrre ricchezza: solo i processi naturali della generazione e della crescita *creano* nuova ricchezza, dunque solo i settori economici dell’agricoltura e dell’allevamento sono realmente produttivi, mentre la manifattura si limita a modificare la forma di ciò che la natura fornisce, tanto che gli artigiani sono definiti “classe sterile”.

Tocchiamo qui un punto importante di contatto tra gli studi condotti da (proto-)economisti e gli studi condotti da (proto-)biologi: entrambe le elaborazioni teoriche hanno alla base il sapere pratico costituito dalle *tecniche di allevamento e coltivazione*. Sappiamo che l’attenta analisi di queste pratiche è importantissima per Darwin, così come lo sarà per Mendel e la fondazione della genetica; ma è altrettanto importante per Condorcet, Turgot (autori che si ispirano alla scuola fisiocratica), così come lo saranno per Malthus e per Ricardo.

Ho nominato Condorcet, autore del *Quadro storico dei progressi dello spirito umano*, del 1795, e vale la pena soffermarsi brevemente su questo illuminista, fautore dell’idea di *progresso*, nozione che egli considera la chiave per lo studio delle società umane. L’importanza dell’idea di progresso per lo studio della società è ben evidenziata da un altro autore del periodo in esame, Anne Robert Jaques Turgot, esponente della scuola fisiocratica (la sua fama di economista è legata al volumetto *Riflessione sulla formazione e distribuzione delle ricchezze*, del 1770) e ministro delle finanze in Francia dal 1774 al 1776. Scrive Turgot:

I fenomeni della natura, assoggettati a leggi costanti, sono racchiusi in un cerchio di rivoluzioni che sono sempre le stesse. Tutto rinasce, tutto perisce; e, in queste successive generazioni per cui i vegetali e gli animali si riproducono, il tempo non fa che rendere ad ogni istante l’immagine di ciò che ha fatto scomparire.

Il succedersi degli uomini, al contrario, offre di secolo in secolo uno spettacolo mutevole. La ragione, le passioni, la libertà producono incessantemente nuovi eventi [...]. Vediamo costituirsi delle società, formarsi delle nazioni che di volta in volta dominano e sono soggette ad altre nazioni. Gli imperi nascono e crollano. Le leggi, le forme di governo si succedono le une alle altre. Le arti, le

scienze sono di volta in volta scoperte e perfezionate; di volta in volta ritardate o accelerate nei loro progressi, passano di clima in clima. L'interesse, l'ambizione, la vanagloria cambiano ad ogni istante la scena del mondo, irrorano la terra di sangue. Tuttavia, nel mezzo delle loro devastazioni, i costumi s'ingentiliscono, l'intelletto umano si rischiarà, le nazioni isolate si riaccostano le une alle altre e il commercio e la politica ricongiungono infine tutte le parti del globo *e l'intera umanità, attraverso alterni periodi di calma e di tensione, di benessere e di sventure, procede sempre, benché a passi lenti, verso una maggiore perfezione.*¹

Dunque la natura presenta leggi costanti, perciò conoscibili; mentre la società degli uomini varia e si trasforma in una direzione costante – quella del progressivo perfezionamento –, perciò conoscibile.

Nel *Quadro storico*, Condorcet si propone appunto di studiare la storia della società umana per capire quali fenomeni ostacolano il progresso e quali invece lo favoriscono: con questa conoscenza, sarà possibile orientare la società verso un più rapido progresso. Condorcet è un sincero *progressista* (chi più di lui?), interessato al benessere e al miglioramento della condizione di tutti gli uomini. E tuttavia la sua trattazione contiene due elementi, per così dire, 'inquietanti'.

In primo luogo, Condorcet ritiene che tutti i popoli percorrano gli *stessi stadi di sviluppo*, da una condizione primitiva alla civiltà (utilizza una metafora organica molto comune: il percorso della civilizzazione è simile a quello che conduce dal bambino, all'adolescente, all'adulto). Perciò, per conoscere qualcosa della nostra *preistoria* (vale a dire del periodo di cui non possediamo testimonianze scritte) dobbiamo studiare i popoli attualmente *primitivi*: quelli in cui gli europei si sono imbattuti nel corso dei viaggi di scoperta. L'elemento che ho definito "inquietante" consiste nel catalogare senz'altro come *primitivo* ciò che è *diverso*. È un vizio che gli occidentali non hanno ancora perso ...

Alla fine del saggio, nell'ultimo capitolo, Condorcet svolge la seguente riflessione. Lo "spirito umano" indubbiamente progredisce; può l'uomo progredire e perfezionarsi anche fisicamente? La pratica dell'allevamento degli animali domestici – conclude – dimostra che ciò è possibile:

La perfettibilità o la degenerazione organica delle specie nei vegetali e negli animali può essere considerata come una delle leggi generali della natura.

Questa legge vale anche per la specie umana. Nessuno può certamente dubitare che i progressi della medicina terapeutica, l'uso di abitazioni e di alimenti più sani, un sistema di vita che sviluppi le forze tenendole in esercizio, ma senza eccessi controproducenti ed, infine, l'abolizione delle cause più pericolose di distruzione, la miseria e l'eccessiva ricchezza, possano prolungare per gli uomini la durata della vita, assicurar loro una salute più costante e una costituzione più robusta.[...]

Ma le facoltà fisiche, la forza, l'abilità, la sensibilità, non sono forse nel novero di quelle qualità il cui perfezionamento individuale può essere trasmesso? Le osservazioni sulle diverse specie di animali domestici deve portarci a crederlo².

L'elemento 'inquietante', in questo programma sinceramente progressista, è la presenza di una vaga tentazione di *allevare uomini...*

2. Le cause della ricchezza: l'ottimismo di Adam Smith

Un accenno ad Adam Smith, anch'egli sincero "progressista". Il progresso, e soprattutto il progresso economico, cioè la crescita della ricchezza, secondo Smith è dovuto essenzialmente alla divisione del lavoro. Smith sostiene, in polemica con la scuola fisiocratica, che il *lavoro*, e non la *natura*, è la fonte (la "causa") della ricchezza. E il principio che rende il lavoro sempre più produttivo di ricchezza è la divisione del lavoro:

La causa principale del progresso nelle capacità produttive del lavoro, nonché della maggior parte dell'arte, destrezza e intelligenza con cui il lavoro viene svolto e diretto, sembra sia stata la divisione del lavoro³

La divisione del lavoro, secondo Smith, non risponde a un disegno consapevole dell'uomo:

Questa divisione del lavoro, da cui tanti vantaggi sono derivati, non è in origine il risultato di una consapevole intenzione degli uomini, che preveda la generale prosperità che ne risulta. Si tratta invece di una conseguenza necessaria, per quanto assai lenta e graduale, di una particolare inclinazione della natura umana che non si preoccupa certo di un'utilità così estesa: l'inclinazione a trafficare, a barattare e a scambiare una cosa con l'altra⁴.

Questa inclinazione naturale, che "è comune a tutti gli uomini e non si trova nelle razze animali"⁵, conduce inconsapevolmente, in un mercato divenuto sufficientemente ampio, a un altro risultato positivo: la perequazione delle ragioni di scambio, dunque dei prezzi delle merci, che tendono a coincidere con il tempo di lavoro necessario alla loro produzione. Anche i "prezzi naturali", dunque, non sono il risultato di un disegno sovraordinato, ma l'esito di tanti comportamenti individuali che hanno in realtà tutt'altri fini. È la celebre idea della "mano invisibile" che trasforma comportamenti egoistici individuali in risultati utili per la collettività:

Non è dalla benevolenza del macellaio, del birraio e del fornaio che ci aspettiamo il nostro desinare, ma dalla considerazione del loro interesse personale. Non ci rivolgiamo alla loro umanità, ma al loro egoismo [...] [l'individuo] è condotto da una mano invisibile a promuovere un fine che non entrava nelle sue intenzioni⁶.

Smith è ottimista: il progresso della divisione del lavoro, che conosce un'accelerazione eccezionale con la rivoluzione industriale che si sta svolgendo davanti ai suoi occhi, porterà un aumento della *produzione* di ricchezza che in ultima analisi avvantaggerà tutti, anche se permangono disuguaglianze nella *distribuzione* della ricchezza.

3. Le cause della miseria: il pessimismo di Malthus

Con Thomas Robert Malthus l'economia politica vira bruscamente dall'ottimismo al pessimismo. Malthus è il teorico della *miseria*, colui che trasforma l'economia in una

“scienza triste”⁷. In effetti, tra la fine del XVIII e l’inizio del XIX secolo, la rivoluzione industriale, le connesse trasformazioni dell’agricoltura e da ultimo la vicenda delle guerre napoleoniche portarono in Inghilterra fame, carestia e povertà: poveri dappertutto, come testimonia la letteratura dell’epoca e una sterminata pubblicistica che si interroga sulle cause della povertà. Karl Polanyi rende assai bene questo clima:

Alla vigilia della maggiore rivoluzione industriale della storia, non si manifestavano segni premonitori. Il capitalismo arrivava senza essere annunziato. Nessuno aveva previsto lo sviluppo di un’industria meccanizzata: essa giunse completamente di sorpresa. Da qualche tempo l’Inghilterra si attendeva una recessione permanente del commercio estero, quando la diga scoppiò ed il vecchio mondo fu spazzato via da un’irrefrenabile ondata verso un’economia planetaria [...] Fino al 1785 l’opinione pubblica inglese non si rendeva conto di alcun cambiamento fondamentale nella vita economica tranne che per un improvviso aumento del commercio e lo sviluppo della miseria.

Da dove vengono i poveri? Questa era la domanda posta da una quantità di pamphlets che s’infoltiva con l’avanzare del secolo. Le cause della miseria e i mezzi per combatterla potevano difficilmente rimanere al di fuori di una letteratura che era ispirata dalla convinzione che soltanto se i mali più evidenti della miseria potevano essere alleviati essa avrebbe cessato di esistere del tutto. Su di un punto sembra esservi stato un accordo generale e cioè sulla grande varietà di cause che spiegavano il fatto di questo aumento. Tra queste era la scarsità di grano, i salari agricoli troppo elevati che causavano alti prezzi dei prodotti alimentari; salari agricoli troppo bassi, salari urbani troppo alti, irregolarità del lavoro nelle città; scomparsa della classe dei piccoli proprietari terrieri, inettitudine del lavoratore urbano per le attività rurali, riluttanza degli agricoltori a pagare salari più elevati, timore da parte dei proprietari che le rendite sarebbero state ridotte se si fossero pagati salari più elevati, incapacità della workhouse di competere con la macchina, mancanza di economia di tipo familiare, abitazioni disadatte, cattiva alimentazione ed uso di droghe. Alcuni scrittori criticavano un nuovo tipo di bestiame ovino, altri i cavalli che avrebbero dovuto essere sostituiti con i buoi, altri ancora sostenevano che si dovessero mantenere meno cani.

Alcuni sostenevano che i poveri dovessero mangiare di meno o non mangiare pane mentre altri ritenevano che anche il nutrirsi “del pane migliore non avrebbe dovuto rappresentare un’accusa contro di loro”. Si sosteneva che il tè danneggiasse la salute di molti poveri mentre la “birra fatta in casa” l’avrebbe ristabilita. Coloro che si sentivano più impegnati da questo argomento sostenevano che il tè non faceva meglio dei liquori più a buon mercato. Quarant’anni dopo Harriet Martineau credeva ancora nel sostenere i vantaggi dell’abbandono dell’abitudine del tè per alleviare la miseria⁸.

Oggi sappiamo che il pauperismo dell’Inghilterra dell’epoca derivava essenzialmente da processi in atto nelle campagne (messa a pascolo di terreni precedentemente coltivati, *enclosures*, eliminazione delle terre comuni)⁹. Malthus, anziché una spiegazione

di tipo storico, dà del problema della povertà una spiegazione in chiave naturalistica: la miseria, secondo lui, è un'inevitabile piaga naturale, dovuta al "principio di popolazione", cioè all'andamento demografico che fa crescere la popolazione in progressione *geometrica* mentre le risorse agroalimentari crescono in progressione *aritmetica*.

Penso di potere formulare in tutta onestà due postulati.

Primo, Che il cibo è necessario all'esistenza dell'uomo.

Secondo, Che la passione tra i sessi è necessaria e che press'a poco resterà nello stato attuale.

Sin dal più lontano passato dell'umanità, queste due leggi paiono esser state leggi fisse della nostra natura; e poiché fino ad ora non abbiamo mai osservato una loro alterazione, non abbiamo il diritto di pensare che esse mai cesseranno di funzionare [...]

Considerando dunque ammessi i miei postulati, affermo che il potere di popolazione è infinitamente maggiore del potere che ha la terra di produrre sussistenza per l'uomo.

La popolazione, quando non è frenata, aumenta in progressione geometrica. La sussistenza aumenta soltanto in progressione aritmetica. Una familiarità anche superficiale con i numeri mostrerà l'immensità del primo potere a paragone con il secondo.

Per quella legge della nostra natura che rende il cibo necessario alla vita dell'uomo, gli effetti di questi due poteri ineguali debbono essere mantenuti eguali.

Ciò implica l'esistenza di un freno forte e costantemente operante che agisce sulla popolazione per la difficoltà di sussistenza. Questa difficoltà deve risentirsi in qualche luogo, ed è necessariamente sentita in modo grave da una larga parte dell'umanità.

Attraverso i regni animale e vegetale, la natura ha sparso dappertutto i semi della vita con mano quanto mai prodiga e generosa. Essa è stata relativamente parsimoniosa nel fornire lo spazio e il nutrimento necessario per allevarli. I germi di vita contenuti in questo pezzetto di terra, con abbondante cibo e spazio per espandersi, riempirebbero milioni di mondi nel corso di poche migliaia di anni. Ma la necessità, questa imperiosa legge di natura che tutto pervade, li limita entro i confini prescritti. La razza delle piante e la razza degli animali si contraggono sotto questa grande legge restrittiva. E la razza umana non può sfuggirle per quanti sforzi faccia con la sua ragione. Tra le piante e gli animali i suoi effetti sono la dispersione del seme, la malattia e la morte prematura. Tra gli esseri umani, la miseria e il vizio. Il primo, la miseria, ne è una conseguenza assolutamente necessaria¹⁰.

Malthus svolge questa argomentazione in diretta polemica con l'idea di "perfettibilità" della condizione umana enunciata da Condorcet:

Questa naturale diseuguaglianza dei due poteri, di popolazione e di produzione da parte della terra, e quella grande legge della nostra natura che costantemente deve mantenere in equilibrio i loro effetti, costituiscono la grande difficoltà, che a me pare insormontabile, sulla via che conduce alla perfettibilità della

società. Tutte le altre argomentazioni sono di importanza scarsa e subordinata a paragone di questa. Non vedo alcuna via per la quale l'uomo possa sfuggire al peso di questa legge che pervade tutta la natura animata. Nessuna sognata forma di eguaglianza, nessuna legge agraria spinta al massimo grado, potrebbero rimuovere la pressione anche per un solo secolo. Ed essa appare dunque decisiva per negare la possibile esistenza di una società nella quale tutti i suoi membri possano vivere con agio, felicità e relativo ozio e riposo, e non sentire l'ansia di procurare mezzi di sussistenza per sé e per le proprie famiglie¹¹.

La miseria, dunque, è inevitabile e non dipende dall'organizzazione sociale. Dio stesso la vuole, per stimolare e migliorare l'uomo:

Se la popolazione e gli alimenti fossero aumentati al medesimo saggio di incremento, è probabile che l'uomo non sarebbe mai uscito dallo stato selvaggio [...] Sembra assai probabile che anche le difficoltà provocate dalla legge della popolazione tendano più a promuovere che a ostacolare il compimento del fine generale della Provvidenza. Tali difficoltà stimolano universalmente gli sforzi e contribuiscono a creare quell'infinita varietà di situazioni, e perciò di impressioni, che sembra nel complesso la condizione più favorevole allo sviluppo della mente. [...] Gli sforzi che gli uomini si trovano costretti a compiere per mantenere se stessi o le loro famiglie spesso risvegliano facoltà che altrimenti sarebbero potute rimanere per sempre inattive; e spesso si è rilevato che situazioni nuove e fuori dell'ordinario creano di solito menti adeguate a far fronte alle difficoltà in cui si trovano implicate¹².

La divina provvidenza non ha voluto, per l'uomo, una vita facile. L'uomo deve lottare per sopravvivere e *nella lotta per la sopravvivenza vincono i migliori* – i migliori secondo i valori “borghesi” dell'epoca, cioè i laboriosi, i parsimoniosi, coloro che sono previdenti e hanno iniziativa.

Lo spirito del “darwinismo sociale” è già tutto nell'impostazione malthusiana: la vita (economica) è competizione, nella competizione prevalgono i migliori e soccombono gli incapaci, dunque la competizione tra uomini migliora la società... Come si vede, Malthus mantiene un'idea di *progresso*, ma ne dà una formulazione pessimistica.

4. Le influenze degli economisti sul pensiero di Darwin

E Darwin? Sicuramente – per sua esplicita ammissione – è influenzato da Malthus:

Inevitabilmente una lotta per l'esistenza consegue al veloce ritmo col quale tutti gli organismi viventi tendono ad aumentare di numero.

Ciascuno degli esseri, che nei termini della sua esistenza naturale produce parecchie uova o semi, è destinato a subire una decimazione in qualche momento della vita, o in determinate stagioni, od occasionalmente nel corso degli anni. Diversamente, in conformità al principio dell'accrescimento del numero in ragione geometrica, in breve giungerebbe ad una così disordinata sovrabbondanza numerica da non poter essere sostenuto da nessun paese. Quindi, siccome nascono più individui di quanti ne possano sopravvivere, in ogni caso vi deve essere una lotta per l'esistenza, sia tra gli individui della stessa

specie sia tra quelli di specie differenti, oppure con le condizioni materiali di vita. È questa la dottrina di Malthus in un'energica e molteplice applicazione estesa all'intero regno animale e vegetale. Infatti, in questo caso, non vi può essere né un incremento artificiale della quantità di alimenti, né un'astensione a scopo prudenziale dal matrimonio. Sebbene attualmente alcune specie stiano aumentando più o meno rapidamente di numero, non tutte possono farlo perché il mondo non potrebbe mantenerle. [...]

Quindi possiamo affermare con sicurezza che tutte le piante e gli animali tendono a moltiplicarsi in ragione geometrica, che tutti finirebbero con il saturare ogni regione in cui potessero esistere in qualunque modo e che la tendenza all'aumento ad andamento geometrico deve essere frenata dalla distruzione in qualche età della vita. Secondo me, la miglior conoscenza che abbiamo degli animali domestici più grandi tende a indurci in errore: non ci pare che siano colpiti da notevoli distruzioni e dimentichiamo che ogni anno sono macellati a migliaia a scopo alimentare e che, allo stato di natura, un numero di individui altrettanto grande sarebbe eliminato in un modo o nell'altro¹³.

Tuttavia nell'impostazione di Darwin non c'è nessun *disegno provvidenziale* – Darwin rifiuta l'idea che un dio possa aver concepito e consentito la crudeltà che caratterizza la natura:

Che libro potrebbe scrivere un Cappellano del Diavolo sul lavoro della natura, così maldestro, dispendioso, grossolanamente meschino e orribilmente crudele!¹⁴

Proprio per evitare l'idea di un disegno provvidenziale alle spalle del meccanismo della selezione naturale, Darwin si ispira a un altro economista, Adam Smith: Stephen J. Gould, autore di una straordinaria rilettura dell'opera di Darwin, sottolinea come il naturalista inglese utilizzi il modello smithiano della “mano invisibile” per “immaginare un meccanismo (la selezione naturale) che possa ammettere la fenomenologia di Paley (il buon progetto degli organismi e l'armonia degli ecosistemi) pur invertendone i fondamenti causali nella forma più radicale tra tutte quelle concepibili”¹⁵.

Nell'impostazione darwiniana dell'evoluzione delle specie, inoltre, non c'è l'idea di *progresso*: c'è piuttosto una *deriva* delle specie lungo direzioni diversificate ma non gerarchizzate. E non sopravvive “il migliore”, bensì “il più adatto” a circostanze e ambienti contingenti.

Quanto alla società umana, parlandone nell'*Origine dell'uomo* molti anni dopo la pubblicazione dell'*Origine delle specie*, Darwin non porrà affatto al centro la *competizione* come valore adattativo, semmai, al contrario, la *solidarietà*, la “simpatia” che si sviluppa già in alcuni gruppi animali a partire dalla base naturale delle cure parentali e arriva nell'uomo a una incredibile estensione, non ancora esaurita.

Col progredire dell'uomo verso la civiltà e l'unificarsi delle tribù in comunità più ampie, la più semplice ragione dovrebbe dire a ciascun individuo che egli

dovrebbe estendere i suoi istinti sociali e le simpatie a tutti i membri della stessa nazione, anche se a lui personalmente ignoti. Raggiunto questo punto, vi è solo una barriera artificiale che gli impedisce di estendere le sue simpatie agli uomini di tutte le nazioni e razze ... La simpatia oltre i confini umani, cioè l'umanità verso gli animali inferiori, sembra che sia una delle ultime acquisizioni morali ... Questa virtù, una delle più nobili di cui sia provvisto l'uomo, sembra che sorga per caso dalle nostre simpatie, che si vengono sempre più teneramente e ampiamente diffondendo, fino a che si estendono a tutti gli esseri viventi¹⁶.

5. Lo spirito del tempo: Spencer, Galton e le vere fonti del darwinismo sociale

Quando, dopo molte prudenze e reticenze, *L'origine delle specie* vede la luce, lo "spirito del tempo", non è quello di Darwin. È quello di una società che celebra i fasti del "progresso" industriale (tacendone l'alto costo sociale) e della competizione sul mercato. Darwin, di conseguenza, non viene capito: si accreditano infatti versioni dell'evoluzionismo molto lontane dall'impostazione darwiniana, improntate all'idea di *progresso* e a un forte *individualismo* – proiettato senza troppi complimenti dalla società borghese al mondo della natura. Di più: Darwin viene strumentalizzato dal successivo "social-darwinismo" e messo al servizio delle ideologie sociopolitiche dell'epoca. Due sono le direzioni in cui si compie questa strumentalizzazione.

La prima mette capo a un'apologia del mercato e della concorrenza: è soprattutto il sociologo Herbert Spencer a percorrere questa via. L'evoluzionismo di Spencer, coevo a quello di Darwin, ne è molto lontano: non è una *teoria scientifica* formulata a partire da un vasto materiale empirico, quanto una *metafisica* che cerca in un principio generale – il formarsi progressivo di un ordine che va dal semplice al complesso – la spiegazione di ogni fenomeno sia naturale, sia storico e sociale. Ma a Spencer il nome di Darwin fa comodo per fornire una base "scientifica" alle idee liberiste: il modello biologico della competizione ed eliminazione dei meno adatti viene utilizzato per giustificare e naturalizzare i meccanismi che reggono la società di mercato.

Le opere di Spencer ebbero un enorme successo, specialmente i *Principi di sociologia* del 1876: "Non è per nulla eccessivo – scrive Patirck Tort, studioso che ha particolarmente contribuito a distinguere Darwin dall'evoluzionismo non darwiniano – riconoscere in quest'opera, malgrado le sue troppe evidenti debolezze teoriche, il sistema filosofico più potente dell'Occidente liberale fino alla comparsa dell'opera di Marx"¹⁷. Darwin finì con l'essere letteralmente confuso con Spencer e l'identificazione tra lotta per la vita e concorrenza fu data per scontata. Eppure, poco dopo la pubblicazione dell'*Origine delle specie*, Darwin aveva scritto all'amico Charles Lyell:

Un giornale di Manchester ha ridicolizzato la mia teoria, affermando che io avrei dimostrato che la ragione è del più forte e pertanto che Napoleone è nel giusto e che ogni commerciante che raggira i clienti è nel giusto¹⁸.

La seconda direzione ha un esito ancora più terribile: la teoria dell'evoluzione –

sempre in una versione improntata all'idea di progresso, ma ancora spacciata per darwiniana – viene utilizzata per giustificare il *razzismo* nella sanguinosa età dell'imperialismo che si apre alla fine del XIX secolo. Francis Galton viene spesso indicato come capostipite di questa “seconda grande deviazione inflitta alla teoria darwiniana”¹⁹. Più in generale, in quest'epoca si afferma un'idea *gerarchica* dell'evoluzione che viene applicata ai gruppi umani, catalogati in inferiori e superiori in base alla minore o maggiore vicinanza al tipo dell'uomo bianco europeo, considerato il vertice dello sviluppo umano. Gli “inferiori” – categoria in cui ricadono tutti gli emarginati sociali, dai negri alle donne ai criminali – vengono considerati come “immaturi”, rimasti fermi a uno stadio primitivo dello sviluppo – sviluppo che solo il maschio adulto bianco avrebbe pienamente conseguito.

Questa impostazione ricevette un notevole sostegno da una teoria elaborata nell'ambito dell'embriologia, il cosiddetto “ricapitolazionismo”: Ernst Haeckel, in particolare, suggerì che “l'ontogenesi ricapitola la filogenesi”, ossia lo sviluppo dall'embrione all'individuo adulto ripercorre una serie di stadi corrispondenti alle fasi dell'evoluzione delle specie, dagli organismi monocellulari a quelli più complessi. L'ottica, chiaramente, non è quella darwiniana della *deriva* delle specie, ma quella spenceriana del *progresso* dal semplice al complesso. Il risultato fu la descrizione dei gruppi sociali subordinati come “primitivi” e delle devianze sociali come “atavismi”.

La teoria servì, in primo luogo, come giustificazione dell'imperialismo:

L'adulto che conserva i più numerosi tratti fetali, infantili o scimmieschi è indubbiamente inferiore a colui il cui sviluppo è progredito oltre essi [...]. Misurati con questi criteri, gli europei, cioè la razza bianca, stanno in testa alla lista, mentre gli africani, cioè i negri, stanno in fondo²⁰.

I selvaggi sono bambini in molti aspetti o, a causa della maturità sessuale, più appropriatamente adolescenti dalle dimensioni adulte²¹.

E se i selvaggi sono bambini, è giusto che gli adulti europei esercitino su di essi una benevola tutela... La stessa cosa viene sostenuta, del resto, anche per le donne, considerate infantili e quindi ataviche:

Il corpo e l'anima della donna sono fileticamente più vecchi e più primitivi, mentre l'uomo è più moderno, variabile e meno conservatore. Le donne sono sempre inclini a conservare i vecchi costumi e i vecchi modi di pensare²².

Anche le donne, dunque, vanno tutelate e dirette dai “fileticamente” più evoluti maschi. Infine, anche la criminalità viene ricondotta all'atavismo. Questa via verrà percorsa soprattutto da Cesare Lombroso. Ma fu soprattutto Galton a tradurre questa impostazione in un programma di eugenetica:

Poichè la selezione naturale assicura nell'insieme del mondo vivente la diversità delle specie e la promozione dei più adatti a partire dal vaglio delle selezioni vantaggiose, la stessa cosa dovrebbe prodursi nella società umana nei confronti dei caratteri intellettuali. Ora, la civilizzazione avanzata ostacola il libero gioco

della selezione naturale in quanto permette una protezione e una riproduzione delle esistenze mediocri. È quindi necessario intraprendere un'azione di selezione artificiale istituzionale per compensare questo deficit²³.

Questa posizione è lontanissima da quella di Darwin, che – come si è visto – interpretava la “civilizzazione” all’opposto in termini di ampliamento dei sentimenti di solidarietà e simpatia e dei comportamenti di protezione dei deboli. Sappiamo invece che la tentazione di applicare agli uomini criteri di “allevamento” – dunque politiche eugeniste – era presente nel pensiero sociale fin dal XVIII secolo.

Sarebbe opportuno smettere di designare le apologie del mercato e le giustificazioni del razzismo che si formano tra il XIX e il XX secolo con l’ambiguo termine di “darwinismo sociale” e parlare piuttosto di “spencerismo sociale” o “galtonismo sociale”, rintracciando le radici di queste concezioni nel pensiero sociale e politico anziché farne carico alla biologia.

NOTE

¹ [13], pp. 5–6; corsivo mio.

² [1], pp. 228–230.

³ [10], p. 66.

⁴ [10], p. 72.

⁵ *Ibidem.*

⁶ [10], p. 101.

⁷ Con riferimento appunto alla teoria malthusiana, lo storico e filosofo scozzese Thomas Carlyle ribattezzò la scienza economica.

⁸ [9], pp. 113–118.

⁹ La prima ricostruzione di questi processi si deve a Karl Marx, nel cap. 24 del libro primo de *Il Capitale*; ma si veda anche [11].

¹⁰ [7], pp. 12–14.

¹¹ [7], p. 15.

¹² [7], p. 175.

¹³ [3], pp. 88–89.

¹⁴ Cfr. [2].

¹⁵ [6], p. 80.

¹⁶ Cfr. [4].

¹⁷ [11], pp. 61–62.

¹⁸ *Ch. Darwin to Ch. Lyell*, in [5].

¹⁹ [12], p. 64.

²⁰ Così si esprimeva un antropologo americano, D. G. Brinton, in un'opera del 1890 dal titolo *Races and Peoples*, citato in [6], p. 121. Su questo stesso argomento, si veda nello stesso [6] il capitolo "La scimmia che è in tutti noi: la ricapitolazione", pp. 119–127.

²¹ Così G. Stanley Hall, psicologo americano, in un testo del 1904 citato in [6], p. 122.

²² Ancora G. Stanley Hall, citato in [6], p. 123.

²³ Citato in [6], p. 68.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Condorcet, *Quadro storico dei progressi dello spirito umano* (1794), Rizzoli, Milano 1989.
- [2] Darwin, Charles, *Viaggio di un naturalista intorno al mondo* (1841), Feltrinelli, Milano 1980.
- [3] Darwin, Charles, *L'origine delle specie per selezione naturale* (1859), Newton Compton, Roma 1989.
- [4] Darwin, Charles, *L'origine dell'uomo* (1871), Newton Compton, Roma 1977.
- [5] Darwin, Francis, a cura di, *the Life and Letter of Charles Darwin*, John Murray, Londra 1877.
- [6] Gould, Stephen Jay, *Intelligenza e pregiudizio*, Il Saggiatore, Milano 1998.
- [7] Gould, Stephen Jay, *La struttura della teoria dell'evoluzione*, Codice edizioni, Torino 2003.
- [8] Malthus, Thomas Robert, *Saggio sul principio di popolazione* (1798), Einaudi, Torino 1977.
- [9] Polanyi, Karl, *La grande trasformazione*, Einaudi, Torino 1974.
- [10] Smith, Adam, *La ricchezza delle nazioni* (1776), Newton Compton, Roma 1995.
- [11] Toynbee, Arnold, *La rivoluzione industriale*, Odradek, Roma 2004.
- [12] Tort, Patrick, *L'antropologia di Darwin*, Manifestolibri, Roma 2000.
- [13] Turgot, Anne-Robert-Jacques, *Le ricchezze, il progresso e la storia universale* (1766 e seg. ed.), Einaudi, Torino 1978.

RICERCA IDENTITARIA NEI DISORDINI ALIMENTARI

LAURA DALLA RAGIONE

Responsabile del Centro Disturbi del Comportamento Alimentare, Palazzo Francisci, Todi

PAOLA BIANCHINI

Centro Disturbi del Comportamento Alimentare, Palazzo Francisci, Todi

1. Un'epidemia sociale

L'obiettivo che ci ha guidati nella formazione in campo "DCA" (Disturbi del Comportamento Alimentare) è quello di sensibilizzare gli insegnanti ed ragazzi nella conoscenza di un disturbo ormai endemico che riguarda nella massima parte dei casi la popolazione in età scolare, particolarmente nella fascia d'età tra i 12 e 25 anni, fornire gli strumenti per riconoscere segnali di disagio e le richieste di aiuto da parte degli studenti, capire questi segnali e tradurli in risposte efficaci. L'esito degli interventi di cura (teniamo a precisare) multifattoriale è condizionato dal tempo: storie brevi di malattia hanno percentuali altissime di remissione completa, man mano che la storia di malattia si allunga diventa sempre più complicato. In tal senso, diviene fondamentale l'azione di prevenzione e di segnalazione dei primi segnali di disagio. Agli insegnanti è affidato il compito non di sostituirsi a un intervento terapeutico, ma di vigilare e ascoltare le richieste di aiuto dei propri studenti, facendosi anello di congiunzione tra queste e il contesto familiare.

Nella seconda metà del Novecento, nell'emisfero occidentale, con la diffusione di disordini del comportamento alimentare il cibo e il corpo si trasformano, per milioni di giovani, in nemici. Accade qualcosa che non è solo connesso all'insorgere di una patologia, al cambiamento di stili di vita e modelli culturali, ma forse più intimamente collegato alla difficile strutturazione dell'identità nei giovani di questo nostro mondo.

I Disturbi del Comportamento Alimentare vengono principalmente suddivisi in: Anoressia Nervosa, Bulimia Nervosa, Disturbo da Alimentazione Incontrollata, e Disturbi non Altrimenti Specificati.

Vi è un punto in comune tra tutti questi disturbi, a prescindere dal peso, e cioè l'intensa ideazione sul cibo e sulle forme corporee. Questa ideazione – come pensiero fisso e ossessivo – costituisce il vero nucleo psicopatologico di tali disturbi.

I Disturbi del Comportamento Alimentare costituiscono oggi una vera e propria epidemia sociale, [1], che non sembra in questo momento trovare argine alla sua crescita esponenziale. Due milioni di ragazzi in Italia soffrono di questi disturbi e decine di milioni di giovani nel mondo si ammalano ogni anno. Per ogni 100 ragazze in età adolescenziale, 10 soffrono di qualche disturbo collegato all'alimentazione, 1-2 delle forme più gravi come l'Anoressia e la Bulimia, le altre presentano manifestazioni clini-

che transitorie e incomplete. L'incidenza della patologia del comportamento alimentare, con i numeri sconcertanti che sono sotto i nostri occhi, ha costretto a rivedere anche molte delle idee sulla eziologia del disturbo e sulle sue trasformazioni.

Il termine anoressia deriva dal greco *ἀν* e *ορεξις* (*àn* e *òrexis*) che letteralmente si può tradurre come “mancanza di appetito”; in realtà, il vocabolo è improprio dal punto di vista epistemologico, se utilizzato per indicare un disturbo alimentare come l'anoressia, in quanto questa non implica una perdita di appetito ma un rifiuto prolungato e sistematico del cibo.

Normalmente una persona avrebbe bisogno, per vivere in buona salute secondo i dietologi, di almeno 2000 calorie giornaliere; in genere l'espressione “dieta da fame” si riferisce a un regime di 900 calorie al giorno. Una persona anoressica può arrivare fino a 320 calorie giornaliere! Non si può semplicemente parlare di un disturbo dell'appetito: la privazione del cibo è il sintomo più palese di un disagio che ha radici profonde.

Quando si parla di disturbi alimentari in generale, non s'intende solo l'anoressia ma tutte quelle patologie che sono strettamente connesse all'alimentazione, quindi per esempio anche la bulimia (che letteralmente significa fame da buie) o Il Disturbo da Alimentazione Incontrollata. Anzi, possiamo dire che, fra i disturbi alimentari, bulimia e anoressia non sono fenomeni slegati ma manifestazioni diverse di uno stesso disturbo: non ci si può privare completamente di cibo per lungo tempo e per questo la persona anoressica può andare soggetta a crisi bulimiche cicliche, in cui le enormi quantità di cibo ingurgitate vengono poi eliminate attraverso vomito autoindotto.

Quel che però è immediatamente chiaro, è che il cibo, nel senso in cui lo intendiamo noi, non ha alcun collegamento con questo tipo di disturbi. Non si mangia troppo o troppo poco, ma si usa il cibo, privandosene o abusandone, per ragioni che hanno più a che fare con l'identità psichica che con l'introito calorico quotidiano. Non dobbiamo scordarlo mai, anche di fronte a volti emaciati o abbuffate da 30.000 calorie, perché altrimenti rischiamo di confondere e non intercettare il nucleo centrale della psicopatologia.

L'origine e il decorso dei DCA sono determinati da una pluralità di variabili (eziologia multifattoriale), nessuna delle quali, da sola, è in grado di scatenare la malattia o influenzarne il corso e l'esito. Una loro piena comprensione deve tenere in considerazione fattori psicologici, evolutivi e biologici. Non è ancora ben noto il ruolo di alcune condizioni antecedenti presenti fin dalla nascita o dall'infanzia, come ad esempio la vulnerabilità genetica, l'ambiente familiare e le esperienze traumatiche. In molti casi alcune caratteristiche individuali, quali il perfezionismo, la bassa autostima, la regolazione delle emozioni, l'ascetismo e le paure legate alla maturità psicologica, precedono l'esordio dei DCA. Sicuramente i fattori socio-culturali sono implicati nel favorire lo sviluppo di questi disturbi e in particolare per il ruolo esercitato dalla nostra cultura, che vede nella magrezza un valore da perseguire a qualsiasi costo ed a qualsiasi età.

Ogni epoca ha la sua malattia e non c'è dubbio che i DCA si prestano a rappresentare in modo straordinario la nostra epoca, connessi come sono all'immagine corporea,

al significato del cibo, all'ossessione per l'apparire; e proprio perché sono disturbi strettamente connessi alla visione del mondo del nostro tempo, spaventano e attirano nello stesso tempo. Il culto della magrezza femminile segue la stessa distribuzione geografica e temporale dei disturbi dell'alimentazione.

Il caso del Giappone è abbastanza paradigmatico: in questo paese la forte ambivalenza tra modelli culturali orientali e occidentali è documentata dalle percentuali di prevalenza dei DCA riscontrate in alcuni studi: se i sintomi anoressici sembrano essere piuttosto rari (1 caso su 500 in città e 1 su 2000 in ambiente rurale), lo stesso non può essere detto per la Bulimia, chiamata *Kibarashi-gui*, la cui prevalenza varia in Giappone dal 2,1 al 3,6% a seconda della zona considerata.

Sempre più difficile diventa oggi fare rientrare le forme davvero mutevoli dei DCA, con gli alberi decisionali delle nosografie condivise. Infatti, oltre alle mutazioni nelle prevalenze dei vari disturbi alimentari, assistiamo anche a trasformazioni della patologia nei singoli pazienti, che sempre più frequentemente migrano da un sintomo all'altro nell'arco della loro storia patologica. La ricostruzione anamnesticamente del disturbo ci mostra una stessa paziente che inizia a digiunare e a dimagrire ferocemente, e dopo un certo periodo perde il controllo e inizia ad abbuffarsi e, per cercare di contenere l'aumento di peso, inizia a usare il vomito autoindotto; infine, può utilizzare l'iperattività fisica o lassativi e diuretici, che sono tra l'altro una delle cause di morte più frequenti. Ma alla base di tutti i disturbi c'è un unico nucleo psicopatologico: l'ossessione per il controllo del corpo, ottenuta attraverso tutti mezzi possibili e immaginabili.

Le forme del disturbo sono andate così mutando, proprio come un virus insidioso. All'iniziale caratterizzazione "astinente" dell'anoressia (dove il disturbo si esauriva esclusivamente nel digiuno) ha fatto seguito, intorno agli anni Settanta, l'innesto di alcuni comportamenti tipici del versante bulimico. Negli anni Ottanta sono aumentati i casi di bulimia normopeso, e il disturbo è andato progressivamente evolvendo verso forme multimpulsive con l'aumento di abuso di alcool e di droghe, di gesti autolesionistici e di disturbi della condotta. Non è un caso che nell'ultima edizione del Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali, è stata inserita un'altra categoria che è quella dei "Disturbi del Comportamento Alimentare non Altrimenti Specificati", di cui fanno parte le sindromi parziali, chiamate anche subcliniche o più correttamente subliminali, in cui sono presenti alcuni ma non tutti i sintomi necessari per la diagnosi di anoressia e bulimia, che sono in questo momento molto frequenti. Rientrano all'interno di queste sindromi parziali – ormai la maggioranza – tutti quei quadri associati alle vere o presunte intolleranze alimentari, altra grande paura del nostro secolo, all'ortorexia, cioè l'ossessione per il cibo sano, e a forme di alimentazione estreme in un senso o nell'altro.

Tra i quadri atipici, il disturbo da alimentazione incontrollata (*Binge eating disorder*, bulimia senza contromisure di compenso) ha suscitato nell'ultimo decennio un interesse crescente per i suoi legami, importanti, con l'obesità, altro grande fenomeno fortemente correlato ai DCA. Non si devono confondere, però, gli effetti "patopla-

stici” della cultura, quelli cioè che modellano la forma che prendono i sintomi, con i processi patogenetici, quelli che provocano le malattie. L’attenzione estrema all’immagine corporea e, in particolare, il culto della magrezza non sono “la causa” dei disturbi alimentari. La loro funzione sembra soprattutto quella di suggerire la strada attraverso la quale un malessere più profondo, grave, strutturale, si esprime e cerca una via per manifestarsi.

In questo senso viene, appunto “patoplasticità”: i disturbi sono plastici, adattabili, flessibili ai decorsi storici e la forma che essi assumono è effetto del contesto specifico nel quale s’iscrivono. Fattori patoplastici sono tutti quelli che concorrono a delineare la fenomenologia del malessere, senza tuttavia determinarlo; essi esercitano, diversamente dai fattori causali (che nella patologia in questione, così come in molte altre patologie psichiche, rimangono elusivi), un’azione predisponente, modellante e formativa.

Emerge nello stesso tempo una certa variabilità delle forme patologiche, una molteplicità irriducibile di forme e presentazioni, di ritmi, di decorsi evolutivi che variamente si completano, si contrappongono, si implicano reciprocamente. Il problema della creazione di nuove forme patologiche, o meglio di nuove strutture patologiche, appare inestricabilmente connesso con il problema delle ricorrenti ricombinazioni, secondo modalità di volta in volta differenti, di questi ritmi e direzioni evolutive.

Rintracciamo all’interno di simili disturbi una serie di analogie con altre patologie, ma nello stesso tempo la qualità psicopatologica delle sindromi appare come irriducibile alle nosografie conosciute. Nei Disturbi del comportamento alimentare c’è un’evidenza a favore di fattori storici facilitanti l’espressività di fattori naturali del disturbo.

Le pressioni sociali agiscono attraverso messaggi contraddittori sul ruolo della donna, comunemente filtrati dai mass-media e dagli imperativi sociali subliminali: la si vorrebbe votata ai valori della famiglia e della casa (come la donna di ieri), ma le vengono richieste, oltre alle doti di tipo più tradizionale, anche i caratteri dell’autonomia, dell’indipendenza e della competitività, tipicamente maschili. Questo primo livello contribuisce a creare un autentico disagio psicologico in soggetti vulnerabili, che viene amplificato dalla preferenza, questa volta più evidente, per l’immagine della donna magra e scattante.

Sull’influenza dei modelli culturali alcune riflessioni sono d’obbligo. I modelli percettivi e cognitivi hanno teorizzato il ruolo dei fattori socio-culturali esclusivamente in termini di “pressione a favore della magrezza”; il significato dell’ideale della snellezza è stato spesso ignorato come forma culturale, espressione di ideali, ansie e mutamenti sociali molto più profondi di quelli puramente estetici.

Ma la questione non è così semplice. I media e l’industria culturale vengono regolarmente interpretati come il solo nemico capace di assoggettare giovani donne passive e influenzabili, ed ora anche giovani uomini, apparentemente più aggressivi e intraprendenti.

Perché la magrezza sia divenuta un ideale culturale dominante nel ventesimo secolo è oggetto di discussione; per il sesso femminile l’anoressica incarna, in modo estremo,

una battaglia psicologica tipica della situazione attuale delle donne, una situazione in cui l'azione congiunta di fattori sociali, economici e psicologici diversi ha prodotto una generazione di donne che si considerano piene di difetti, si vergognano delle proprie esigenze e non si sentono autorizzate a esistere, se non a condizione di trasformare se stesse in persone nuove e degne (cioè senza esigenze, senza bisogni, senza corpo).

L'anoressia rappresenta uno degli estremi di un *continuum* sul quale oggi si trovano tutte le donne, in quanto tutte più o meno vulnerabili alle esigenze della costruzione culturale della femminilità, per cui la cultura – la quale opera non solo mediante l'ideologia e le immagini, ma anche mediante l'organizzazione della famiglia, la costruzione della personalità, l'educazione a percepirsi – non concorre semplicemente all'insorgere dei disturbi alimentari ma addirittura ha un ruolo preminente nel produrli.

Ne sono conferma due aspetti singolari dei disturbi del comportamento alimentare: in primo luogo, i disturbi alimentari sono molto più frequenti nella popolazione femminile (circa il 90% delle persone che ne soffrono è composto da ragazze o donne); in secondo luogo, i disturbi rappresentano un fenomeno culturalmente e storicamente situato: nelle società industriali avanzate degli ultimi cento anni circa. Nel corso della storia, sporadicamente, sono stati documentati casi isolati, ma è solo nella seconda metà dell'Ottocento che una sorta di contenuta epidemia di anoressia mentale viene menzionata per la prima volta nei resoconti medici; e una tale frequenza scompare di fronte allo straordinario dilagare dell'anoressia e della bulimia negli anni Ottanta e Novanta del nostro secolo.

Il quadro fin qui delineato solleva dubbi sulla possibilità di designare l'anoressia e la bulimia secondo criteri strettamente clinici, ponendo invece l'accento sul carattere acquisito, culturalmente determinato, di tali disturbi e ridefinendo allo stesso tempo il ruolo della cultura come fattore primario nella produzione dei disturbi del comportamento alimentare, invece di essere considerato come fattore scatenante o concomitante. La cultura non ha solo insegnato alle donne a essere *corpi insicuri*, continuamente alla ricerca, su se stessi, di segni d'imperfezione; ha anche insegnato alle donne (e agli uomini) a vedere il corpo in un certo modo: la magrezza è stata sempre decantata come un pregio da un punto di vista estetico, ogni curva e rotondità finisce per essere vista come sgradevole, come grasso inestetico che dev'essere eliminato. Alla luce di quest'analisi, non è che l'anoressica percepisca in modo errato il proprio corpo, piuttosto ha appreso perfettamente gli standard culturali dominanti relativi al modo in cui percepirlo.

La nostra è una cultura in cui le diete rigide e l'esercizio fisico intenso sono continuamente intrapresi da un numero sempre più alto di ragazze sempre più giovani: addirittura di sette o otto anni, secondo alcune ricerche. In altre parole, la nostra società sta producendo una generazione di donne giovani e privilegiate con gravi disturbi mestruali, nutrizionali e mentali.

Ma come può un'analisi culturale spiegare il fatto che i disturbi del comportamento alimentare si manifestano solo in alcuni individui, benché tutti siamo soggetti alle stesse pressioni socio-culturali? In realtà non siamo esposti tutti "alle stesse influenze

culturali”; ciò cui tutti siamo esposti, piuttosto, sono le immagini e le ideologie omogeneizzanti e normalizzanti relative alla femminilità e alla bellezza femminile. Tali immagini premono a favore della conformità ai modelli culturali dominanti, ma l'identità individuale non si forma soltanto attraverso l'interazione con tali immagini, per quanto potenti possano essere. Le particolari configurazioni (appartenenza etnica, posizione socio-economica, fattori genetici, educazione, famiglia, età e così via) da cui risulta la vita di ciascuno sono ciò che determina il modo in cui ogni singola donna viene influenzata dalla cultura. L'identità di ognuno di noi si costruisce a partire da vincoli genetici, morfologici, culturali, familiari, psichici, che insieme determinano la nostra posizione nel mondo e anche la nostra libertà.

Ancora più fortemente, i DCA sono ancorati alla visione del mondo più diffusa in questa parte del mondo occidentale. È così che si spiega perché le pazienti sono così tenacemente attaccate al loro sintomo, anche se le porta alla morte. I DCA sono, infatti, patologie gravi e fortemente dannose, con numerose complicazioni internistiche e psichiatriche, a volte irreversibili.

L'insorgenza di numerose complicazioni mediche è da attribuirsi sia allo stato di malnutrizione sia al ricorso ai cosiddetti “meccanismi di eliminazione” quali vomito o abuso di diuretici o impiego di lassativi, e sono tra le maggiori responsabili dell'aumentata mortalità nelle pazienti affette da disturbi del comportamento alimentare. Soprattutto per le pazienti bulimiche, il cui normopeso ne rende più difficile l'individuazione, è molto più facile che siano incontrate prima da specialisti di altre aree mediche, per richieste di cura delle complicanze insorte: medici di base, internisti, gastroenterologi, dermatologi, dentisti divengono quindi collaboratori preziosissimi per effettuare una diagnosi precoce e iniziare un progetto di cura tempestivo.

Nel caso dell'Anoressia nervosa esistono un ampio numero di alterazioni dell'apparato cutaneo riscontrabili quali: Xerosis (pelle molto secca e squamosa), Lanugo (sottile peluria che ricopre tutto il corpo), caduta dei capelli, acne, acrotenoderma, acrocianosi, prurito, porpora, stomatite, distrofia ungueale. Il segno di Russel, una cicatrice o un piccolo callo localizzato sulla superficie dorsale della mano o in corrispondenza della faccia dorsale della prima falange delle dita, costituisce un segno clinico patognomonico, nella Bulimia, dell'abitudine della paziente ad indursi il vomito.

A volte i disturbi del comportamento alimentare si associano ad altri disturbi psichiatrici. È necessario tenerne conto perché ciò può condizionare negativamente il decorso della malattia, in termini di tendenza alla cronicizzazione e di maggior predisposizione alla resistenza al trattamento. C'è anche l'influenza negativa che il disturbo alimentare può avere sul disturbo psichiatrico, laddove uno stato di compromissione cognitiva correlato ad una condizione di denutrizione può complicare notevolmente il normale decorso delle malattie associate.

I disturbi psichiatrici più comunemente associati ai disturbi del comportamento alimentare sono i disturbi dell'umore, i disturbi di personalità e i disturbi d'ansia – tra cui trovano un'incidenza maggiore il disturbo ossessivo-compulsivo e la fobia sociale

– e i disturbi legati all'uso di sostanze o alcool. L'associazione tra disturbi alimentari e disturbi psicotici è fortunatamente molto rara e comunque più frequente per l'anoressia nervosa. L'abuso di sostanze e di alcool e la relativa dipendenza sono molto frequenti soprattutto in coloro che effettuano abbuffate e ricorrono a condotte di eliminazione, e quindi in casi di Bulimia e Disturbo da Alimentazione Incontrollata.

I DCA sono essenzialmente disturbi della mente; perciò, prima ancora che compaiano i segni fisici della malattia, sono già presenti da tempo i segni psicologici che in modo sotterraneo invadono le idee e i pensieri dei ragazzi. I DCA nascono con un profondo senso di svalutazione personale: non si è mai sicuri di come si è fisicamente, intellettualmente, moralmente. Tutti i risultati ottenuti, i complimenti ricevuti, le rassicurazioni, non servono a colmare la ferita. L'obiezione radicale che si prova verso se stessi è così profonda da inghiottire tutto il mondo esterno. Ed è come se le voci e le figure esterne venissero da molto lontano, così lontano da non raggiungere il soggetto, che resta drammaticamente legato alla sua immagine interna, tanto da non poter tentare un approdo sereno con la realtà. La realtà è spesso usata come un coltello per farsi del male, il teatro in cui trovare le conferme alle proprie disillusioni. Ogni forma di dipendenza si nutre del senso di svalutazione, introducendo il soggetto in un circolo vizioso: alimenta il senso di colpa e porta alla ricerca ossessiva dell'oggetto della dipendenza (peso/anoressia, cibo/ bulimia – Disturbo da Alimentazione Incontrollata) per scaricare l'angoscia provata. In questo senso, è del tutto vano, incoraggiare le pazienti offrendo loro una prova di realtà che non riescono a cogliere; è proprio da quel 'reale' che sono fuggite attraverso la malattia, e una valutazione di sé senza l'interferenza della malattia risulta molto difficile.

Il cambiamento fisico si accompagna a, e a volte è preceduto da, un grande cambiamento di carattere: instabilità emotiva, irritabilità, sbalzi nel tono dell'umore, insonnia – tutti sintomi in parte collegati alla malnutrizione ma in parte collegati anche alla devastazione terribile che i disturbi determinano nella mente di queste giovani vite.

Purtroppo l'attenzione all'alimentazione e l'eliminazione di alcuni alimenti, come pasta e dolci, è presente in moltissimi adolescenti e quindi non viene inizialmente compresa nella sua gravità. Quando questa attenzione diventa continua, ossessiva, e si accompagna al continuo osservarsi allo specchio e al continuo salire sulla bilancia, dobbiamo chiederci se non stia succedendo qualcosa.

I DCA sono molti e l'inizio può essere molto subdolo e insidioso. L'anoressia restrittiva si manifesta, ovviamente, con l'eliminazione di alcuni alimenti cosiddetti fobici (pane, pasta, dolci, olio) ma anche con la riduzione delle porzioni, con una intensa attività fisica, e con la riduzione delle attività sociali per evitare di essere costrette a mangiare. L'anoressia si accompagna a una grande fame e chi ne è affetto deve contrastare l'impulso a mangiare che è fortissimo; si cerca di tenere a bada i morsi della fame bevendo molta acqua, molto caffè, e usando molte spezie invece dei soliti condimenti.

Nel caso della bulimia il disturbo può passare inosservato per lungo tempo, perché le pazienti mangiano ai pasti, anzi a volte si abbuffano, ma subito dopo si procurano

il vomito. In questo caso i sintomi psicologici sono più presenti e rilevanti: abuso di sostanze o d'alcool, cleptomania, disturbi della condotta sessuale, disturbi del comportamento, shopping multicomulsivo, gioco d'azzardo. Insomma: uno scarso controllo degli impulsi, con un cambiamento del carattere molto più evidente che nel caso dell'anoressia.

Il Disturbo da Alimentazione Incontrollata è caratterizzato da grandi abbuffate senza vomito o metodi di compenso, quindi l'aumento di peso è subito molto evidente. Le abbuffate sono consumate sempre di nascosto; i frigoriferi svuotati e le carte di biscotti e cioccolate sotto il letto possono essere i primi segnali, accompagnati da un disordine in generale nella vita, da un abbassamento del tono dell'umore e da grande nervosismo e irritabilità.

È importante specificare che l'inizio del disturbo può essere di tipo anoressico, per poi facilmente evolvere verso un quadro di Bulimia o Disturbo da Alimentazione incontrollata, ma c'è un filo conduttore di tutti e tre questi disturbi ed è un'intensa, continua e martellante, ideazione sul cibo e sulle forme corporee.

2. Fattori di rischio e d'insorgenza

Nelle società industriali avanzate un numero sempre più elevato di individui, soprattutto donne, dedica grande attenzione e preoccupazione al controllo del peso e dell'immagine, per mezzo di diete, esercizio fisico e altri comportamenti più o meno nocivi. Il fenomeno disegna lo sfondo sul quale va collocato e interpretato il progressivo aumento dei DCA. Come accennato, i DCA sono patologie di origine multifattoriale: per ammalarsi in modo conclamato è necessario che si verifichino molti eventi. Così, per determinare la patologia, i fattori di rischio devono essere più di uno. Questi fattori sono suddivisi in:

1. individuali
2. familiari
3. socio-culturali.

I fattori individuali possono essere diversi e collegati sia all'aspetto psicologico che a quello fisico. Ne elenchiamo e commentiamo alcuni dei principali.

- Età: adolescenza, prima giovinezza
- Sovrappeso
- Malattie croniche: diabete giovanile, celiachia
- Disturbi di personalità
- Aspettative esagerate
- Perfezionismo
- Difficoltà del processo di separazione-individuazione

- Rifiuto del corpo e della sessualità
- Esagerata attività sportiva
- Abusi.

L'età è ovviamente un grande fattore di rischio nella popolazione femminile, ma anche questo aspetto sta cambiando perché il *range* di età si è profondamente modificato con un abbassamento dell'età media e con un innalzamento dell'età (anche oltre i 40 anni) soprattutto per quanto riguarda il Disturbo da Alimentazione Incontrollata.

Come abbiamo detto, il sovrappeso o una vera obesità infantile e adolescenziale possono determinare l'inizio di una dieta e di una vera e propria ossessione. Alcune malattie collegate all'alimentazione possono predisporre ad una attenzione estrema verso il cibo e quindi ad una ossessione successiva. Il diabete giovanile e la celiachia, ad esempio, sono sicuramente fattori di rischio, perché il bambino si abitua ad avere paura del cibo e a selezionare sin da piccolo.

Un'esagerata attività sportiva, danza per le bambine o atletica leggera per i ragazzi (a titolo di esempio), può scatenare una ideazione pericolosa, spesso supportata dalla enfattizzazione degli insegnanti sportivi.

In una percentuale del 30% di pazienti con DCA, soprattutto con diagnosi di Bulimia, si riscontra nella storia della paziente un episodio di abuso sessuale in età infantile, che sottaciuto e rimosso può portare in età adolescenziale allo scatenarsi di una patologia che trova nel corpo il suo teatro espressivo.

Molteplici sono poi i fattori individuali psicologici predisponenti: perfezionismo esagerato, aspettative molto alte da parte del contesto, deficit dell'autostima, disturbi di personalità *border line*. Occorre anche tener conto che a volte il disturbo alimentare diventa il modo con cui l'adolescente trova il canale inconscio per protestare e opporsi a un'immagine che gli adulti vogliono imporgli.

Ai fattori individuali si aggiungono quelli familiari che, come abbiamo detto, sono parte del problema, ma sicuramente non il fattore principale. Vediamone alcuni:

- Obesità familiare
- Disturbi dell'umore e alcolismo
- Vischiosità nelle relazioni
- Difficoltà di autonomia
- Dipendenza dal consenso
- Esaltazione della magrezza e della bellezza.

Sul terreno fertile preparato dai fattori di rischio individuali, socioculturali e familiari, è necessario che un evento, non necessariamente drammatico, scateni la patologia nella sua evidente fenomenologia:

- Separazioni e perdite

- Alterazioni dell'omeostasi familiare
- Esperienze sessuali
- Minacce alla stima di sé
- Malattia fisica acuta
- Cambiamento puberale vissuto come trauma.

A volte può essere la prima esperienza sessuale, una delusione scolastica, una perdita di un familiare, oppure più semplicemente un trasloco con un cambiamento improvviso di contesto.

Per gli adolescenti, i cambiamenti richiedono sempre uno sforzo esistenziale enorme. Gli adolescenti non vedono la necessità di uscire dalla propria nicchia né sono necessariamente appassionati del cambiamento; hanno invece un enorme bisogno di conferme. Il cambiamento fisico è già di per sé traumatico: il corpo diventa uno sconosciuto che non è più controllabile, che si trasforma rapidamente, e che gli altri commentano in continuazione non sempre in modo piacevole.

Sicuramente le separazioni dei genitori costituiscono un elemento di destabilizzazione ma è soprattutto il modo in cui tale evento viene gestito che determina sofferenza e ansia nei figli. È importante che ogni cambiamento nella famiglia sia condiviso e discusso con i ragazzi, per poter ascoltare le loro paure e le loro incertezze. Consideriamoli sempre parte attiva della famiglia anche se hanno solo 10 anni: i figli hanno sempre la loro idea del mondo e le loro opinioni vanno sempre rispettate. Solo così impareranno a rispettare anche quelle degli altri.

La "ortoressia" e la "bigoressia" costituiscono l'exasperazione di quelle che potremmo definire come filosofie di vita moderne: la prima basata sul salutismo e la seconda sul mantenimento della forma fisica; non sono ancora riconosciute dalla comunità scientifica internazionale come patologie vere e proprie né sono inserite nei principali manuali diagnostici ma stanno raggiungendo una diffusione tale da poter parlare di atteggiamenti ad elevato rischio di convertirsi in veri e propri nuovi disturbi alimentari. L'ortoressia (dal greco "orthos", *retto*) costituisce una sorta di ossessione per i cibi "giusti", o "corretti". È stata identificata e studiata da un medico statunitense, Robert Bratman, come una nuova forma di dipendenza dal cibo, che si caratterizza per la presenza di una preoccupazione eccessiva per la purezza del cibo che si assume ed un immenso timore per le conseguenze mediche di un'alimentazione scorretta. Colui che soffre di ortoressia controlla e seleziona gli alimenti che assume in maniera sproporzionata rispetto agli ipotetici rischi medici, esponendosi a un rischio elevato di sviluppare una patologia nervosa che, per l'attitudine a restringere progressivamente le classi nutritive e seguire una dieta sempre più rigida con alterazione del rapporto con Sé e con l'esterno, può sconfinare in un quadro clinico compatibile con un disturbo del comportamento alimentare.

Nelle persone ortoressiche sono facilmente riscontrabili tratti di personalità di tipo

ossessivo: dedicano ore a discutere sull'esistenza di cibi puri ed impuri, ad acquistare scrupolosamente i loro cibi e cucinarli con eccessivo rigore e possono giungere, per mancanza di tempo e difficoltà ad adattarsi, a rinunciare al loro lavoro e alle relazioni sociali. Nel libro *Health food junkies*, Robert Bratman li definisce "drogati di cibo sano" con riferimento alle analogie che, per la dispersione di tempo e le modalità della ricerca, questo tipo di disturbo ha con le dipendenze patologiche: sono persone che hanno bisogno di programmare sempre scrupolosamente i propri pasti e di conoscere ogni singolo ingrediente contenuto negli alimenti assunti; evitano pasti sociali e hanno necessità di portare con sé cibi pronti e stoviglie personali durante i pasti consumati fuori casa; sostengono che il cibo debba fare sentire meglio e non debba essere in nessuno modo fonte di piacere; provano disgusto nel riempire il proprio corpo con sostanze non naturali e disprezzano le persone che mangiano in modo normale, con vere e proprie difficoltà di relazione con chi non condivide le proprie idee alimentari; hanno paura di contaminare il proprio corpo; hanno un desiderio continuo di depurarsi; provano sensi di colpa quando trasgrediscono la dieta e sono molto severi con se stessi. Può riscontrarsi addirittura un evitamento fobico di piatti, posate, pentole ritenute contaminate da cibi "non naturali" o fabbricate con materiale che possa alterare le qualità nutritive (teflon, alluminio, ecc).

Altri elementi tipici dell'ortoressia sono l'attitudine a pensare al cibo per più di tre ore al giorno, a pianificare dettagliatamente anche i menù del giorno successivo, a sovrastimarsi in base a ciò che si mangia, rinunciando al cibo che piace per mangiare quello più "giusto", senza considerarne minimamente il sapore o il profumo. Mentre coloro che soffrono di anoressia o bulimia sono ossessionati dalla quantità del cibo assunto, le preoccupazioni degli ortoressici riguardano la qualità di ciò che si ingerisce; perciò è imprescindibile accertare che un alimento sia sano, "puro" e attivo nella prevenzione delle malattie, sfiorando e talvolta sconfinando in un quadro di ipocondria paradossale: il timore di malattie e "contagi" impone all'ortoressico uno stile di alimentazione talmente rigoroso da esporlo consistentemente al rischio di sviluppare carenze nutrizionali gravi.

Il compito degli insegnanti non si esaurisce nel poter cogliere i fattori di rischio; il loro è un compito educativo. Solo nella ricerca di un'educazione ai valori è possibile rintracciare una prevenzione al disagio giovanile. Niente è più importante di una relazione educativa nella vita di un individuo, il mondo è pieno di *cattivi maestri*, e incontrarne di buoni può fare la differenza, non solo per il disturbo alimentare: I GIOVANI VANNO CONTAGIATI DI VITA. Questo non significa restituire loro *il miglior mondo possibile*, ma dotarli di quella forza delle idee e di quel coraggio che non li farà arretrare di fronte alla vita. In tal senso, gli insegnanti dovrebbero tener conto di uno degli aspetti più sconcertanti nella diffusione e nella globalizzazione dei disturbi del comportamento alimentare, cioè, l'utilizzazione del web nella trasmissione di modelli culturali che enfatizzano la magrezza, con la comparsa di siti che propagandano comportamenti patologici, finalizzati al controllo del peso, e danno consigli estremi su come dimagrire.

3. Nuovi linguaggi

I siti *pro-Ana*, dove Ana sta per anoressia, costituiscono uno dei canali più efficaci di diffusione del disturbo, soprattutto tra gli adolescenti, che utilizzano questo mezzo quotidianamente e con estrema familiarità.

La caratteristica di questi siti è di costituirsi come delle sette, come una sorta di movimenti *underground* nei quali si lancia un appello a dimagrire a oltranza, e come una forma di protesta e opposizione al mondo degli adulti. Il segno distintivo dei seguaci di Ana è un braccialetto rosso che viene venduto a un prezzo che varia dai 3 ai 20 dollari, e che consente il riconoscimento anche fuori dal web.

L'esplorazione di questi siti, che essendo proibiti, vengono ciclicamente chiusi e riaperti, proprio come quelli dei pedofili, lascia davvero interdetti per il livello di terrorismo psicologico a cui possono essere sottoposti gli adolescenti che vi entrano. Su questi siti si trovano foto di giovani donne obese in costume da bagno, con sotto una didascalia: "*Ecco come i vostri genitori vogliono farvi diventare*".

I comandamenti *pro-Ana* cui gli adepti dei siti devono attenersi sono tutti centrati su un'equazione: che la magrezza è la salvezza – cioè, la strada principale per essere vincenti e felici.

Per ore e ore i partecipanti a questi dialoghi, s'incontrano senza memoria né immaginazione, in un tempo sospeso, dove la sequenza di attimi, *flash*, frammenti di vita, non costruisce nessuna storia, nessuna temporalità. In questo mondo gli adulti non possono entrare e si coglie tutto il rinforzo positivo del sintomo dato dall'opposizione, dal senso di onnipotenza che tutti i partecipanti alle *chat* manifestano.

Ogni aspetto del corpo, del cibo, di ciò che fa bene e di ciò che fa male viene dissacrato e irriso, si diffondono attraverso la rete le leggende più inverosimili finalizzate alla perdita di peso, favole, fandonie, bufale. Non c'è dubbio che in questo caso la forma patologica si connette molto facilmente a forme culturali e questo ne spiega l'irrefrenabile diffusione, ma forse c'è qualcosa di più e scelgo le parole di un filosofo della scienza e delle idee, Paolo Rossi, che di questi temi si è occupato, per esprimere la difficoltà a separare la patologia dall'impianto culturale che le dà nutrimento:

Nonostante tutti questi esempi, mi sembra resti vera l'asserzione che nessuno ha mai fatto propaganda a favore dell'assunzione o della diffusione di una malattia. Di fronte alla diffusione del culto di Ana possiamo domandarci: davvero si tratta, in questo caso, di propaganda a favore di una forma patologica o non si tratta invece dell'antica esaltazione del digiuno e della magrezza che sarebbero sinonimo di saggezza e di santità nelle filosofie orientali e, in particolare, indiane? O anche nell'ideale cristiano di una frugalità spinta fino ai limiti estremi? Di una santità che è fondata sul rifiuto del corpo, luogo di tentazione e strumento di peccato? O all'immagine (molto antica) del digiuno come purificazione? Una malattia che si connette a scelte di comportamenti e quindi, indirettamente, a filosofie e a scelte di vita, alle credenze e al costume perde per questo il suo carattere di specificità patologica, fino a diventare, in una certa misura, qualcosa di non più riconoscibile? [2]

Oggi il tema della costruzione dell'identità è strettamente collegato a molti disturbi degli adolescenti e non solo (tossicodipendenze, depressione precoce, autolesionismo, bullismo, disadattamento sociale) e ci rimanda alla difficoltà di sostenere la propria idea di Sé in questo mondo, ove le condizioni della vita sono migliorate ma l'incertezza del proprio *essere nel mondo* è paradossalmente aumentata.

Come avviene la descrizione di un'identità e la sua esternazione? La nostra identità non è ciò che noi siamo. Ma soprattutto per i giovani l'identità è fatta dalle cose di cui si vestono, le parole che usano, la gestualità che esprimono. Ma soprattutto è la possibilità che lo sguardo degli altri sappia riconoscerli e perciò possa decidere di accettarci per ciò che siamo, o di rifiutarci per ciò che essi non vogliono per sé.

Il processo di costruzione dell'identità, processo difficile e mai concluso, continua fino all'ultimo giorno della nostra vita. Ma nel caso dei giovani del nostro tempo entra in scena la potenza delle immagini dei media, [3], che sono una fabbrica continua, inarrestabile, di corpi inanimati e aggiornati, di identità fasulle e senza etica.

L'idea in fondo è che o si sta sulla scena o si è trascinati giù, nel vuoto, nel nulla. Da questo punto di vista la società dello spettacolo (ma forse sarebbe più giusto definir-la società dell'avanspettacolo) rappresenta un perfetto rovesciamento della concezione socratica (ma poi anche platonica e cristiana) della vita. Diceva Socrate: non importa se quel che fai qualcuno lo vede, lo approva, lo disapprova, e così via. Importa che corrisponda al bene. Se sarà così, quel che avrai fatto è per sempre, è tutt'uno con quel che è giusto che sia, e tu sei salvo. Invece noi diciamo (pensiamo): non importa se quel che fai è bene o male, importa che qualcuno lo veda, insomma che sia messo in scena, e allora anche il gesto più ignobile, anche la vita più miserabile, saranno salvati dal fatto di avere un pubblico che nello stesso tempo ti deride e ti ammira.

Che cosa è accaduto? È accaduto che la bellezza non è (non è più) se non il fatto di apparire, cioè il fatto di essere in mostra. Quella luce della bellezza che un tempo sembrava disvelare misteriose profondità e scoprire enigmi, oggi non indica altro che il fatto di essere sotto i riflettori. Perciò la bellezza è diventata quella cosa banale e volgare che si mostra nei reality o nelle pagine dei giornali. È un corpo a corpo senza rete in cui ognuno è libero e solo di fronte a se stesso, privato di quella placenta sociale che consente nutrimento e protezione.

Senza rete significa, in primo luogo, senza la protezione di quello che per un bambino e un adolescente dovrebbe essere la principale intermediazione con il mondo e cioè *la famiglia* – che vive in questo momento, a sua volta, una difficoltà immensa a costruire una solidità di valori da trasmettere. A ciò si aggiunga una disattivazione emotiva di quei vincoli che intrecciano amore, valori, sentimenti ed istituzioni.

Ancor più profondamente, la deriva dell'identità ha a che fare con qualcosa di più intimamente connesso alla relazione che ogni essere umano ha oggi con il proprio mondo. Questa malattia ci consente di osservare direttamente, da un punto di vista davvero particolare, i processi (faticosi) della costituzione dell'identità in un mondo globalizzato e dalla mitologia incerta, restituendoci interrogativi non solo rispetto alla

psicopatologia del disturbo, nelle sue molteplici configurazioni, ma anche rispetto alla capacità che oggi l'io ha di costruire se stesso.

Nella legge del consumo, nell'idolatria degli oggetti che si diffonde rapidamente, prodigare la propria attenzione amorosa a cose o a persone può diventare un dilemma quotidiano. Fin dalla più tenera età, i bambini apprendono che i beni materiali sono un sostituto di sicurezza, autostima e amore. E comprare sicurezza, ammirazione e amore è più facile che affrontare la complessità dei rapporti con esseri umani pericolosamente vivi e imprevedibili. Il cibo può svolgere questa funzione: la restrizione esasperata, l'avidità furibonda, il vomito, nascondono la paura di relazioni autentiche e diventano un modo per prevenire l'ansia, la depressione, la paura di vivere in un mondo complesso, ormai fuori da ogni possibilità di controllo da parte del soggetto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gordon, A. R., *Anoressia e bulimia, anatomia di un'epidemia sociale*, Raffaello Cortina, Milano 1990.
- [2] Rossi P., La Natura, il mangiare, la cultura in L. Dalla Ragione, *La casa delle bambine che non mangiano*, Il Pensiero Scientifico Editore, Roma 2005.
- [3] Thompson J. B., *Mezzi di comunicazione e modernità*, Il Mulino, Bologna 1998.

ETICA E SCIENZA NELLA SOCIETÀ DELLA CONOSCENZA

ANDREA CERRONI

Dipartimento di Sociologia e Ricerca Sociale, Università di Milano Bicocca

1. Premessa: etica, morale e scienza

Non vi è universale convergenza sui termini «etica» e « morale», etimologicamente corrispondenti e nell'uso comune spesso intercambiabili. Se posti a contrasto, le loro interpretazioni possono persino giungere a scambiarsi completamente, ed è dunque preliminare a ogni ragionamento su etica e scienza un chiarimento sulla nostra accezione del termine "etica".

"Etica" può essere intesa con tre distinti riferimenti.

Innanzitutto ci si può riferire a un definito ambito problematico, alla riflessione filosofica su questioni di principio e di valore possibilmente universale, soprattutto se in relazione con problemi radicalmente nuovi o contesti mutati per problemi tradizionali. I suoi confini sono, allora, quelli del dibattito storico o contemporaneo, e in questo caso siamo di fronte a quella che propriamente chiameremmo etica prescrittiva, e dunque è una *etica filosofica*.

Ma l'etica può anche riferirsi ai traguardi che qualche attore sociale può reputare auspicabili, in certi specifici settori o per certe applicazioni delle nuove conoscenze, di fronte alle esigenze espresse o alle aspettative che gli appaiono diffuse in una collettività di persone coinvolte a qualche titolo come portatrici di interessi (*stakeholders*). È bene, in questo caso, parlare più precisamente di *etica applicata*.

Infine, con il termine "etica" ci si può anche riferire ai comportamenti praticamente tenuti dai soggetti considerati, più o meno consapevolmente, al di là delle attese dell'osservatore o di quanto si era soliti pensare, assieme alle loro eventuali motivazioni, in qualche modo rivelate. Anche in quei casi in cui tali comportamenti effettivi assurgono al rango di norme sociali, non vi è mai qualcosa di analogo a una «forza dell'ordine», la loro istituzionalizzazione e le conseguenti sanzioni non sono prerogativa di un corpo statale. Insomma, questa *etica pratica* ha di fatto a che vedere con le norme introiettate dagli attori, il riconoscimento pubblico è problematico o assente, lasciandola sempre aperta alle situazioni praticamente affrontate dagli attori di riferimento nel corso del tempo, alla loro « tensione etica» di fronte al mutamento sociale.

Detto questo, allora il termine «morale» tende a distinguersi almeno per due accezioni molto differenti fra loro.

Ci si può, innanzitutto, riferire alle consuetudini, alle regole comuni, agli usi e costumi diffusi entro una particolare comunità considerati nella loro stabilità e nella

loro eventuale differenza con quelli di altre comunità, senza che vi sia bisogno di alcuna consapevolezza da parte degli attori o senza che ci si accosti al loro esame con l'intento di trovare principi di valore universale. Siamo, dunque, di fronte a quella che l'antropologo chiama cultura e che, più in generale, chiamiamo *morale comune*, ma non *etica comune*. Rivelatore della differenza sostanziale fra questa accezione di morale e quella dominante di etica è quel che a volte si dice, ossia che «la morale è relativa e l'etica universale». Oppure anche che l'*etica filosofica* sia una sorta di *metamorale* [20].

Ma con il termine morale si può anche intendere una dottrina particolare, che è stata codificata e sancita, divenendo una *dottrina morale* professata dall'alto di una data autorità (p.es. la Chiesa cattolica). Già una rapida ricerca sul web attraverso un motore di ricerca (Google nella fattispecie il giorno 3 marzo 2009) evidenzia questa accezione molto particolare. Si ottiene, infatti, la seguente tabella delle frequenze di pagine web con abbinamenti, rispettivamente, delle parole *etica* e *morale* con le parole *laica*, *religiosa*, *cristiana*, *cattolica* e per i termini *Dottrina etica della Chiesa* e *Dottrina morale della Chiesa*:

	Etica		Morale	
laica	19.600	79%	5.340	21%
religiosa	9.650	48%	10.400	52%
cristiana	37.700	22%	132.000	78%
cattolica	6.720	14%	41.500	86%
Dottrina ... della Chiesa	7	1%	1.070	99%

Questa ricerca porta a contrastare, dunque, i termini «etica laica» con «morale cristiana» o «morale cattolica», con frequenze molto minori delle tre combinazioni alternative. Mentre notiamo la «neutralità» del termine «religiosa», la situazione si chiarisce con il termine «Dottrina morale della Chiesa». Non possiamo confondere *etica* con *morale* né trascurare l'influenza della dottrina della Chiesa sul secondo termine.

Si deve, poi, anche considerare che dietro l'espressione «morale comune» (assai più diffusa di «etica comune») possono celarsi i pregiudizi di una comunità, e gli interessi di qualche attore eventualmente dominante nel campo culturale (egemone), che tende a perpetuare un certo assetto non solo valoriale, ma anche di potere. Essa, perciò, si presta ad essere posta in forma di enunciati, se non proprio di dottrina sistematica, che non assurgono alla riflessione spassionata, critica, pubblica (di fatto un'etica filosofica storicamente realizzata), ma rimangono a livello della mera enunciazione non seguita da fatti o a quello ancillare se non di surrettizia ipostasi dello stato di fatto, come un rivestimento che può anche acquisire valore normativo (nel senso almeno di norma sociale se non anche di norma giuridica) o divenire un vero e proprio camuffamento di interessi privati condotto per mezzo di un disegno *ideologico*. E questo è quanto intendiamo precisamente con il termine *moralismo*.

Si aggiunga che il valore normativo che per il romano aveva la consuetudine e il tratto distintivo della stessa religione romana sancito nella stessa etimologia di *religio* (connessa tanto a *legame* quanto a *lascito*), aumenta l'ambivalenza del termine «morale», mentre la sua accezione non-normativa può arrivare più facilmente a confondersi con il termine greco «ethnos» che non con «ethos».

Riassumendo, il tratto che sembra distinguere oggi i due termini «morale» da «etica» non è tanto l'aspetto normativo, come pure spesso si sostiene, quanto il fatto che la prima si pone dalla prospettiva dell'eredità storica, della continuità di una tradizione (espressamente prescritta o meno), mentre la seconda si pone nella prospettiva dei problemi posti dal mutamento sociale e dell'inseguimento da parte del pensiero critico alla ricerca di una nuova condivisione.

Dunque, lo sguardo della morale sembra rivolto verso il passato, il suo terreno elettivo è attraverso dalle regole che permangono o dai valori che devono essere fatti permanere; la costanza nel tempo e l'antichità (oltre che autorità) della fonte sono le fonti primarie del valore dei suoi riferimenti, assunti sotto forma di enunciati o comunque rintracciabili in certi comportamenti. Lo sguardo dell'etica, invece, è per sua natura problematico; sembra dunque aperto al futuro, attento alle innovazioni e alle sfide del cambiamento; conseguentemente, il grado di aggiornamento e di accordo critico sono le fonti primarie del valore dei suoi riferimenti e dei suoi enunciati.

È di qui che discende un diverso destino nell'incontro con la scienza. La morale, infatti, si insinua nell'*etica della scienza* sotto la frequente forma di forche caudine persistenti sotto le quali misurare l'accettabilità del nuovo, ricevendo divieti o permessi, anatemi o benedizioni. L'etica, dal canto suo, si apre spesso, soprattutto fuori d'Italia, sia all'indagine dell'etica degli scienziati sia al territorio sconfinato della *scienza dell'etica*, alla ricerca del fondamento storicamente mutevole del ragionamento scientifico e di quello etico, del giudizio morale, dei valori e della cultura.

In quanto segue non affronteremo l'esame di morale cui l'etica della scienza vorrebbe sottoporre la scienza, nella convinzione che, in presenza di pluralismo morale, l'esame cui sottoporre la scienza debba essere condotto dalla legge dello stato laico e dal consenso dei cittadini (che pure presentano aspetti problematici, come ben noto già nella clausola del consenso informato [3]).

Invece, in questa sede argomenteremo che per *etica della scienza* non debba intendersi esclusivamente la *proiezione di un'etica esterna sulla scienza* (ove il genitivo viene interpretato come genitivo oggettivo). Ma che, innanzi tutto, debba aprirsi una nuova indagine di *etica filosofica* a partire da nuove scienze, quali la neuroetica (intesa come *neuroscienza dell'etica*). Quindi, affronteremo quella che può essere considerata una *etica interna propria della scienza* (ove il genitivo viene interpretato come genitivo soggettivo), dunque, l'etica dello scienziato e, soprattutto, l'autocontrollo etico della comunità scientifica.

2. Verso una neuroscienza dell'etica

Si va configurando una nuova disciplina di confine fra l'etica e la scienza, la *neuroetica* (cfr. [6]). Essa non è originale in quanto *etica della neuroscienza*, poiché già la bioetica ha assunto questa forma, e si è così messa nell'angolo dell'esame di morale alle bioscienze. Essa è invece originale in quanto si pone anche come *neuroscienza dell'etica*. E qui essa mostra un doppio aspetto che la segnala per il ruolo potenzialmente dirompente nei confronti della nostra cultura moderna.

La neuroetica così intesa, infatti, studia il collegamento fra due sponde del nostro essere, anzi le due sponde che la nostra modernità ha voluto spezzare e contrapporre nei recessi più profondi della cultura.

Da un lato, vi è la «grande frontiera» del nostro Io, il mondo esterno che si prolunga fin dentro di noi attraverso i sensi, i nostri strumenti tecnologici materiali e immateriali, il nostro vivere e convivere quotidiano con interessi e passioni particolaristici, personali, sino al limite estremo dei sentimenti, delle paure, delle memorie e delle speranze che vengono suscitate nella nostra esperienza quotidiana. Dunque, fino ai limiti esterni – *fenomenici* - del «soggetto puro». Lungo questa china l'universale cui possiamo ambire o non c'è del tutto (relativismo) oppure è un universale meramente distributivo (in greco *katá pantós*).

Dall'altro lato, vi è il mondo interiore, la «riserva indiana» dell'Io noumenico, quell'autoconfinamento moderno del soggetto in una Ragione astratta, apaticamente disinteressata o freddamente calcolatrice, coscienziale o meramente empatica, comunque asociale, astorica, iniziato se vogliamo con Descartes. A questo Soggetto la scienza sta progressivamente rosicchiando terreno, diminuendo lo spazio vitale dell'*homo clausus* [7]. È qui che l'universale può ambire a scavalcare il *particolare* (in greco *kath'ekaston*), ma ancora solo in quanto negazione di particolarismi, universale astratto o *general-generico*.¹

Fra queste due sponde la neuroetica tesse un ponte sospeso, partendo dall'una e dall'altra e stringendo in una morsa tenace la frattura cartesiana, e tutte le sue conseguenze, dai miti riduzionistici a quelli olistici e idealistici [5].

La neuroetica, sempre intesa come neuroscienza dell'etica, reclama, infatti, un primato del corpo, ma non necessariamente un generale riduzionismo alla corporeità. Proprio come fa lo scienziato quando proclama come suo metodo la *sensata esperienza* (oltre alle *certe dimostrazioni*), rivendicando così sia il ruolo dei sensi/sensazioni, sia quello dei sensi/significati, ovvero tanto il peso dell'esperimento quanto quello della teoria. Il corpo diviene, allora, il luogo della riunificazione possibile, anzi il centro d'imputazione dell'intera esperienza, sia negli aspetti biofisici sia in quelli culturali. Le due culture, in altre parole, si vengono a saldare proprio nel *corpo vivo*, nel corpo di un essere che vive come soggetto storico, cioè che produce valori *soggettivi* esclusivamente entro un mondo che egli recepisce e impiega per vie *oggettive* in gran parte indipendenti da lui e quasi sempre a lui pre-esistenti.

Già il giurista romano ben aveva colto questo primato (non riduzionistico), e non poteva non farlo seguendo le regole del «buon padre di famiglia» (*buon senso*), quando aveva concettualizzato proprio il corpo come centro d'imputazione di diritti e doveri, poi originando, agli albori dell'era moderna, l'inglese *habeas corpus*.

Bisogni, interessi e diritti sono legati a un soggetto che ha, innanzi tutto, un corpo, è questo il palese sostrato materiale di partenza. Ed è proprio la «comparsa» del corpo, cioè il suo venire al mondo, che sancisce l'inizio del discorso giuridico, come recita il *Codice Civile* (art.1):

La capacità giuridica si acquista dal momento della nascita. I diritti che la legge riconosce a favore del concepito sono subordinati all'evento della nascita. I diritti si conseguono all'atto della nascita.

Questo corpo, però, viene alla luce all'interno di un campo che è, contemporaneamente, *socialmente strutturato* secondo logiche che lo precedono e per lui proprio *individualmente strutturante*. Lo modella nei ragionamenti, funge da matrice di abitudini e credenze sulle quali egli a fatica elabora i suoi punti di vista personali e le sue idee più creative, e dunque ne modella persino la sua idea di libertà. Il corpo, dunque, si costruisce come soggetto umano e si esprime nell'ambito storico nel quale nasce, cogliendone sia stati di fatto sia contraddizioni e aspirazioni al mutamento.

A livello neuroetico sembrerebbe, dunque, che, come non vi è alcun pensiero fuori da qualche corpo, «tutto è posteriore all'esistenza» scriveva Leopardi [13], così non vi è alcun corpo (giuridicamente umano) che non abbia la possibilità di avere qualche pensiero. Se così fosse, si direbbe che non vi sia alcun agire senza pensieri né alcun pensare senza azioni, nessun patire senza sapere né credere senza passione, nessuna soggettività senza passività né passività senza essere appassionato [15].

La neuroetica, allora, diverrebbe più esattamente la neuroscienza *dell'agire-e-del-patire, del-provare-emozioni-e-dell'esprimere-sentimenti, del-presumere-e-del-desumere, del-subire-e-dell'esser-libero*, dunque, dell'interezza di mente e corpo, dell'unità positiva essenziale dell'esperienza che ci qualifica come umani. E così essa prolungherebbe il discorso giuridico sulla soggettività, fuori dalla parentesi giuspositivistica, riconducendolo nell'alveo positivo dello spirito di *common law* e, di qui, ancorandolo al mutamento storico dei soggetti persino nei loro confini spaziali [22].

3. L'autocontrollo etico della comunità scientifica: tra individui e conoscenza

Veniamo ora al tema dell'autocontrollo etico dello scienziato. È fuor di dubbio che anche per ogni scienziato valgano le leggi che vigono per ogni altro cittadino. Egli dunque, sarà soggetto di diritti e oggetto di doveri sanciti dalla legge.

All'interno del campo applicativo della legge vigente, però, esiste sempre un margine di manovra amplissimo già nella vita quotidiana, ma ciò è ancor più vero per chi i limiti della vita quotidiana e del pensiero quotidiano va superando per professione (e forse anche per vocazione). Dunque, l'autocontrollo ha in questo caso a che fare in maniera altamente specifica con il cambiamento, proprio e della società, delle relazioni fra persone e della cultura.

L'aspettativa di autocontrollo etico è esaltata oggi nel momento in cui si configurano profondi e rapidi sviluppi della scienza e della tecnologia verso il relativamente nuovo sistema della *tecnoscienza*, e soprattutto di nuove scienze e nuove tecnologie, di per sé già interdisciplinari quali le nanoscienze e nanotecnologie, le bioscienze e biotecnologie, le scienze e tecnologie dell'informazione e le neuroscienze e neurotecnologie, verso una convergenza che supera definitivamente le discipline conosciute fino alla modernità.

Ecco, dunque, che dobbiamo inserire il tema che è qui oggetto della nostra attenzione nella tensione fra divergenza delle possibilità creative e convergenza delle rilevanze condivise, fra ciò che è possibile e ciò che è auspicabile, fra chi apre nuove strade e chi le dovrà poi percorrere quotidianamente. Cosa può o deve costituire il riferimento di tale autocontrollo?

Se andiamo alla ricerca di contenuti etici nello stesso lavoro cognitivo degli scienziati, incontriamo subito il ben noto «ethos mertoniano», con i suoi limiti ma anche con i suoi pregi segnaletici. Merton [16] infatti, individuava quale collante della comunità scientifica e contemporaneamente costituente del successo storico della scienza una struttura culturale concentrata su quattro *ethos*, che sono, dunque, nella nostra accezione, una *etica pratica* della scienza.

Il *comunitarismo* stabilisce che la scienza è un bene collettivo, prodotto dalla collaborazione fra scienziati viventi e passati (si rammenti la metafora medievale dei «nani sulla spalle dei giganti»). Lo scienziato, dunque, deve mantenersi in costante comunicazione con gli altri scienziati, anche per sorreggere la propria onestà personale da influenze eteronome, provenienti dall'esterno o dalle deformazioni nei meccanismi di riconoscimento del merito. L'unico «diritto di proprietà» che può essere riconosciuto è, però, quello di una *priorità della scoperta*, sancito con la pratica della eponimia, ovvero del metterle il nome dello scopritore.

L'*universalismo*, invece, è quella norma per la quale lo scienziato, proprio perché deve perseguire una «conoscenza oggettiva», deve escludere ogni comportamento «soggettivo», perché particolaristico. Conseguentemente, l'unico criterio che deve orientarlo nei riferimenti è l'impersonale *merito scientifico* e nessuna fonte di conoscenza deve venire privilegiata rispetto alle altre.

La norma del *disinteresse*, poi, stabilisce che la scienza deve essere considerata premio a se stessa, l'unico interesse dello scienziato deve essere quello dell'aumento della conoscenza, inteso come «vocazione», «missione».

Infine, lo *scetticismo sistematico* prescrive allo scienziato di non accettare nulla sulla fiducia, ma solo sulla base delle prove, mantenendo sempre aperta la possibilità di rimettere in discussione ogni conoscenza data per acquisita.

Altre norme accessorie sono considerate secondarie, anche se non irrilevanti, come ad esempio l'*originalità* intesa come forza motrice della scoperta, l'*umiltà* sia come autolimitazione nella ricerca di originalità e nelle dispute per la priorità, sia nel riconoscimento del proprio debito verso altri scienziati.

In effetti, poi, Merton riconosce una sorta di *ambivalenza sociologica* verso gli *ethos*, poiché egli incontra nella storia della scienza comportamenti in controtendenza con le prescrizioni dell'*ethos*. Ed egli li attribuisce, in maniera oscillante, a volte a veri e propri comportamenti patologici (*devianze individuali*) e a volte a reazioni comprensibili di fronte alle patologie del sistema di riconoscimento dei meriti (*situazione patogena*). Mitroff [17], allievo di Merton, individuò anti-*ethos* in «tensione essenziale» con gli *ethos*, come ad esempio la *segretezza* (per proteggere il proprio «diritto di priorità» da usi scorretti da parte di altri *free riders*), il *particolarismo* (come guida nella selezione fra le troppo numerose pubblicazioni), l'*interessamento* (come impegno nei confronti di un *invisible college*), il *dogmatismo organizzato* (come fonte di resistenza di fronte alle difficoltà di ordine cognitivo o magari anche sociale)

Da questa oscillazione già mertoniana e dalle critiche post-mertoniane della sociologia della scienza, per cui quella di Merton veniva a essere, tutt'al più, una ricostruzione ex-post *irenica*, è scaturita una «messa in parentesi» delle questioni etiche nello studio sociale della vita scientifica, con grande detrimento dell'analisi anche teorica sul valore della scienza proprio nel momento in cui diviene il motore della società. L'argomento è stato, perciò, incautamente consegnato all'esame di morale di una «etica negativa».

Cercheremo, dunque, di avanzare qualche idea sull'autocontrollo etico non come si trattasse di investigare quei principi che devono limitare la ricerca scientifica. Apriremo, invece, quella sorta di «etica positiva» che, rimasta finora consegnata a buoni propositi o ricostruzioni autobiografiche, a volte agiografiche, rimane per altro ancora tutta da precisare.

Se un autocontrollo etico dello scienziato è *possibile* possono aversi due eventualità, che pure non si escludono: che ogni individuo umano sia, comunque, dotato di capacità di autocontrollarsi nel corso del suo divenire individuo, e che nel lavoro scientifico sia solo colta un'opportunità di esplicitarle. Ovvero, che ogni scienziato o scienziata, proprio in quanto individuo dedito al lavoro scientifico, ne acquisisca per il modo specifico del suo lavorare. Nonostante i ragionevoli dubbi che lo stato di cose presenti ogni volta ci sollecita, sembra di poter cogliere qualche supporto a un decorso storico favorevole per entrambe le eventualità, che divengono, dunque, non due stati, ma due esiti legati al funzionamento di due distinti processi sociali di fondo.

Vi è, in effetti, traccia di un'etica specifica, connessa al lavoro sociale che possiamo definire lavoro scientifico e che si palesa nella dimensione comunicativa del lavoro scientifico. La scienza, infatti, è primariamente dialogo, onere della prova, critica e autocritica, riflessione e riflessività, capacità di *convincere* con l'argomentazione stringente piuttosto che di *vincere* con la forza. In fondo non aveva torto Huxley, «il mastino di Darwin», quando definiva la scienza come *buon senso applicato con rigore* [12].

Tutto questo è, indubbiamente, *valore*, valore di civiltà. Proprio la comunicazione, in senso allargato del termine (*circolazione allargata della conoscenza*) è all'origine dello sviluppo della società della conoscenza [4]. Ma approfondiamo questi aspetti.

La società della conoscenza è l'assetto sociale tendenzialmente planetario che va

assumendo la civiltà umana. Essa emerge dalla confluenza di due direttrici storiche di lungo periodo: lo sviluppo di una *economia della conoscenza* [8] [9] [18] [19] [23] e lo sviluppo di una *società degli individui* [7].

L'economia della nostra specie è rimasta allo stadio primitivo di cacciatori e raccoglitori, ovvero di «orda primitiva» come la chiamava Freud, fino a circa 8-10.000 anni fa. Allora iniziò un passaggio rivoluzionario verso la vita stanziale, l'agricoltura, la nascita delle città. Emerse, quindi, in tutta evidenza il fattore *terra*.

In epoca assai più recente, fra XVII e XIX secolo d.C., avvenne una seconda rivoluzione, con l'avvento dell'economia industriale, della società industriale, della modernità. Emersero, così, quali fattori economici chiave *capitale e lavoro*. Attorno a essi sorsero anche le maggiori teorie politiche e le grandi ideologie, il liberalismo e il socialismo.

Verso la metà del XX secolo si è, poi, avviata una terza rivoluzione, che denominiamo economia della *conoscenza (science-based economy)*. È la conoscenza che rivaluta, cioè fornisce un nuovo valore, a ogni fattore tradizionale, sia esso terra, capitale e lavoro. I valori del medesimo ettaro di terra coltivato con mezzi primitivi (vanga), protoindustriali (mulino, aratro a traino animale, ecc.), “tradizionalmente moderni” (meccanizzazione, fertilizzanti, selezione genetica ecc.) o con biotecnologie avanzate non sono minimamente paragonabili. Analogamente, un capitale e un lavoro ricevono dalla conoscenza mantenuta aggiornata un valore sempre più rapidamente crescente. Oltre a questa ri-valorizzazione economica dei fattori tradizionali, poi, la conoscenza viene oggi in primo piano nelle transazioni economiche, e più in generale in quelle sociali e comunicative, già in quanto tale, senza mediazione: si scambia sempre più spesso conoscenza per produrre altra conoscenza.

Nella conoscenza si vede, ormai, non solamente un fattore capace di generare altri valori (reddito, salute, qualità dell'ambiente ecc.), ma già un valore in sé (qualità della propria vita, realizzazione di sé, soddisfazione della propria curiosità, cimento personale, capacità di confrontarsi liberamente con altri in progetti simbolici condivisi ecc.). Produciamo, insomma, sempre più spesso conoscenza, per mezzo di conoscenza, con ciò generando surplus di conoscenza. Con il rischio conseguente che si creino sfuggenti ma inesorabili monopoli cognitivi, ma anche con la pressione «naturale» affinché sempre più numerosi individui contribuiscano sempre più creativamente a generare nuova conoscenza; generando, dunque, se tutto è gestito con buon governo (*knowledge governance*), opportunità di estendere la loro cittadinanza (*knowledge citizenship*).

È proprio a questo punto che siamo spinti a considerare una seconda linea di sviluppo. Dal punto di vista sociale, infatti, abbiamo assistito a una progressiva privatizzazione delle vite individuali, una crescente personalizzazione delle scelte di vita (quotidiane, matrimoniali, lavorative, abitative, relazionali ecc.).

V'è, in effetti, un processo che vede la crescente privatizzazione del proprio corpo e della sfera della propria intimità coniugarsi al crescente riconoscimento del privato altrui, e dunque alla crescita dell'orizzonte e della pregnanza dell'etica verso tutti gli individui storici, umani e non umani, configurandosi progressivamente un'etica della

cittadinanza contemporanea carica di responsabilità anche storicamente nuove, come di fronte a questioni relative all'ambiente, agli animali e a ogni forma vivente, a ogni individuo ovunque viva e comunque sia caratterizzato in termini di razza, di cittadinanza, di pensiero. È questo il processo di civilizzazione che sta mettendo capo alla *società degli individui* [7].

Oggi, indubitabilmente, ognuno di noi incontra nella propria vita persone in sempre maggior numero e di sempre maggior diversità. Nel nostro orizzonte spazio-temporale entrano individui di provenienza storica e geografica sempre più diversa mano a mano che la planetarizzazione procede. Il raggio d'azione sociale del singolo si è esteso sino ai confini del pianeta, innescando crescenti interdipendenze, nuove responsabilità e conseguenze inattese legate alla sempre più frequente compresenza di differenze storiche profonde, e un conseguente diffuso senso di indeterminatezza e di precarietà.

Tale raggio d'azione esorbita ormai da quello gestibile con le categorie concettuali, le euristiche e i modi ragionare che abbiamo ereditati da un passato troppo a lungo locale, sia nel tempo sia nello spazio.

È così divenuto vitale, sia per lo sviluppo degli individui, sia per quello della democrazia avere a disposizione conoscenza sempre nuova, ravvicinata agli oggetti e unificante per i soggetti, di portata sempre più ampia e più precisa per quelli e sempre più salda e universalmente condivisibile da individui sempre più diversi. La scienza è, infatti, soprattutto *cum-noscere*: conoscere da vicino e assieme ad altri, come si desumerebbe dall'etimologia. Dunque, la conoscenza scientifica si è andata diffondendo con la scolarità di massa, ampliando i propri orizzonti, aumentando le aspettative di risultati dal valore sempre meno astrattamente dogmatico e sempre più praticamente negoziabile.

Al fondo vi è, dunque, un legame molto forte fra conoscenza scientifica e democrazia politica, un'altra forma di buon senso e di metodo rigoroso: sono, come si direbbe in topologia, omeomorfe, nel senso che la prima attiene al campo delle deliberazioni sulle conoscenze socialmente rilevanti, mentre la seconda a quello delle deliberazioni sulle azioni socialmente rilevanti, ma fra le due vi sono forti similarità. Anzi, esse sono strettamente legate l'una all'altra.

Fine e, contemporaneamente, mezzo della scienza è la composizione dei punti di vista di diversi osservatori in una teoria generalmente condivisa, attraverso la critica argomentativa pubblica e la prova sperimentale (in laboratorio o nella mente). Analogamente, la composizione degli interessi di tutti i cittadini in un interesse generalmente condiviso è fine e, contemporaneamente, mezzo della seconda. E in questi fini e in questi mezzi, ove gli uni qualificano gli altri e viceversa, entrambe trovano la loro dimensione di *valore storico-universale*.

Anche le patologie della scienza e della democrazia sono simili e per giunta correlate. La dinamica del potere nel campo scientifico è simile a quella nel campo politico, per cui il rischio di un *mainstreaming* forzoso nel campo delle idee (generalizzazione e perversione del ben noto *effetto S.Matteo* sull'accumulazione di riconoscimenti nel campo scientifico già teorizzato da Merton [16]) sembra omologo del rischio di demagogia

nel campo politico. E anche simili sono i rischi che derivano dalla contaminazione con altri poteri, *in primis* con quello economico [16], [1]. Infine, una democrazia con poca scienza, cioè con una scienza poco diffusa e poco sviluppata, soffre quanto una scienza con poca democrazia, cioè con una democrazia poco articolata e poco partecipata.

Nella società contemporanea, dunque, è indispensabile che lo scienziato occupi un ruolo di responsabilità per assicurare una *knowledge governance*, ovvero una buona circolazione della conoscenza, che ne faccia una risorsa condivisa e partecipata a livello sociale. Tale circolazione è, in un'accezione sufficientemente ampia del termine, *comunicazione della scienza*. E, dunque, in tale comunicazione si radica un dovere etico dello scienziato come cittadino della società della conoscenza.

4. Scienza e comunicazione

La dimensione comunicativa della scienza va analizzata su due piani connessi ma distinti: la comunicazione interna (fra pari) e la comunicazione esterna.

4.1 Comunicazione interna

Com'è che si è sviluppata la scienza moderna, fermo restando che vi è chi parla, e con ragioni assai interessanti, di rivoluzioni scientifiche in un antico passato dimenticato [21].

La comunità scientifica in senso moderno nasce nel XVII secolo, con la nascita delle società scientifiche. Le prime due sono italiane, l'*Accademia dei Lincei* (Roma 1603) e l'*Accademia del Cimento* (Firenze 1657), seguite dalla *Royal Society for Improving of Natural Knowledge* (Londra 1660) e dall'*Académie Royale des Sciences* (Parigi 1666) e poi da molte altre nel resto d'Europa.

Così scriveva Sprat, un osservatore contemporaneo a proposito degli accoliti della Royal Society [11, pp.202-4]:

[... essi cercano] di diffondere ciò che era riservato alla custodia di pochi e di liberarlo dalla subordinazione a interessi privati [...] professano apertamente di non voler fondare una filosofia inglese, scozzese, irlandese, cattolica o protestante: ma una filosofia dell'umanità [...] Con l'ammissione di persone provenienti da tutti i paesi, essi hanno posto le condizioni per molti grandi vantaggi nel futuro. Infatti con questo mezzo saremo in grado di stabilire un commercio intellettuale costante fra tutti i paesi civili, e fare della Royal Society la banca universale e il libero porto del mondo [...fra loro] la percentuale di gran lunga maggiore è costituita da gentiluomini, liberi e senza obblighi. In questo modo si può sperare di porre riparo contro due forme di corruzione della scienza, che sono state a lungo deplorate, ma mai definitivamente eliminate: l'una è costituita dalla degenerazione della conoscenza che ricerca troppo presto il profitto immediato; l'altra che consiste nel fatto che i filosofi sono sempre stati maestri e studenti, i primi per imporre e tutti gli altri per sottomettersi, e non osservatori uguali senza rapporti di dipendenza.

Un alto valore etico della scienza sembra di poterlo rintracciare qui, più che in altri aspetti troppo debitori di un positivismo ante-litteram o nel grado di realizzazione

pratica di quanto sembra volersi conseguire, nel fatto, cioè, che la comunità scientifica è la prima organizzazione della storia umana che ambisce ad essere egualitaria, sovranazionale, interculturale, strutturalmente aperta alla critica e in cui questa, anzi, è il motore del suo stesso sviluppo.

La sensazione si rafforza di plausibilità considerando come Birch, un altro osservatore, descrive quegli scienziati [11, p.195]:

un gruppo di gentiluomini colti e curiosi che, dopo lo scoppio delle guerre civili, allo scopo di distogliersi da quel malinconico spettacolo, si dedicarono a ricerche sperimentali e allo studio della natura, che era allora chiamato la nuova filosofia.

Il dato qui più significativo è il rinvio al Cinquecento, secolo terribile per Vecchio e Nuovo Mondo. L'auspicio che emerge da entrambi i passi citati è, dunque, di una civiltà più alta, da realizzarsi senz'altro *nella scienza*, cioè all'interno della comunità scientifica, ma poi anche *con la scienza*, nella più generale comunità umana.

Scopriamo, insomma, le tracce di un valore etico *intrinseco* alla scienza, che possiamo poi declinare in termini di requisiti costitutivi dello «spirito scientifico», se non proprio della vita reale della ricerca, e cioè: libertà di critica e spirito antidogmatico, curiosità spregiudicata e impegno creativo, sviluppo della conoscenza umana e miglioramento pratico delle condizioni di vita sul pianeta e altro ancora. A fronte dell'amara constatazione che ciò non è stato di fatto conseguito sempre con successo e nemmeno con qualche parvenza di completezza, potremmo chiedere un supplemento dimostrativo. Andiamo, dunque, più a fondo con la lente d'ingrandimento sulla comunicazione interna.

Ecco affacciarsi, allora, lo strumento principe stabilito dagli scienziati per rafforzare questo potenziale anelito etico intrinseco alla scienza, e cioè la *pubblicazione scientifica*.

A prima vista le pubblicazioni sembrano soltanto uno strumento di scambio informativo. Ma si dà il caso che sin dall'inizio le Accademie di Francia e di Inghilterra siano accompagnate proprio dall'istituzione delle prime riviste che ne costituiscono l'organo ufficiale. Il 5 Gennaio 1665 iniziano, infatti, le pubblicazioni del *Journal des savants* e il 6 Marzo dello stesso anno quelle delle *Philosophical Transactions*. Dobbiamo concludere, perciò, che un aspetto costitutivo della scienza è di essere sapere stabilito pubblicamente e pubblicamente condiviso, seppure, a quell'epoca, solo per chi veniva accolto nel novero degli scienziati.

Attenzione assai grande va pur posta, nell'odierna era della conoscenza, agli effetti perversi che, al di là dei loro commendevoli propositi, vanno generando in misura crescente la *peer review* sulla formazione di monopoli cognitivi, il *mainstreaming* sulla confusione fra *potere scientifico* e *potere temporale* [1] nella scienza, il peso della crescente attenzione economica ai risultati immediati della ricerca sui tempi lunghi dei risultati più duraturi, la misurazione scientometrica della produttività scientifica sull'elaborazio-

ne teorica, creativa, radicalmente innovativa, cioè quella di gran lunga più produttiva e, infine, la grande divisione fra scienze della natura, da una parte, e scienze dell'uomo e della società, dall'altra.

In considerazione sia del fatto che le maggiori velocità di crescita della conoscenza e le più grandi innovazioni avvengono alla frontiera delle discipline «moderne» sia del fatto che tali innovazioni sono prodotte da e a loro volta producono *social innovation*, la divisione disciplinare del lavoro scientifico, che pure ha assicurato il successo storico della scienza (soprattutto naturale), sembra, allora, non solo un artificio forse utile in un momento storico ormai tramontato, ma proprio un fardello esiziale in una fase di innovazioni come quella attuale.

Fatte tutte queste cautele, dunque, nella comunicazione interna alla comunità scientifica, e cioè nel processo libero e pubblico di selezione, critica, circolazione e sviluppo dei contributi avanzati, e in breve di *mediazione istituzionale*, sembra potersi ravvisare sia un dovere etico sia uno strumento di vero e proprio autocontrollo etico degli scienziati. La loro attività scientifica è tale, infatti, se e solo se riesce ad acquisire pubblicamente consenso, e se viene quindi sancita come tale, pur essendosi mantenuta sempre, di fatto, una quota di dissenso che, evidentemente, andrà tutelata nel prosieguo.

Proprio l'*Universitas Studiorum* è la primaria sede di tale mediazione istituzionale, e dunque di autocontrollo etico, grazie al confronto ampio fra *pari*, fra esperti di diverse discipline, fra scienziati naturali e umano-sociali. Eppure sappiamo bene che la scienza moderna non è nata esattamente all'interno delle università, poiché queste avevano subito la deriva scolastica. Cogliamo l'occasione per sottolineare l'urgenza di una grande consapevolizzazione del suo ruolo e del rischio della sua scolasticizzazione, tanto all'interno delle sue mura quanto in sede politica e generalmente pubblica. Dopodiché, come ciascun altro, anche gli scienziati possono macchiarsi dei peggiori orrori, ma non in quanto «uomini o donne di scienza».

Ma non saremmo nella società della conoscenza se attività ed esiti dei ricercatori fossero confinati all'interno della comunità scientifica. E, in effetti, una grande novità negli ultimi dieci-quindici anni per la scienza e per la società è proprio la comunicazione esterna della scienza.

4.2 Comunicazione esterna

La comunicazione esterna, per parte sua, nasce in effetti con lo scopo di divulgare e acquisire status e riconoscibilità per il lavoro degli scienziati. Essa diventa, dapprima, fonte primaria dei contenuti educativi in espansione da formazione obbligatoria a facoltativa e, sempre più, indispensabile lungo l'intero arco di vita dei cittadini.

Ma via via che la società si qualificava come società della conoscenza, la comunicazione della scienza si veniva qualificando come luogo di incontro, confronto e mediazione fra il «mondo della ricerca», anch'esso in rapida crescita e capillare penetrazione, e il «mondo della società», in radicale trasformazione sotto lo stimolo delle conoscenze scientifiche acquisite.

Dunque, in tempi molto recenti, nella comunicazione esterna della scienza l'attenzione si è spostata dalla divulgazione (*Public understanding of science*) alla partecipazione (*Public engagement with science*). Quindi, essa è ormai diventata attività che esonda da ogni ambito formalizzato, sino a permeare il tempo libero (intrattenimento) e a qualificarsi come risposta a quesiti rilevanti per la vita quotidiana (p.es. rapporto medico-paziente, questioni alimentari o ambientali) e, ormai, quale collante della società della conoscenza.

È, infatti, proprio attraverso la sua comunicazione attraverso l'intera società della conoscenza, nella sua declinazione di economia basata sulla scienza e però anche di società democratica, che la scienza diviene realmente *bene pubblico globale*. Essa, infatti, non è un bene privato e neppure un bene pubblico, per così dire, «naturale».

Ricordiamo, innanzi tutto, le definizioni classiche di *bene pubblico globale* (Bpg) [10], [24]. Prendiamo un bene che non sia qualificabile come Bpg, per esempio un bicchier d'acqua. Di fronte a questo bene io sono rivale con ogni altro, nel senso che più ne bevo io e meno ne bevono gli altri, e viceversa. Il bene, infatti, è consumabile e il mio uso osta all'uso da parte di altri. Si dice allora che si tratta di un *bene rivale*.

Ma lo stesso bicchier d'acqua è appropriabile, nel senso che posso mettere in atto azioni ragionevoli per ottenere di poterne usufruire al massimo grado possibile, sottraendolo alle disponibilità di altri che potrebbero diminuirne il valore che io posso estrarne. Si dice allora che si tratta di un *bene escludibile*.

Infine, ovviamente, si tratta di un *bene confinabile* poiché posso avere trarne utilità dal confinarlo nello spazio ed essere anche ragionevolmente in grado di farlo.

Consideriamo, però, adesso un altro bene, per esempio l'aria. Ebbene, si tratta in generale di un bene ampiamente non deperibile con l'uso (in condizioni normali, certamente), dal cui uso è assai rischioso escludere qualcuno (si chiama omicidio ed è penalmente perseguito) e, infine, non è confinabile (la colonna d'aria sopra la mia testa, nei prossimi giorni se ne andrà in giro per il mondo e non mi è né facile né economicamente utile cercare di fermarla).

E veniamo ora alla conoscenza. Per un verso, essa è non-rivale, nel senso che usando il teorema di Pitagora non se ne diminuisce il valore per altri. Per altro verso, però, è proprio nell'uso multiplo e ripetuto che essa aumenta di valore, dunque sembra un bene essenzialmente *cooperativo*.

Per altro verso, poi, la conoscenza non sembra né escludibile facilmente (come impedire ad altri l'uso delle tabelline, e con quale utilità, poi?) né confinabile facilmente (come impedirne l'uso in qualche paese, e con quale utilità, poi?). Eppure, a ben vedere, l'escludibilità e la confinabilità sono in realtà riposte in politiche pubbliche acconce, che abbattano le barriere di accesso a un bene destinato, altrimenti, a rimanere un *bene di club*, ed eliminino le autolesionistiche auto-esclusioni, ben note anche nel caso di nazioni intere che si relegano ai margini dello sviluppo tecnoscientifico attraverso investimenti economici che penalizzano irrimediabilmente la ricerca e investimenti simbolici che infestano il panorama culturale.

Dunque, solo una attività sistematica può trasformare la conoscenza da bene di *élite* in bene pubblico reale. Così facendo, se prendiamo alla lettera quanto appena detto, la scienza cessa di essere bene *degli scienziati*, e diviene ormai bene *di tutti i cittadini*. Insomma, il produttore di professione della conoscenza, non ha una proprietà della conoscenza, per altro sovente finanziata con denaro pubblico. E trova qui, insomma, un controllo che eticamente dovrebbe introiettare sotto forma di autocontrollo.

È del tutto evidente che ciò spalanca problemi di governo pubblico, non nuovi, la cui gravità è però oggi elevata a ennesima potenza. Si tratta, però, degli stessi problemi della democrazia, e, in effetti, di una grande questione di democrazia si tratta, nella società della conoscenza: possiamo denominarla di buon governo della conoscenza (*knowledge governance*).

L'obiettivo della comunicazione della scienza, dunque, già in un'accezione ristretta si potenzia a realizzazione delle migliori condizioni possibili affinché ciascun cittadino e ciascuna cittadina possa riprodurre la conoscenza già disponibile e, sperabilmente, anche produrne di nuova. In un'accezione più allargata, si tratta poi di rispondere all'esigenza di partecipazione generale alla cosa pubblica nell'ottica di un diritto fondamentale di cittadinanza. La comunicazione (esterna) della scienza, allora, va a comprendere tutte quelle attività che rendono la scienza un *bene pubblico globale* reale.

Ed ecco allora un altro aspetto di «etica positiva» della scienza nella costruzione sia di quell'«intelletto collettivo» avanzato già da Averroè, sia di uno strumento di autocontrollo della società nel suo complesso.

5. La formazione degli scienziati

Un ultimo strumento di autocontrollo etico sta nel percorso formativo che la società nel suo complesso ritiene debbano seguire gli scienziati. È chiaro che al percorso tradizionalmente moderno della specializzazione disciplinare, che già oggi va incontro a profonde trasformazioni che porranno sfide complesse, andrà associato in futuro dell'altro. Lo studio della storia della scienza, sia nella sua articolazione disciplinare sia nel suo percorso complessivo, dovrà alimentare la profondità culturale della ricerca.

Analogamente, la competenza e la sensibilità agli aspetti di ordine sociale dovrà assicurare adeguata capacità di inserire la ricerca nel contesto delle profonde trasformazioni dell'intera società. Quel che oggi è lasciato alla sensibilità personale e a opportunità estemporanee, dovrà essere fornito come bagaglio standard sul quale elaborare, con la propria personale profondità culturale e consapevolezza sociale, una lucida responsabilità di fronte alle sfide di *social innovation*² che la dinamica intrinseca alla società della conoscenza pone oggi a noi tutti.

Se mai «torre d'avorio» isolata v'è stata davvero, lo è stata come patto tacito fra potere politico e potere scientifico: a fronte di una (certa) libertà di ricerca e di un (certo) benessere pubblicamente assicurato ai (pochi) scienziati, questi assicuravano in cambio un ritorno (indiretto) in termini di progresso nelle condizioni materiali di vita di (molti) individui. Ma oggi non c'è più uno sparuto manipolo di assediati, né un desolato e inquietante «deserto dei tartari», né vi è un'incipiente invasione.

Possiamo dire che, a uno sguardo più ampio, la scienza moderna ha vinto la sua prima battaglia: ha conseguito risultati misurabili in termini inequivocabili. Basti a ciò considerare il più che raddoppio della vita media umana nel giro di poco più di un secolo, che automaticamente toglie di mezzo, statisticamente, oltre metà dei critici più risoluti. Si aggiunga anche la diffusione dell'educazione di massa che, dopo aver vinto resistenze ideologiche retrive e latitanze politiche colpevoli, sconta oggi il suo successo sotto forma di una problematica, e preoccupante, «crisi di crescita».

Ma vi è oggi una nuova battaglia per la scienza. Non si tratta solo di sconfiggere i suoi nemici esogeni, mai morti del tutto, dell'Antiscienza, che dalle giuste contestazioni di un corso forzato della crescita economica hanno ricavato una critica esiziale di ogni progresso. Si tratta anche, infatti, di disinnescare le tendenze endogene di uno Scientismo che, per bocca dei suoi falsi amici, vede con favore pericolose derive tecnocratiche e autoritarie e, magari dietro commendevoli propositi, minaccia il progresso generale e lo stesso sviluppo dello «spirito scientifico». Questo rende, più che opportuno, *doveroso* il superamento deciso della contrapposizione fra le due culture, attraverso una scienza integrata non riduzionistica, e l'impegno degli scienziati nella costruzione di una società democratica e basata sulla scienza.

L'arena della comunicazione della scienza, ivi intesa la partecipazione dei cittadini – scienziati e non - alla gestione della cosa pubblica è quella nella quale deve avvenire l'autocontrollo di ultima istanza della comunità umana. Dunque, si tratta di un'istanza politica.

In effetti, il migliore antidoto contro derive tecnocratico-elitistiche o populistico-oscurentiste è tanto nella pienezza delle istituzioni storiche della democrazia partecipativa quanto in un'opinione pubblica nutrita delle più avanzate conoscenze disponibili. Non v'è chi non veda limiti e financo reali pericoli su entrambi i fronti, sia a livello planetario che nel nostro Paese, sia per il raggrumarsi di interessi non mediati nell'agorà sia per la limitata capacità ideale di critica pubblica, elaborazione culturale, progettualità politica.

Oggi più che mai vale, dunque, il monito di Konrad Lorenz [14]:

La minaccia che pesa sull'umanità attuale non è tanto la sua potenza nel governare i fenomeni naturali, quanto la sua impotenza nel dirigere ragionevolmente i processi sociali.

E così, se dalle scienze umane e sociali può venire un contributo decisivo alle altre scienze, da tutte assieme può venire il contributo decisivo alla formazione sia di una scienza unitaria e integrata sia di scienziati pienamente consapevoli del proprio ruolo. E qui, in quanto tesa al pieno sviluppo delle potenzialità di ogni individuo, la scienza mostra ancora una forte tendenza connotabile come «eticamente positiva», che pur si dispiega pienamente solo nella società della conoscenza.

6. Conclusioni

Nel momento in cui la società muta decisamente in direzione della conoscenza, la di-

stinzione fra scienziati e non scienziati tende a diminuire, poiché il lavoro di ciascuno aumenta decisamente il proprio tenore di conoscenza. L'autocontrollo etico dello scienziato, perciò, va inteso sia come *esercizio privato* di scienziati sempre più responsabili del ruolo sociale della ricerca scientifica sia come *esercizio pubblico* della democrazia di una società avanzata.

Sfide capitali, dunque, per gli scienziati nel loro lavoro specifico, perché devono ridefinire la propria formazione interna e l'assunzione di responsabilità pubbliche. E sfide capitali anche per i «non-scienziati», o semplicemente per i lavoratori della conoscenza su questioni di non loro expertise. Nuovi diritti e nuovi doveri definiscono il bisogno di una nuova *cittadinanza scientifica* e l'urgenza di coniugare il supporto conoscitivo alla scelta pubblica, che possiamo chiamare una «politica della scienza», con una decisa «politica per la scienza», per una nuova idea di sviluppo [25].

La comunità scientifica, dunque, deve far proprio e rilanciare l'interesse generale per la conoscenza, al di là delle differenze delle discipline della modernità. Ma per far questo, l'università deve associare alle due sue missioni storiche, didattica e ricerca, anche una terza missione, ovvero la comunicazione - in senso allargato - della scienza, sia sotto forma di diffusione materiale (innovazione tecnologica) sia sotto forma di diffusione immateriale (comunicazione in senso ristretto e *social innovation*).

Inoltre, se la fine dell'isolamento degli scienziati va salutata col favore di un risultato finalmente conseguito, essa pone però la sfida capitale di coniugare l'autonomo *distacco* della critica teorica e della personale curiosità (*curiosity-driven research*) con il crescente *coinvolgimento* pratico nelle dinamiche della società della conoscenza (valorizzazione economica, presenza pubblica, governo politico). A fronte della maggiore responsabilità della scienza verso la società dovrà, dunque, verificarsi anche una maggiore responsabilità dell'economia, dell'opinione pubblica, della politica verso le risorse necessarie allo sviluppo scientifico e verso i valori che la scienza rappresenta nella storia umana.

Riassumendo. È indispensabile che la comunità scientifica si autoregoli nelle proprie pratiche, a patto di saper vivere la propria cittadinanza nella società della conoscenza con la responsabilità che ci si deve attendere da chi svolge un ruolo sociale fondamentale, da chi in una società democratica basata sulla scienza *vuole vivere*.

Gli strumenti a disposizione, la cui articolazione deve essere profondamente ripensata nell'ottica del passaggio all'era della conoscenza, sono formazione degli scienziati e formazione della conoscenza sancita come scientifica, educazione dei cittadini e comunicazione pubblica della scienza. In una parola, si tratta della *partecipazione* a una vera democrazia della conoscenza.

Gli scienziati, fatti così responsabili e parte del processo decisionale pubblico, interagiranno con il mondo politico e con la società civile facendosi portatori, a un tempo, di interessi di parte, come tutti, e, in più, di una quota di interesse generale, per un futuro auspicabile e condiviso.

La doverosa cautela per la minaccia di una tecnocrazia deve coniugarsi con quella per una deriva tecnofobica altrettanto pericolosa: entrambe, a volte senza esporsi di-

rettamente, a volte con prese di posizione che mascherano ideologicamente interessi di parte sacrificando interessi più generali ora non più dilazionabili, si stanno sovrapponendo alla pratica democratica. Anche qui, l'antidoto è il medesimo: formazione, educazione, comunicazione, trasparenza, partecipazione.

I decisori istituzionali debbono rimanere indipendenti dai tecnici nelle loro scelte, ma, per dimostrarsi responsabili di fronte all'opinione pubblica contemporanea e ai cittadini che verranno dopo di noi, dovranno sempre più riferirsi alla conoscenza più avanzata prodotta dalla scienza della loro epoca, favorendone lo sviluppo autonomo, la discussione pubblica e libera, critica e autocritica e la partecipazione attiva più vasta alla formazione del consenso, all'interno dell'accademia e nell'opinione pubblica.

In conclusione, dobbiamo risolutamente mutare il significato che abbiamo finito per attribuire alla scienza e alla democrazia, riducendole a strumento, mera procedura svuotata di significati, di valori, da cercarsi, dunque, sempre altrove.

Rilanciare la scienza e la democrazia moderna *come valori* vuol dire rilanciare le migliori tradizioni universalistiche del pensiero europeo, e anche una specifica del nostro Paese. E con esse, rilanciare sia i tanti individui che le hanno prodotte e difese, sia l'intera vita sociale che le ha rese possibili e che ne è stata fecondata: e in una parola, rilanciare il significato più alto del termine "Umanità".

Stiamo oggi entrando nella prima società su scala planetaria, la prima società basata sulla scienza, la prima società che, con tali caratteristiche, *può* essere finalmente davvero democratica. E proprio la scienza moderna ci ha condotto su terreni inesplorati per l'umanità, nel nano-mondo, nel bio-mondo, nel mondo profondo della nostra mente e del nostro vivere umano.

Qui finisce la realtà che la nostra specie ha conosciuto nella sua lunga storia e ne inizia una nuova. E qui comincia, dunque, la massima responsabilità dello scienziato come cittadino della società della conoscenza del XXI secolo. In questo tornante storico, poi, il nostro Paese vive una fase di grande difficoltà, di ordine pratico e di ordine ideale, nella produzione di nuova ricchezza come nella sua distribuzione in base a merito ed equità, nella costruzione di un nuovo orizzonte per l'interesse comune e nella fissazione delle priorità per il buon governo della società della conoscenza.

Chiunque abbia a cuore la scienza e la democrazia trova oggi un rinnovato «impegno etico», per la responsabilità di fronte al Paese e al suo immenso passato, di fronte alle nuove generazioni, ai cittadini della società della conoscenza.

NOTE

¹ Per una considerazione critica sul termine greco *katholou*, ovvero “dell’universale” di cui Aristotele va alla ricerca, si rinvia a [2].

² Per *Social innovation* si può intendere l’insieme di tutti gli aspetti sociali che preesistono, circondano e conseguono a un’innovazione. Dunque, contempla gli aspetti che normalmente esulano da considerazioni economiche, come quelli culturali (atteggiamenti, resistenze e disposizioni, paure e aspettative, responsabilità individuali e collettive ecc.) e strettamente sociali (organizzativi, amministrativi, politici ecc.).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bourdieu P., *Il mestiere dello scienziato*, Feltrinelli, Milano, 2003.
- [2] Cerroni A., *Categorie e relatività. Metodo, cognizione e cultura nella scoperta di Albert Einstein*, Unicopli-Cuesp, Milano 1999.
- [3] Cerroni A., *Homo transgenicus. Sociologia e comunicazione delle biotecnologie*, Franco Angeli, Milano 2003.
- [4] Cerroni A., *Scienza e società della conoscenza*, Utet, Torino 2006.
- [5] Cerroni A., “Conflitti sulla conoscenza: la Grande Contrapposizione fra scientismo e antiscienza”, in: *I conflitti contemporanei. Contrasti, scontri e confronti nella società del III millennio*, (a cura di G.Grossi), Utet, Torino 2008, pp.61-78.
- [6] Cerroni A., Rufo F., (a cura di), *Neuroetica*, Utet, Torino 2009.
- [7] Elias N., *La società degli individui*, Il Mulino, Bologna 1990.
- [8] European Commission, *Taking European knowledge society seriously*, Luxembourg 2007.
- [9] Foray D., *L'economia della conoscenza*, Il Mulino, Bologna 2006.
- [10] Gallino L., *Tecnologia e democrazia. Conoscenze tecniche e scientifiche come beni pubblici*, Einaudi, Torino 2007.
- [11] Giuntini C., (a cura di), *Scienza e società in Inghilterra, dai Puritani a Newton*, Loesher, Torino 1979.
- [12] Huxley T., *Il posto dell'uomo nella natura*, Garzanti, Milano 1973.
- [13] Leopardi G., *Zibaldone*, Sansoni, Firenze 1989.
- [14] Lorenz K., *L'aggressività*, Mondadori, Milano 1986.
- [15] Marx K., *Opere filosofiche giovanili*, Editori Riuniti, Roma 1963.
- [16] Merton R.K., *La sociologia della scienza. Indagine teoriche ed empiriche*, Franco-Angeli, Milano 1981.
- [17] Mitroff I., “Norms and counternorms in a selected group of Apollo Moon scientists. A case study in the ambivalence of scientists”, *American Sociological Review*, 39, (1974), pp.579-595.
- [18] Richta R., *Civiltà al bivio*, Franco Angeli, Milano 1969.
- [19] Rullani E., *Economia della conoscenza*, Carocci, Roma 2004.
- [20] Russ J., *L'etica contemporanea*, Il Mulino, Bologna 1997.
- [21] Russo L., *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano 1996.
- [22] Santosuosso, *Corpo e libertà*, Cortina, Milano 2001.
- [23] Stehr N., *Knowledge societies*, Sage, London 1994.
- [24] Stiglitz J., “Knowledge as a Global Public Good” in: I.Kaul, I.Grunberg, M.A.Stern, (eds.), *Global Public Goods: International Cooperation in the 21st Century*, Published for the United Nations Development Programme by Oxford University Press), Chapter 14, New York 1999.
- [25] Tocci W., *Politica della scienza? Le sfide dell'epoca alla democrazia e alla ricerca*, Ediesse, Roma 2008.

FUMETTI, ESPERIMENTI MENTALI E FILOSOFIA DELLA MENTE

ANDREA SANI

Liceo Classico Galileo, Firenze e Società Filosofica Italiana

1. Scienza e filosofia a fumetti

Da un po' di tempo a questa parte, gli scienziati e gli epistemologi hanno cominciato a occuparsi di fumetti, in alcuni dei quali hanno rintracciato, espresse in modo non banale, significative teorie scientifiche. Esempi di questa particolare attenzione nei confronti dei *comics* sono alcuni libri pubblicati recentemente: *La fisica dei supereroi* (2007) di James Kakalios¹, in cui, partendo dai superpoteri degli eroi dei fumetti, un illustre scienziato costruisce una vera e propria guida alle leggi fisiche dell'universo; *La scienza fra le nuvole* (2007) di Pier Luigi Gaspa e Giulio Giorello², che mette a confronto l'immaginazione scientifica con quella fumettistica da Disney a Jacovitti, e *La scienza dei Simpson* (2007) di Marco Malaspina³, in cui si fa notare che negli episodi della celebre saga a cartoni animati e a fumetti sono reperibili numerosi riferimenti ai traguardi della ricerca e all'attualità tecnico-scientifica. Addirittura, Bruce Bassett ed Edney Ralph hanno realizzato una *Relatività a fumetti* (2008), pubblicata recentemente da Raffaello Cortina editore⁴.

I *comics* possono rivestire anche qualche interesse di carattere filosofico, e non solo scientifico, perché certe trovate degli autori di fumetti ricordano le più stravaganti congetture metafisiche e gnoseologiche formulate dai filosofi. Questi ultimi, infatti, ricorrono talvolta a "esperimenti mentali" (o ideali, *Gedankenexperimente*) al limite dell'impensabile.

Gli esperimenti mentali nascono sul terreno della scienza. Galileo Galilei, per esempio, non avendo sempre la possibilità di effettuare la verifica in laboratorio delle proprie teorie per mancanza di strumenti adeguati, ricorre talvolta a una sorta di "fisica ideale", e suppone l'assenza di forze, si immagina piani perfettamente levigati, o si raffigura il movimento nel vuoto.

Gli esperimenti mentali sono frequenti anche nelle opere dei filosofi, e soprattutto in quelle dei filosofi della mente, che discutono di cervelli in una vasca (cfr. i saggi di Hilary Putnam), o di fantastici raggi teletrasportatori che dissolvono un individuo per ricostruirlo ad anni luce di distanza (cfr. i saggi di Derek Parfit). Evidentemente, tali esperimenti non si possono riprodurre nella realtà, ma è utile immaginarli per stabilire le conseguenze teoriche di certe ardite supposizioni. E' proprio sul terreno degli esperimenti mentali che è possibile un collegamento tra la filosofia e la fantascienza fumettistica, che (al pari di quella cinematografica) ci consente di visualizzare, non solo con

gli occhi della mente, le situazioni più insolite.

In particolare, gli esperimenti mentali sono introdotti nella discussione sul classico tema filosofico dell'identità personale, che cerca di stabilire su cosa si fondi la permanenza della stessa persona nel variare del tempo.

2. Che cos'è l'identità personale?

Il problema dell'identità personale è spesso collegato, nella letteratura sull'argomento, al cosiddetto "paradosso della nave di Teseo", a cui accenna Plutarco (46 ca – 127) nelle *Vite parallele* (*Teseo*, 23)⁵.

Plutarco racconta che la nave di legno a trenta remi sulla quale viaggiò il mitico eroe greco Teseo fino a Creta per uccidere il Minotauro fu conservata intatta nel corso dei secoli dagli Ateniesi, perché le parti che si deterioravano venivano via via sostituite. Arrivò così un momento in cui tutte le parti usate in origine per costruire la nave erano ormai rimpiazzate, benché la nave stessa conservasse esattamente la sua forma originaria. La questione che si può porre a questo punto è la seguente: al termine delle sostituzioni delle parti, la nave di Teseo era ancora la stessa nave di partenza?

Il paradosso può essere riferito anche all'identità personale, dato che ciascuno di noi cambia continuamente, sebbene sembri rimanere la stessa persona. Ma cos'è che fonda l'identità dell'io, nella sua continuità attraverso il tempo e in quanto distinto dagli altri enti?

A questa domanda sono possibili vari tipi di risposte. In prima istanza, si può sostenere che un individuo resta sempre lo stesso in virtù del suo corpo, cioè sulla base della sua continuità corporea. E' questo il criterio che si usa nella vita quotidiana, quando identifichiamo una persona grazie ai suoi tratti somatici o – più scientificamente – in base alle sue impronte digitali.

Un'altra risposta possibile al problema dell'identità personale è che quest'ultima risulta determinata non dal corpo, ma dalla continuità degli stati coscienti. Tale soluzione è proposta, nella filosofia moderna, dal filosofo inglese del Seicento John Locke nel suo *Saggio sull'intelletto umano* del 1690. Secondo l'empirista Locke, ciò che ci fa essere la stessa persona, e che ci rende moralmente responsabili del nostro comportamento passato, è la continuità della nostra coscienza, resa possibile dalla memoria delle azioni che abbiamo compiuto. Locke introduce, quindi, un *criterio psicologico* di identità personale, e non un *criterio corporeo*.

Per argomentare la sua tesi, il filosofo inglese propone un fantasioso "esperimento mentale", quello del "principe e del ciabattino", con il quale intende dimostrare che la continuità del corpo non fonda la continuità della persona.

3. L'esperimento mentale del principe e del ciabattino

L'esperimento mentale di Locke legato al tema dell'identità personale è il seguente, contenuto nel paragrafo 17 del capitolo XXVII del secondo libro del *Saggio sull'intelletto umano*:

Se l'anima di un principe portando con sé la consapevolezza della vita passata del principe, entrasse a informare di sé il corpo di un ciabattino subito dopo che questo fosse stato abbandonato della propria anima, ognuno vede che egli sarebbe la stessa persona che il principe, responsabile solo delle azioni del principe; ma chi direbbe che si tratta dello stesso uomo?⁶

Qualora i contenuti di coscienza e i ricordi di tutte le esperienze di un principe venissero magicamente trasferiti nel corpo di un ciabattino, il ciabattino, malgrado il suo aspetto corporeo, diverrebbe il principe. Di conseguenza, secondo Locke, l'identità del principe (come quella di ogni persona) non dipende dal suo corpo, ma dalla continuità della sua coscienza. Sono i suoi stati coscienti e la sua memoria che fanno del principe ciò che egli è, e non il permanere della sua sostanza corporea.

Secondo Locke, l'identità personale di un individuo non dipende nemmeno dal permanere della sua sostanza spirituale, o *res cogitans*, come la chiama il filosofo francese René Descartes. Certo, per Locke, "l'opinione più probabile" è che la nostra coscienza "sia annessa a una sola sostanza immateriale", o anima. Però, dato che la sostanza spirituale, intesa come "sostrato" dei nostri stati d'animo, non è oggetto d'esperienza, il filosofo empirista sospende il giudizio al riguardo. Secondo lui, ciò che ai nostri occhi ci fa essere la stessa persona è semplicemente la continuità dei nostri atti coscienti, quale che sia la loro origine.

L'io non è determinato dall'identità o diversità della sostanza, – precisa Locke – cosa di cui non può essere sicuro, ma solo dall'identità della coscienza⁷.

La concezione di Locke è dunque diversa sia da quella dei materialisti (per i quali l'identità personale deriva dalla permanenza di una sostanza fisica), sia da quella degli spiritualisti (per i quali deriva dalla permanenza di una sostanza spirituale), giacché per il filosofo empirista l'identità personale è indifferente al sostrato in cui essa si realizza: la nostra identità è un meccanismo che ha il suo fondamento nella relazione che la memoria instaura tra le impressioni continuamente mutevoli, e tra il presente e il passato.

4. Il Globo Gemello di Leibniz

La tesi di Locke, secondo la quale ciò che ci fa essere la stessa persona è il flusso della coscienza, non è però esente da critiche, e fu già contestata da Gottlieb Wilhelm Leibniz nei *Nuovi saggi sull'intelletto umano* del 1705 (cfr. parte II, capitolo XXVII, paragrafo 23), dove anche il grande filosofo tedesco escogita un suo fantasioso esperimento mentale per confutare la posizione lockiana, quello del "globo gemello".

Si può dire – afferma Leibniz – che in un altro luogo dell'universo o in un altro tempo, vi sia un globo che non differisce sensibilmente dal globo terrestre che abitiamo e che ciascuno degli uomini che lo abitano non differisca in modo sensibile da ognuno di noi. Così vi saranno più di cento milioni di coppie di persone simili, cioè di persone con le stesse apparenze e coscienze, e Dio potrebbe trasferire i soli spiriti, o anche i loro corpi, da un globo all'altro senza

che se ne accorgessero. Ma sia che vengano trasferiti, sia che li si lascino dove sono, che si dirà delle loro persone o del loro sé, secondo voi?⁸

Se consideriamo una coppia costituita da un abitante della nostra Terra e dal suo gemello abitante nell'altro globo analogo al nostro ipotizzato da Leibniz, i due individui, pur avendo dei contenuti mentali coscienti qualitativamente identici, non costituiranno certo la stessa persona, appartenendo a mondi diversi e separati da un'enorme distanza.

Dunque, la continuità dei ricordi coscienti non fonda – come ritiene Locke – l'identità personale, perché non è sufficiente a distinguere il proprio essere da quello di tutti gli altri. L'identità personale, secondo Leibniz, consiste, invece, nella permanenza della stessa sostanza spirituale (o “monade”), che è titolare dei nostri ricordi coscienti e anche di quelli inconsci, o “piccole percezioni” (*petites perceptions*) senza consapevolezza.

Il filosofo della mente Michele Di Francesco osserva che Leibniz ha avuto il merito di evidenziare il fatto che

l'insieme dei contenuti psicologici è un tipo generale, mentre l'individuo è un particolare: dato un qualunque insieme di contenuti, che dovrebbe costituire l'essenza di un individuo, possiamo immaginare una situazione in cui il medesimo insieme sia posseduto da un'altra persona⁹.

In effetti, Leibniz afferma:

L'organizzazione o configurazione senza un principio di vita sussistente, quella che io chiamo monade, non sarebbe sufficiente a far permanere idem numero lo stesso individuo; infatti potrebbe conservarsi specificamente senza permanere individualmente. (...) Quanto alle sostanze che hanno in sé stesse una vera ed effettiva unità sostanziale, cui si possono attribuire le azioni vitali propriamente dette e quanto agli esseri sostanziali – quae spiritu continentur – come diceva un antico giureconsulto, contenuti, cioè nella stessa anima indivisibile, si ha ragione di dire che rimangono lo stesso individuo, in virtù di quell'anima o spirito che costituisce l'io in quelle di esse che pensano¹⁰.

L'identità personale, per Leibniz, *si manifesta* nella coscienza ma *non si risolve* solo in questa manifestazione. L'identità personale è infatti legata all'identità sostanziale.

5. Le Terre Gemelle dei *comics*

L'esperimento mentale di Leibniz del Globo Gemello è giudicato dal filosofo della mente Michele Di Francesco un'anticipazione del celebre argomento della “Terra Gemella” del filosofo analitico Hilary Putnam¹¹. Ma la fantasia filosofica leibniziana precorre anche le innumerevoli invenzioni dei “mondi gemelli” della fantascienza, delle quali è un significativo esempio fumettistico la serie americana che si intitola proprio *Terre Gemelle* (*Twin Earths*), distribuita sotto forma di strisce quotidiane e di tavole domenicali dalla United Feature Syndicate. *Twin Earths* è una saga a fumetti iniziata il 16 giugno del 1952 e conclusa nel 1963, ad opera di Oskar Lebeck (1893-1966), responsabile dei testi, e Alden McWilliams (1916-1993), autore dei disegni¹².

Lebeck e McWilliams ipotizzano l'esistenza di un mondo gemello del nostro, chiamato *Terra* in lingua inglese e *Tellus* (o *Terra 2*, o *Nuova Terra*) nelle varie traduzioni italiane. La prima vignetta della striscia quotidiana ci informa che *Tellus* si trova al di là del Sole, in una posizione diametralmente opposta a quella del nostro pianeta, che è posto sulla sua stessa orbita. Proprio per questo, *Tellus* risulta per noi invisibile, come l'Antiterra dei filosofi pitagorici dell'antichità. Ricordiamo, infatti, che il pitagorico Filolao di Crotona (470 a.c.-390 a.c.) aveva immaginato un decimo corpo celeste – l'Antiterra, appunto – che ruota intorno al Fuoco centrale dell'universo con un'orbita interna a quella del globo terrestre, e che non è visibile agli uomini perché essi vivono nell'emisfero della Terra rivolto verso le orbite esterne della Luna, del Sole e degli altri pianeti¹³. Nella saga a fumetti avviene un contatto fra i due pianeti gemelli e gli abitanti di *Tellus* arrivano sulla Terra con i loro dischi volanti “a propulsione elettromagnetica”.

Non è da escludere che Putnam, nell'immaginare l'esempio della Terra Gemella, più che da Leibniz abbia preso spunto proprio da *Twin Earths* di Lebeck e McWilliams, dato che esplicitamente, nel saggio *Il significato di “significato”* (1975) che tratta della Terra Gemella, il filosofo americano ammette di essersi “ispirato alla fantascienza”.

Una “Terra Gemella” è anche il *Mondo Duplex* (*Mondo Bizzarro*) dei *comics* di *Superman*, il supereroe creato dallo scrittore Jerry Siegel (1914-1996) e dal disegnatore Joseph (Joe) Shuster (1914-1992) nel giugno del 1938. Il *Mondo Duplex* è un pianeta analogo alla Terra popolato da copie (sebbene imperfette) dello stesso *Superman* e dei suoi amici *Perry White*, *Jimmy Olsen*, *Lois Lane*, ecc., creati utilizzando un “raggio duplicatore” dal nemico di *Superman* *Lex Luthor*¹⁴.

6. I fumetti di Blake e Mortimer

Anche il suggestivo esperimento mentale del principe e del ciabattino proposto da Locke nel *Saggio sull'intelletto umano* trova una visualizzazione a fumetti in un racconto della serie di *Blake e Mortimer*, ideata nel 1946 dal belga Edgar Pierre Jacobs (1904-1987). La storia in questione è *Il Santuario di Gondwana* (2008)¹⁵, opera di due autori, Yves Sente (n. 1964) e André Juillard (n. 1948), che hanno riproposto in nuove avventure i celebri personaggi di Jacobs: il professor *Philip Mortimer*, fisico nucleare, e l'amico *Francis Blake*, capitano del servizio segreto inglese, protagonisti di una saga che mescola scienza e fantascienza alla Jules Verne, spie e scienziati pazzi, armi assolute e fanta-archeologia, il tutto disegnato in uno stile iper-preciso di estrema leggibilità, piatto e senza sfumature, detto “linea chiara” (*ligne claire*).

Il Santuario di Gondwana forma un trittico con la precedente storia in due tomi *I sarcofagi del Sesto Continente* (2003-04)¹⁶. In questi tre albi, Sente e Juillard immaginano che un misterioso scienziato-mago indiano, che si fa chiamare *Açoca*, abbia costruito in Antartide un diabolico macchinario (i cosiddetti “sarcofagi”), che rende possibile una specie di “teletrasporto”. I sarcofagi, infatti, sono capaci di “estrarre” dal cervello di un uomo le connessioni elettriche che legano i suoi neuroni, creando una sorta di

“mente virtuale”, e di inviarla ovunque si voglia attraverso le reti hertziane.

Nei sarcofagi finiscono il professor *Mortimer* e il suo irriducibile nemico, il malvagio colonnello *Olrik*, fatti prigionieri da *Açoca*. Dai cervelli di questi due antagonisti, *Açoca* estrae le rispettive “menti virtuali”, che poi rientrano (almeno apparentemente) nei relativi corpi. Ma alla fine del terzo volume del trittico (appunto nel *Santuario di Gondwana*), con un imprevedibile colpo di scena, Sente e Juillard rivelano che la mente del colonnello *Olrik* è in realtà rientrata nel sarcofago contenente il corpo di *Mortimer* e viceversa. Nel corso di tutta la storia, *Olrik* si è sostituito a *Mortimer*, che, invece, è rimasto prigioniero nel corpo del suo avversario, bloccato nel sarcofago a causa della caduta di alcuni blocchi di ghiaccio.

Gli autori del fumetto suppongono, dunque, un evento fantastico analogo a quello ideato da Locke. Nel *Saggio sull'Intelletto umano* Locke ipotizza che le menti di due individui collocati agli estremi della scala gerarchica della società (un principe e un ciabattino) si scambino i loro corpi. I due autori della storia a fumetti escogitano un esperimento simile, ma lo immaginano fra due uomini che rappresentano delle personalità opposte dal punto di vista morale: il buono e il cattivo.

7. La prova della scrittura

Il risultato dello scambio delle menti è il medesimo sia nel caso descritto da Locke, sia in quello rappresentato nella storia di Sente e Juillard. Agli occhi di tutti, dopo la magica trasformazione, il ciabattino di Locke è lo stesso ciabattino di prima, mentre, in realtà, egli ora il principe, perché è la mente del principe (in cui risiede lockianamente la vera identità personale) che abita in lui. In modo analogo, nel *Santuario di Gondwana*, agli occhi degli amici del professor *Mortimer* (e a quelli del lettore), il simpatico personaggio sembra lo stesso delle precedenti avventure, almeno fino alla conclusione della storia, quando si scopre inaspettatamente che la sua personalità è invece quella di *Olrik*, che ha escogitato un piano diabolico approfittando del suo diverso aspetto fisico. Per fortuna il piano fallisce e, sempre grazie ai sarcofagi, le menti di *Mortimer* e di *Olrik* riacquistano i loro corpi di origine.

Il Santuario di Gondwana si fa apprezzare non tanto per le sue componenti avventurose (abbastanza convenzionali), ma proprio per il colpo di scena che conclude la storia, allorché il lettore capisce che nel corpo di *Mortimer* si è insediata la mente di *Olrik*. La rivelazione conclusiva proposta dallo sceneggiatore Yves Sente ricorda anche l'idea centrale della pellicola horror *Il sesto senso* (*The Sixth Sense*, 1999) di M. Night Shyamalan, perché la scoperta dello scambio delle due personalità produce un capovolgimento di prospettiva analogo a quello che si verifica nel finale del film (quando lo spettatore comprende all'improvviso che il protagonista della pellicola, interpretato da Bruce Willis, non è un uomo in carne e ossa ma un fantasma), e costringe il lettore a rileggere tutta la storia in una visuale completamente diversa.

Sente e Juillard mostrano anche in che modo sarebbe possibile scoprire, dall'esterno, il trasferimento della mente di un uomo nel corpo di un altro. Nel corso della storia,

Olrik studia il diario di *Mortimer* che contiene le memorie del professore, in modo da perfezionare l'attendibilità del suo nuovo comportamento. Ma alla fine dell'avventura, *Olrik* sarà tradito dalla sua stessa calligrafia, che risulterà diversa da quella di *Mortimer*.

Infatti, se una mente entrasse in un corpo estraneo, quest'ultimo conserverebbe tutte le sue capacità puramente fisiche, come per esempio la voce, che è prodotta dalla gola e dalle corde vocali; ma sarebbe la mente a guidare la mano quando scrive. Cosicché la scrittura potrebbe essere un elemento discriminante per stabilire se un uomo è un principe diventato per magia ciabattino o se, invece, la coscienza di un criminale come *Olrik* è penetrata fantascientificamente nel corpo di un eroe positivo come *Philip Mortimer*!

8. Il funzionalismo

Ipotizzando che la mente di un uomo consista nelle "connessioni elettriche" fra i neuroni del suo cervello (secondo la terminologia degli anni Cinquanta, epoca nella quale è ambientata la storia), e che proprio per questo possa essere "estratta" dal suo corpo e trasmessa nel corpo di un altro grazie a un incredibile marchingegno, lo sceneggiatore del *Santuario di Gondwana* sfrutta in modo implicito la concezione dei filosofi della mente cosiddetti "funzionalisti", che, nel Novecento, hanno ripreso e radicalizzato le posizioni di John Locke.

Come si è detto, Locke non nega che una sostanza (materiale o spirituale) possa essere all'origine della nostra coscienza; si limita a sostenere che il problema della natura della sostanza non è pertinente per l'identità personale. I funzionalisti, invece, come nota Michele Di Francesco¹⁷, estremizzano questa tesi di Locke, arrivando a concepire la mente addirittura come *software* o "informazione", piuttosto che come *hardware*.

Il funzionalismo, fondato da Hilary Putnam (che però, in un secondo tempo, ha rinnegato le sue precedenti posizioni) identifica gli stati mentali dell'uomo con "stati funzionali", cioè con una certa funzione, con un certo processo che, a partire da determinati *input* sensoriali, e da determinati stati psichici, quali credenze, opinioni, ricordi, produce determinati *output*, per esempio certe risposte motorie.

Considerando gli stati mentali come stati funzionali, i funzionalisti paragonano la nostra mente al "programma" di un calcolatore (il *software*, appunto), mentre il nostro cervello alla "macchina" (o *hardware*), e sostengono la tesi fantascientifica che anche un computer può "pensare". Il cervello è la macchina fisica che esegue il programma, mentre la mente è il programma stesso (e quindi non si identifica con la macchina, anche se gira sulla macchina).

Ora, un *software* può essere realizzato da supporti diversi, e può passare da macchina a macchina. In modo analogo, la mente dell'uomo, essendo un programma, non sarebbe una sostanza materiale (o spirituale), ma un *modo* delle sostanze, cioè qualcosa che è realizzato in un oggetto materiale (il cervello), ma che – in teoria – potrebbe essere estrapolato dal cervello e trasmesso da un oggetto materiale all'altro (per esempio dal cervello di *Mortimer* a quello di *Olrik*).

9. Le obiezioni al funzionalismo

La teoria funzionalista, secondo la quale i processi della mente umana sarebbero assimilabili ai programmi di un computer, e che giustifica il suddetto, ardito esperimento ideale, ha però suscitato da tempo numerose obiezioni di carattere filosofico e scientifico.

Una di queste fu formulata da John Lucas all'inizio degli anni Sessanta nell'articolo *Mente, macchine e Gödel* (1961)¹⁸, e si basa su una (discussa) estrapolazione filosofica del primo teorema di Gödel del 1931. Successivamente, tale obiezione è stata ripresa – in termini un po' diversi – da Roger Penrose nel suo libro del 1989 *La mente nuova dell'imperatore*¹⁹.

Semplificando i termini del discorso, l'obiezione di Lucas alla concezione della mente come *software* è questa: per il primo teorema di Gödel, in ogni sistema formale coerente, assiomatizzabile e sufficientemente potente, esiste una formula del sistema che non è dimostrabile al suo interno, essendo *indecidibile*. Eppure tale formula indimostrabile è intuitivamente vera, nel senso che la mente umana è in grado di riconoscere la verità. Siccome i *software* dei computer costituiscono la realizzazione concreta di un sistema formale, ne consegue che un *software* non domina la nozione semantica di verità, e poiché, invece, la nostra mente è capace di farlo, possiamo concludere che la mente non è un programma²⁰.

Un'altra obiezione è proposta da John Searle, il quale osserva che i programmi di un computer si limitano a manipolare i simboli senza comprenderli²¹. Ciò che avviene nella mente di un uomo quando parla non è solo un processo formale, un mero collegamento sintattico di segni. Ogni stato mentale umano ha la peculiarità di riguardare sempre qualcosa, di avere cioè un contenuto, un significato di cui siamo coscienti. Invece, le macchine con i loro programmi anche più elaborati non comprendono nulla e non sanno quello che fanno.

Altri autori, infine, come per esempio Thomas Nagel, fanno notare che il funzionalismo, interpretando la mente come un insieme di procedure che mediano il rapporto fra *input* percettivi e *output* del comportamento, non offre una soddisfacente spiegazione teorica della mente perché trascura una caratteristica fondamentale dei nostri stati mentali, di cui tutti abbiamo esperienza: la loro dimensione qualitativa, che non è affatto equivalente a stati funzionali²². Gli aspetti qualitativi degli stati mentali, detti "*qualia*" (plurale neutro latino di *quale*, cioè "qualità", "attributo") consistono, per esempio, nel vedere un colore, nell'udire un suono o nel provare un dolore. I *qualia* sono i modi in cui le cose ci appaiono e "fanno un certo effetto" a chi li sperimenta. In sintesi, secondo Nagel, una mente non è un programma come pensano i funzionalisti, perché non si prova nulla ad avere un programma, mentre è indubbio che si prova qualcosa ad avere una mente²³.

Con un argomento che ha suscitato un acceso dibattito filosofico, Nagel, nell'articolo *Che effetto fa essere un pipistrello?*²⁴ ha sostenuto che alla scienza sfugge proprio l'aspetto qualitativo dei fenomeni mentali. Nagel fa l'esempio del pipistrello che,

com'è noto, emette ogni secondo degli ultrasuoni per riuscire a orientarsi nell'ambiente. Ebbene: benché si possano spiegare scientificamente i processi fisici che caratterizzano il sistema sonar dei pipistrelli, noi non potremmo sapere cosa si prova a percepire degli ultrasuoni, a meno di essere un pipistrello. La conoscenza degli aspetti fisici della mente non può informarci su che effetto fa avere una certa sensazione.

Prendendo di nuovo come esempio i *comics*, si può dire che *Batman* – il personaggio creato nel 1939 da Bob Kane (Robert Kahn, 1915-1998) e da William “Bill” Finger (1914-1974) – anche se possiede l'aspetto e il comportamento esteriore di un pipistrello, non sa che cosa si prova a percepire il mondo con un sistema sonar, perché non possiede la struttura interna di un pipistrello. Invece, *Spiderman* – nato nel 1962 a opera di Stan Lee e Stephen “Steve” Ditko – che è stato morso da un ragno radioattivo e ne ha assunto i poteri e le capacità percettive, sa esattamente che cosa si prova a essere un ragno!

10. Il diabolico *Mister Jinx*

Senza entrare ulteriormente nel merito di queste critiche al funzionalismo, resta il fatto che il paragone tra la mente umana e il *software* dei computer costituisce un ottimo spunto per le storie di fantascienza a fumetti. Effettivamente, il funzionalismo, oltre ad aver ispirato la suddetta avventura di *Blake e Mortimer*, sta alla base almeno di un'altra storia di un celebre personaggio dei *comics*, *Martin Mystère*, creato nel 1982 dallo sceneggiatore Alfredo Castelli e dal disegnatore Giancarlo Alessandrini per la Bonelli Editore.

Martin Mystère è un archeologo, un antropologo, ma soprattutto un “detective dell'impossibile” alla *Indiana Jones*, che affronta enigmi d'ogni genere, da quelli storici a quelli (para)scientifici. Nell'episodio *I giorni dell'incubo*, pubblicato negli albi 62, 63 e 64 del maggio-luglio 1987 (testi di Castelli e disegni di Giovanni Fregghieri)²⁵, troviamo un'ulteriore versione fantascientifica in chiave “funzionalista” dell'esperimento mentale dello scambio dei corpi.

In questa storia ritorna un celebre nemico di *Martin Mystère*, il mefistofelico *Mister Jinx*, che ciclicamente si impossessa di straordinarie invenzioni altrui, con le quali realizza i “sogni impossibili” dei propri ricchi clienti. Questa volta, *Mister Jinx* sfrutta la scoperta di un geniale scienziato, *Samuel Eulemberg*, che assicura l'eterna giovinezza a vecchi uomini facoltosi. Grazie all'invenzione di *Eulemberg*, *Jinx* riesce a riversare con un complicato procedimento elettronico il contenuto di una mente nel cervello di un altro uomo. “Esattamente come si fa con i dischetti dei computer”, precisa *Martin Mystère*. Usando la forza, *Mister Jinx* si procura un “donatore”, giovane e bello, e grazie a un “bio-computer”, trasferisce nel suo corpo i ricordi e le conoscenze di anziani miliardari che vogliono ringiovanire. Il corpo del vecchio viene poi eliminato, e il suo proprietario può continuare a vivere in un nuovo “involucro” sano e robusto.

Lo stesso caso è descritto da Martin Cohen in *Lo scarabeo di Wittgenstein e altri classici esperimenti mentali* (2005)²⁶, dove l'autore reinterpreta a suo modo l'esempio

della “macchina cambia-corpo” di cui parla il filosofo inglese Bernard Williams (1929-2003) nel saggio *The Self and the Future* (1989)²⁷. Cohen, sempre per discutere il tema dell’identità personale, immagina un macchinario che può essere usato per trasferire conoscenze, ricordi e pensieri da un individuo all’altro, e suppone che entrino in questa macchina un vecchio professore e un suo studente, bello ma non troppo brillante. Il professore vuole assumere il corpo del giovane, riprogrammandolo con tutti i propri attributi mentali, e al tempo stesso trasferire la mente stupida di Steve nel suo corpo decrepito.

11. Duplicazione mentale

Ma la storia di *Martin Mystère* ricorda anche gli esperimenti mentali di Derek Parfit che, in una sorta di “sala operatoria virtuale”, immagina “menti molteplici” nate dal trasferimento di parti del cervello di un individuo in corpi diversi²⁸. Che cosa accadrebbe – si chiede Parfit – se si scoprisse che metà del cervello basta per far funzionare un trapianto cerebrale? In tal caso non ci sarebbero “due se stessi”, producendo una sorta di duplicazione mentale?

Già Thomas Hobbes, riprendendo nel *De Corpore* (1655, I, XI, 7) il paradosso della nave di Teseo per stabilire ciò che determina l’esistenza individuale, si poneva la seguente domanda²⁹: se un uomo avesse tenuto da parte tutte le tavole e travi rimosse dalla nave di Teseo, allo scopo di costruire un’imbarcazione assolutamente indistinguibile da quella di partenza (cioè della stessa forma e della stessa materia), quale delle due navi potrebbe ancora dirsi “la nave di Teseo”?

Nei *Giorni dell’incubo* succede qualcosa di analogo a *Martin Mystère*, perché la mente del “detective dell’impossibile” viene duplicata da *Mister Jinx* con il bio-computer, ridotta a un *software* e inserita nel corpo di un altro individuo, *Alfie Doolittle*, un vecchio alcolizzato, mentre *Mystère* è ancora vivo, cosciente e immobilizzato in un laboratorio. Così, per un certo periodo, esistono *due Martin Mystère*. “E’ una sensazione inquietante confessa *Mystère*. – Io ho sempre mantenuto la cognizione di essere me stesso. Ma l’altro – che poi è morto – può affermare esattamente la stessa cosa”.

Secondo Locke, per il quale, come abbiamo detto, la mente consiste nel flusso della coscienza, *Martin Mystère* e *Alfie Doolittle*, possedendo gli stessi ricordi e gli stessi contenuti mentali, sarebbero la stessa persona (anche se non lo stesso *uomo*)³⁰. La persona è per Locke soltanto un insieme di contenuti psichici: di conseguenza, possiamo immaginare che lo stesso insieme sia posseduto da due individui diversi contemporaneamente. Leibniz, invece, non sarebbe dello stesso parere perché, identificando la persona con la sostanza spirituale, o “monade”, e non con i suoi ricordi coscienti, sosterebbe che *Alfie Doolittle* non è il vero *Martin Mystère*, ma che è diventato solo *simile* a *Martin Mystère*, dato che è pur sempre un’altra sostanza spirituale.

NOTE

¹ Cfr. [10].

² Cfr. [8].

³ Cfr. [17].

⁴ Cfr. [1].

⁵ Cfr. [22].

⁶ Cfr. [14], libro II, cap. XXVII, par. 17, p. 400. In realtà, come osserva M. Di Francesco (in [7], p. 76), la formulazione dell'esempio proposto da Locke non è tra le migliori, perché il riferimento all'"anima" può essere fuorviante. Ciò che conta per il filosofo inglese – precisa Di Francesco – è che nell'esperimento mentale abbiamo il trasferimento nel corpo del ciabattino dei contenuti e dei ricordi del principe (intesi come flusso di coscienza), e non tanto della sua sostanza spirituale o anima.

⁷ Cfr. [14], libro II, cap. XXVII, par. 25, p. 405.

⁸ Cfr. [13], p. 370.

⁹ Cfr. [7], p.125.

¹⁰ Cfr. [13], p. 357.

¹¹ Cfr. [7], p. 123, nota 6. Putnam presenta l'argomento della "Terra Gemella" nel saggio del 1975 *Il significato di "significato"* (in [23]), per risolvere un problema diverso rispetto a quello dell'identità personale discusso da Leibniz. Putnam, infatti, introduce la sua fantasia filosofica affrontando una sottile questione di filosofia del linguaggio relativa al rapporto di "riferimento" che le parole intrattengono con la realtà.

¹² La prima apparizione della serie di O. Lebeck e A. McWilliams, *Terre Gemelle*, avviene in Italia su [11], supplemento del mensile a fumetti *Eureka*, che pubblica le tavole domenicali della serie. Le strisce giornaliera, invece, sono stampate per la prima volta su [12]. Cfr. al riguardo [29].

¹³ Cfr. [6], 44 A16.

¹⁴ La prima storia della lunga serie che tratta di questi cloni è contenuta nel *comic book Superboy* n° 68 (ottobre 1958) ed è opera di Otto Binder (1911-1974, testi) e George Papp (1916-1989, disegni). Qui da noi, l'episodio è apparso sul n° 157 degli *Albi del Falco*, la collana edita da Mondadori dedicata alle avventure di *Nembo Kid* (come allora si chiamava *Superman* in Italia). Va detto, però, che nel caso del *Mondo Duplex* di *Superman* la corrispondenza fra l'esperimento filosofico di Leibniz del Globo Gemello e la visualizzazione fumettistica non è puntuale, perché, a differenza degli abitanti del pianeta immaginato da Leibniz, i cloni del Mondo Duplex dei fumetti di *Superman* sono copie (molto) imperfette degli abitanti della Terra, e si comportano "a rovescio" rispetto ai terrestri, dato che su Duplex vige il "Codice Bizzarro", che addirittura giudica un crimine comportarsi bene o creare qualcosa di bello. D'altra parte, anche sul globo leibniziano i "doppioni" dei terrestri non sono perfettamente uguali ai loro modelli. Pur presentando le stesse proprietà coscienti degli uomini della Terra (una caratteristica che Leibniz ipotizza per confutare l'argomento di Locke), i "doppioni" si distinguono dai terrestri per le loro piccole percezioni inconsce. Se, infatti, due persone simili sulla Terra e sul Globo

Gemello avessero uguali tutte le loro proprietà (comprese quelle inconse), non sarebbero due ma costituirebbero un solo individuo, in virtù del principio leibniziano dell'“identità degli indiscernibili”, secondo il quale due enti non discernibili, cioè che hanno le stesse proprietà, in realtà sono identici.

¹⁵ Cfr. [28]. Sull'argomento, cfr. anche [25].

¹⁶ Cfr. [27].

¹⁷ Cfr. [7], pp. 78-84,

¹⁸ Cfr. [16].

¹⁹ Cfr. [21].

²⁰ Questa argomentazione non convince tutti gli studiosi di Intelligenza Artificiale: per esempio, Gabriele Lolli rileva che negli argomenti di Lucas e Penrose si cela un errore di interpretazione (cfr. [15], pp. 109-112). Infatti, la formula che risulta indimostrabile in un sistema formale è riconosciuta dalla mente umana come vera non in assoluto, ma come vera solo nell'ipotesi della coerenza di tale sistema. Dunque, per riconoscere la verità della formula in questione, bisogna prima essere in grado di provare la non contraddittorietà del sistema in cui essa è costruita. Ma, in base al cosiddetto “secondo teorema di Gödel”, non esiste una prova assoluta di tale coerenza. In altre parole, noi possiamo riconoscere soltanto la verità condizionale della formula (sotto l'ipotesi della non contraddittorietà), non quella assoluta. Di conseguenza, il primo teorema di Gödel che limita le possibilità dei sistemi formali non sarebbe sufficiente a dimostrare la superiorità della mente umana sui computer.

²¹ Cfr. [26].

²² Cfr. [18].

²³ Le altre ipotesi circa la natura della mente – alternative al funzionalismo – sono il dualismo interazionista, la teoria materialista dell'identità, il “connessionismo” e la concezione scettica dei cosiddetti “misteriani”. Per il dualismo interazionista, sostenuto nel Novecento da John Carew Eccles (1903-1997), premio Nobel per la fisiologia e la medicina nel 1963, e dal filosofo della scienza Karl Popper (1902-1994), la mente è distinta dalla materia (e quindi dal cervello), anche se può interagire con essa. La teoria materialista dell'identità, fondata da Ullin Place (1924-2000) e Jack Smart, sostiene l'identità degli stati della mente con gli stati cerebrali. Il “connessionismo” (o teoria delle reti neurali) di David E. Rumelhart e James L. McClelland, ritiene che i processi cognitivi potrebbero essere realizzati solo da una macchina la cui struttura fosse analoga al nostro cervello, in cui esiste un elevato numero di connessioni tra le unità neuronali, e in cui l'elaborazione dei dati avviene *in parallelo*, e non *in sequenza* (un passo alla volta) come accade invece nei normali computer. Invece, i cosiddetti “misteriani” come Colin McGinn sono giunti alla conclusione che il problema del rapporto mente/corpo sarà sempre per l'uomo insondabile e inesplicabile. Su questo punto cfr. [24].

²⁴ Cfr. [19].

²⁵ Cfr. [4], [3], [2].

²⁶ Cfr. [5], pp. 32-33.

²⁷ Cfr. [30]. Sulla macchina cambia-corpo immaginata da B. Williams cfr. [5], pp. 32-33.

²⁸ Cfr. [20].

²⁹ Cfr. [9], p. 185.

³⁰ Trattando del tema della reincarnazione, Locke afferma: “Questo ci può mostrare in che consista l’identità personale: non nell’identità della sostanza ma, come ho detto, nell’identità della coscienza, per cui se Socrate e l’attuale sindaco di Queinborough si trovano d’accordo [cioè se hanno gli stessi ricordi coscienti, n.d.a], sono la stessa persona”, in [14], libro II, cap. XXVII, par. 21, p. 402.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bassett, B., e Ralph, E., *La relatività a fumetti*, Raffaello Cortina editore, Milano 2008.
- [2] Castelli, A. e Freghierì, G., *Fantasma a Manhattan*, in *Martin Mystère* n° 64, Bonelli editore, Milano luglio 1987.
- [3] Castelli, A. e Freghierì, G., *Operazione Dorian Gray*, in *Martin Mystère* n° 63, Bonelli editore, Milano giugno 1987.
- [4] Castelli, A. e Freghierì, G., *Quarta dimensione*, in *Martin Mystère* n° 62, Bonelli editore, Milano maggio 1987.
- [5] Cohen, M., *Lo scarabeo di Wittgenstein e altri classici esperimenti mentali* (2005), Carocci, Roma 2006
- [6] Diels, H. – Kranz, W., *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Weidmann, Berlino 1951, 1952⁶.
- [7] Di Francesco, M., *L'io e i suoi sé. Identità personale e scienza della mente*, Raffaello Cortina editore, Milano 1998.
- [8] Gaspa, P. L. e Giorello, G., *La scienza fra le nuvole*, Raffaello Cortina editore, Milano 2007.
- [9] Hobbes, T., *Elementi di filosofia. Il corpo - L'uomo*, a cura di A. Negri, U.T.E.T., Torino 1972.
- [10] Kakalios, J., *La fisica dei supereroi*, Einaudi, Torino 2007.
- [11] Lebeck, O. e McWilliams, A., *Terre Gemelle*, in *Eureka vacanze*, Editoriale Corno, Milano giugno 1968.
- [12] Lebeck, O. e McWilliams, A., *Terre Gemelle*, in *Gulliver* nn. 0-14, Ega, Roma 1976-81.
- [13] Leibniz, G. W., *Nuovi saggi sull'intelletto umano*, in G. W. Leibniz, *Scritti filosofici*, 2 voll., vol. II, Utet, Torino 1988.
- [14] Locke, J., *Saggio sull'intelletto umano*, Utet, Torino, 1971.
- [15] Lolli, G., *Sotto il segno di Gödel*, Il Mulino, Bologna 2007.
- [16] Lucas, J., *Minds, Machines and Gödel*, in *Philosophy*, n° 36, 1961, pp. 112-127, ristampato in Anderson, A. R., *Minds and Machines*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ, 1964.
- [17] Malaspina, M. (a cura di), *La scienza dei Simpson*, Sironi editore, Milano 2007.
- [18] Nagel, T., *Coscienza e realtà oggettiva*, in Giorello, G. e Strata, P. (a cura di), *L'automa spirituale. Menti, cervelli e computer*, Laterza, Roma-Bari, 1991.
- [19] Nagel, T., *Che effetto fa essere un pipistrello?*, in T. Nagel, *Questioni morali*, Il Saggiatore, Milano 1968, pp. 162-176
- [20] Parfit, D., *Ragione e persone*, Il Saggiatore, Milano 1989.
- [21] Penrose, R., *La mente nuova dell'imperatore*, Rizzoli, Milano 1992.
- [22] Plutarco, *Vite*, a cura di A. Barigazzi, Utet, Torino 1992, voll. I-VI.
- [23] Putnam, H., *Mente, linguaggio e realtà*, Adelphi, Milano 1987.

- [24] Salucci, M., *Mente/corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.
- [25] Sani, A., *I fumetti, Locke e l'identità personale*, in *Diogene. Filosofare oggi*, Giunti, Firenze dicembre 2008 – febbraio 2009, anno 4, pp. 86-88.
- [26] Searle, J., *L'analogia cervello/computer: un errore filosofico*, in G. Giorello e P. Strata (a cura di), *L'automa spirituale. Menti, cervelli e computer*, pp. 199-213, Laterza, Roma-Bari 1991.
- [27] Sente, Y. e Juillard, A., *I Sarcofagi del sesto continente*, Alessandro Editore, Bologna 2003-2004.
- [28] Sente, Y. e Juillard, A., *Il Santuario di Gondwana*, Alessandro Editore, Bologna 2008.
- [29] Tamagnini, L. (a cura di), *Terre Gemelle*, Il Fumetto, ANAFI, Reggio Emilia, 2007.
- [30] Williams, B., *The Self and the future*, in J. Perry (a cura di), *Personal Identity*, University of California Press, Berkeley 1975.

INTERVISTA A IAN HACKING

SILVANO ZIPOLI CAIANI

Dipartimento di Matematica, Università di Milano

DUCCIO MANETTI

Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze

Pochi altri filosofi oggi sono capaci di parlare a un così vasto pubblico come Ian Hacking è in grado di fare. Laureatosi in fisica e matematica all'Università della British Columbia e successivamente in Scienze Morali all'Università di Cambridge, ove ha conseguito anche il suo Ph.D, Ian Hacking può certamente essere considerato come uno dei più influenti filosofi della scienza e storici del pensiero scientifico.

L'opera di Hacking si distingue non solo per la capacità di spaziare attraverso discipline diverse come la fisica e la psichiatria, ma anche per una marcata sensibilità teorica che raramente si trova così ben associata al rigore tipico dello storico. I lavori di Hacking sono un esempio di ricerca storico-critica in grado di accompagnare la genesi delle idee scientifiche a un accurato e originale esame epistemologico: una combinazione dalla quale sono emerse proposte teoriche che, a distanza di più di quarant'anni dalla pubblicazione dei primi importanti lavori, rappresentano ancora un punto di riferimento per il dibattito filosofico. Tra questi, ci limitiamo a segnalare *The Emergence of Probability*, del 1975, la cui ultima ristampa presso la Cambridge University Press risale al 2006.

Nei lavori di Hacking la contestualizzazione storica della scoperta scientifica non si esaurisce in una ricostruzione cronologica dei fatti, ma assume valore nella proposta di nuove soluzioni a classici problemi di natura epistemologica. È questo il caso rappresentato dal *realismo* delle entità scientifiche, sostenuto da Hacking sulla base di un esame delle pratiche di laboratorio che contraddistinguono la ricerca in ambito micro-fisico. Per Hacking, la convinzione realista, tipica dei fisici sperimentali, risulterebbe ben motivata dalla consapevolezza pratica prodotta dai casi in cui l'utilizzo di entità inosservabili risulta determinante al fine di costruire strumenti in grado di interagire con altri fenomeni naturali (*Representing and Intervening*, 1983; trad. it. *Conoscere e sperimentare*, 1987). Ne emerge una concezione "sperimentalista" e pragmatica delle entità scientifiche, che certamente distingue la posizione di Hacking da altre forme di realismo e in particolar modo da quelle di stampo metafisico.

Sviluppando la sua prospettiva realista, Hacking ha esplicitato negli anni la propria avversione per quelle forme di costruttivismo che tendono a ridurre i processi di produzione scientifica a una sorta di contrattazione sociale. In particolare, sia la mancanza di

evidenze in grado di suffragare una correlazione causale tra fenomeni sociali ed eventi naturali, sia il marcato impegno con forme di convenzionalismo ingenuo, motivano la critica di Hacking verso gli aspetti più radicali che contraddistinguono la tradizione costruttivista (*The Social Construction of What?*, 1999; trad. it. *La natura della scienza*, 2000). Nonostante ciò, nelle sue opere, e specialmente nelle più recenti, Hacking ha colto l'importanza che le dinamiche sociali manifestano lungo il percorso che conduce a una nuova scoperta scientifica, sottolineando il ruolo svolto da diversi "attori sociali" e dalle relazioni che intercorrono tra conoscenza e forme di potere. Una caratteristica quest'ultima che svela l'importanza di un legame esistente tra l'opera di Hacking e quella di Michel Foucault.

Muovendo dalla riflessione sui processi storico-sociali sottostanti alla formazione della conoscenza scientifica, Hacking è giunto a rilevare, con particolare riferimento al campo della psichiatria, un interessante effetto circolare che lega l'applicazione delle categorie scientifiche al prodursi di nuovi atteggiamenti e interessi sociali (*The Looping Effects of Human Kinds*, 1995). Hacking ha infatti evidenziato come la definizione di nuove categorie cliniche, quali ad esempio quelle utilizzate per la descrizione del disturbo della personalità multipla, sia in grado di influenzare la possibilità di riscontrare fenomeni sociali prima ignorati. Fenomeni i quali, a loro volta, possono contribuire a determinare la successiva ri-definizione delle stesse categorie cliniche che ne hanno permesso l'identificazione. Una condizione d'interattività circolare tra categorizzazioni scientifiche e classificazioni sociologiche che - secondo Hacking - contraddistingue tipicamente le discipline che hanno per oggetto di studio l'essere umano.

All'impegno scientifico e ai numerosi incarichi di prestigio sia presso l'Università di Toronto sia presso il Collège de France, Hacking ha da sempre unito l'attenzione per la divulgazione della conoscenza scientifica, collaborando con numerose testate giornalistiche quali *The New York Review of Books*, *The London Review of Books* and *The Times Literary Supplement*.

L'intervista che segue (realizzata a Firenze nel novembre 2008) tocca alcuni tra i punti salienti che contraddistinguono l'opera di Hacking, lasciando emergere un affresco complessivo che ben rappresenta le caratteristiche di un pensatore poliedrico e originale. Abbiamo scelto di suddividere le domande in tre aree tematiche: domande relative alla sua prospettiva epistemologica e alle conseguenze della sua concezione realista; domande relative alla sua personale concezione della sociologia della scienza; e infine domande circa la natura dei suoi interessi e circa le modifiche che essi hanno subito nel corso degli anni.

LA PROSPETTIVA EPISTEMOLOGICA

La Sua posizione epistemologica è stata identificata con una particolare forma di realismo scientifico secondo la quale l'esistenza di oggetti teorici inosservabili

sarebbe direttamente connessa al ruolo che essi svolgono nella comune pratica sperimentale. È famoso il suo detto: “Se si possono spruzzare, allora sono reali”. Può spiegarci come l’attività scientifica portata avanti nei laboratori può insegnarci qualcosa sulla relazione tra *conoscenza e realtà*?

Naturalmente “Se si possono spruzzare, allora sono reali” è un aforisma: illustra un concetto. Ma ciò che veramente m’interessa è il modo in cui *conoscenza e realtà* entrano in relazione tra loro non attraverso la teoria – cioè attraverso la rappresentazione del mondo – ma intervenendo nel mondo, trasformandolo.

Questa non è una mia idea, ma di John Dewey. Egli sosteneva che l’errore di fondo della filosofia occidentale tradizionale fosse la cosiddetta *teoria dello spettatore* (io, la mente, rifletto il mondo: sono l’osservatore. È come se fossi a una partita tra due squadre: non sono io che gioco, io guardo semplicemente). E per Dewey non era questa la nostra relazione con il mondo: noi interagiamo con il mondo, interveniamo nel mondo, e tra le scienze naturali sono quelle sperimentali le più importanti.

Nonostante quando si parli di rivoluzione scientifica vengano subito alla mente i nomi di Galileo e Newton, di solito ricordiamo questi due grandi scienziati solo per le loro teorie. E credo che questo sia un errore. Le loro teorie sono senza dubbio importantissime e hanno cambiato il mondo, ma Galileo e Newton non furono soltanto osservatori, furono anche e soprattutto scienziati sperimentali. Molte persone pensano che Galileo fosse solo un platonista, un teorico, ma un mio collega all’Università di Toronto ha ricostruito l’esperimento di Galileo con il piano inclinato, che fu un intervento nella natura reale e concreto, e un’osservazione di ciò che accade in situazioni sperimentali. Allo stesso modo, Newton, anche se lo ricordiamo come lo scienziato che scoprì la forza di gravità, fu anche colui che creò il prisma. E questo è intervenire nel mondo: usare il mondo per relazionarsi con esso.

È per questo che quando penso a *conoscenza e realtà* non penso a una teoria astratta e a una realtà che aspetta di essere catturata, inglobata in una teoria. Io penso a un intervenire nel mondo, a un condividere, un partecipare al mondo e, nel bene o nel male, anche a un cambiare il mondo. La mia concezione di *conoscenza e realtà* è una concezione dinamica. In un certo senso rigetto entrambi i concetti tradizionali di conoscenza e realtà, per un’idea – l’idea di vivere e intervenire all’interno del mondo.

Ritiene la sua concezione basata sull’attività di laboratorio una forma di *pragmatismo*? Pensa che il realismo scientifico sulle entità catturi la visione comune adottata dagli scienziati durante la loro *pratica sperimentale* di tutti i giorni?

Certo. Da una parte ho appena citato Dewey, quindi senz’altro condivido il suo atteggiamento pragmatista, ma dall’altra ho recentemente pubblicato in un’antologia sul pragmatismo un articolo, in un qualche modo autobiografico, dal titolo: *On Not Being a Pragmatist: Eight Reasons and a Cause*¹. Non sono cresciuto come pragmatista. Molte delle tesi comuni ai pragmatisti le ho imparate da autori non pragmatisti. Per esempio,

molti ammirano Charles Sanders Peirce, il fondatore del pragmatismo, per la sua dottrina, secondo cui tutta la conoscenza è fallibile. Io ho imparato questo non da Peirce, ma da Karl Popper. In questo articolo, dove espongo otto diverse tesi pragmatiste e spiego che sono più o meno (a volte meno...) d'accordo con queste, la mia introduzione alle tesi non è mai presa da qualcuno che possa essere considerato un filosofo pragmatista.

Io credo che il pragmatismo, il pragmatismo americano, sia un movimento molto importante, ciò nonostante non mi ha influenzato personalmente. D'altra parte, però, agli inizi del XX secolo, il pragmatismo americano ha dato voce a una concezione mutevole del mondo, che io credo sia tuttora parte della nostra visione delle cose. Non certo perché siamo tutti dei pragmatisti, ma perché viviamo ora, nel XXI secolo.

Spesso la pratica scientifica sembra coinvolgere entità non 'a portata di mano', come ad esempio le *propensioni inconse* in psicologia. Pensa che la sua posizione così incentrata sulla fisica possa estendersi anche ad altri campi scientifici?

Certamente alla biologia, alla biologia molecolare, alle biotecnologie... Ma voi mi avete fatto un esempio di psicologia. L'intera dottrina del realismo scientifico, che io sostengo, riguarda l'impiego di entità inosservabili per esaminare qualcos'altro. Un esempio sono gli elettroni polarizzati: è stato costruito uno strumento per usare gli elettroni polarizzati al fine di analizzare particelle ancora più piccole. Una cosa del genere può accadere sicuramente nel campo della biologia e delle biotecnologie, ma non credo che si possa applicare lo stesso ragionamento quando si parla di *propensioni inconse* (che è il vostro esempio), o di inconscio (che è l'esempio di Freud). Non penso che siamo né che saremo mai in grado di usare l'inconscio nel modo in cui usiamo un elettrone, ovvero per esaminare o capire qualcos'altro. Freud potrebbe non essere d'accordo, ma questo è il mio punto di vista.

La mia prima formazione è quella di fisico. Nei primi tre quarti del XX secolo la fisica era la regina delle scienze. Adesso non è più così. La biologia, e in particolare la biotecnologia, è ora la regina delle scienze. Infatti - tanto per farmi un po' di pubblicità - proprio in questo periodo ho quasi finito di scrivere un piccolo libro, *Identities²*, in cui analizzo come le attuali biotecnologie potrebbero cambiare il nostro senso di identità personale.

Sono ancora molto interessato alla fisica, ma non penso alla fisica come a un modello per tutte le scienze.

Un'altra questione cruciale riguarda la distinzione tra le entità inosservabili con cui si ha a che fare durante lo sviluppo di un esperimento scientifico, e le entità inosservabili normalmente usate nella vita quotidiana e ormai parte del linguaggio comune (nozioni quali: *destino, anima, fortuna*). Cosa pensa riguardo alla distinzione tra *pratica scientifica* e *pratica quotidiana*? Crede che il suo criterio di realtà possa essere applicato indistintamente in entrambe le circostanze?

Credo che *destino* e *fortuna*, seriamente parlando, siano concetti che non hanno più senso, in parte a causa del fenomeno che descrivo nei miei libri *L'emergenza della probabilità*³ e *Il caso domato*⁴: ora abbiamo sicuramente una migliore conoscenza dell'indeterminismo, un concetto impossibile nel XVII secolo, che sta diventando possibile grazie allo sviluppo delle nuove scienze della probabilità, che svuotano di significato i concetti di *destino* e *fortuna*. Certamente posso dire che 'ho la fortuna' di trovarmi qui a Firenze questo pomeriggio, ma nel caso di questa frase 'fortuna' non è un'entità inosservabile: sto usando il termine in senso generale.

Per quanto riguarda *anima*, invece, penso che possa essere un concetto ancora utile. Ho tenuto una serie di lezioni al Collège de France intitolate *Body and Soul at the Beginning of the 21st Century*, e un mio collega, che è neurobiologo, mi ha detto: «Ma l'anima non esiste nel XXI secolo!». E io gli ho risposto: «No, io ho una diversa concezione dell'anima». Intendo *anima* come una parola che in sé racchiude ed esprime tutte quelle cose che sono più importanti per una persona: il carattere, il senso morale, le memorie... Intesa in questo senso, *anima* mi sembra un concetto ancora più che valido e importante per ognuno, ma non in quanto entità osservabile o inosservabile.

Alcune delle Sue opere più famose hanno come argomento la probabilità e la sua storia. Ne *Il caso domato* lei combina analisi storica e analisi concettuale per esaminare la crescita della probabilità e il conseguente sviluppo delle descrizioni statistiche nell'ambito degli studi sociali. Pensa che lo sviluppo dell'indeterminismo in fisica possa essere associato al successo che l'approccio statistico ha riscontrato all'interno delle scienze sociali?

Le due cose sono correlate solo in minima parte e in modi molto specifici. Il grande propugnatore della statistica nei primi anni del XIX secolo fu Adolphe Quételet. Era l'astronomo dell'Accademia Reale del Belgio. Era quindi un fisico, ma anche grande sostenitore dell'importanza della statistica delle popolazioni. Quindi abbiamo la probabilità, che parte dalla fisica, per arrivare alla statistica sociale. John Hershel, il famoso fisico inglese della metà del XIX secolo, scrisse un lungo trattato su quello che secondo Quételet doveva essere il ruolo della distribuzione gaussiana nello studio delle popolazioni, e disse: «Questo potrebbe rivelarsi importante nello studio delle molecole». E infatti la distribuzione gaussiana fu per Maxwell la base della sua meccanica statistica. E qui abbiamo la probabilità, che parte dalla statistica sociale, per arrivare alla fisica. Ecco un caso per così dire "letterale" di reciproca influenza tra le due scienze. Io sono convinto che l'importanza dell'influenza degli studi sociali sugli studi fisici non sia dovuta a un'influenza diretta, quanto piuttosto a un cambiamento della percezione di com'è il mondo. C'è stata una lunga battaglia per trasformare la statistica in una sorta di scienza deterministica. Ma è stata persa. Credo che l'influenza della statistica sociale non sia diretta, ma avvenga attraverso un cambiamento più ampio della concezione del mondo.

LA SOCIOLOGIA DELLA SCIENZA

Attraverso il XX secolo gli studi che avevano lo scopo di sottolineare la natura sociale della conoscenza scientifica hanno guadagnato popolarità all'interno della filosofia della scienza. Autori come Bruno Latour, Andrew Pickering, così come anche la Scuola di Edimburgo con Barry Barnes e David Bloor, sostengono che la conoscenza debba essere considerata il risultato di una dinamica sociale. Il suo libro *La natura della scienza*⁵ è un tentativo di confutare questa tesi. Qual è, secondo Lei, la debolezza del costruttivismo sociale quando applicato nella filosofia della scienza?

Il libro è più che altro un tentativo di trovare delle idee fondate e chiare all'interno del vastissimo dibattito sulla costruzione sociale. Io, infatti, sono pienamente d'accordo con Bruno Latour, che tra tutte le persone che avete menzionato finora è l'unica dalla quale continuo ad imparare (ogni mese ha una nuova idea, e mi ci vogliono più o meno 5 anni per mettermi alla pari con lui). Latour ha voluto rimuovere la parola '*social*' dal titolo della seconda edizione del suo libro *Laboratory Life*. Si chiamava *The Social Construction of Scientific Facts*, e l'ha cambiato in: *The Construction of Scientific Facts*. Ha omesso '*social*' sulla base del fatto che tutto è sociale. Ed io aggiungerei che, non solo tutto è sociale, ma anche che tutto è storico: tutto si costruisce nella storia, nel tempo, nella società. Questo è un esempio che uso nel mio libro: se una madre fosse insoddisfatta del modo in cui i suoi doveri verso la famiglia sono concepiti, sarebbe senz'altro liberatorio per lei se le venisse detto che l'attuale idea occidentale di maternità, del ruolo di madre intendo, non è qualcosa di inevitabile e immutabile proprio della razza umana, ma è invece qualcosa che si è evoluto e si è sviluppato in una particolare civiltà, in un particolare periodo storico. Dire a quella madre che la maternità è una costruzione sociale potrebbe avere un valore "liberatorio". Ma da questo a parlare di costruzione sociale di tutto... Trovo che sia del tutto inutile e privo di significato, perché – come anche lo stesso Bruno Latour afferma – tutto è costruito, e – come direi io – tutto è costruito nella storia.

Costruzione sociale come espressione non ha più alcuno scopo. È semplicemente diventato un modo per dire «Oh, come sono moderno!». Ma naturalmente usare questa formula non significa assolutamente essere progressisti, semmai il contrario: si dimostra di essere ancora legati a un modo di esprimersi che si usava negli Anni Settanta.

Potrebbe brevemente descrivere il significato di una sociologia della conoscenza scientifica che non sostenga il costruttivismo sociale?

Sicuramente una che non usa l'espressione 'costruttivismo sociale'. Certamente esiste una sociologia della conoscenza scientifica. Ci sono forse due processi in atto: uno è una sorta di storia della conoscenza scientifica, che non è però completamente incorpo-

rata nella storia interna della materia. Uno potrebbe anche chiamare questa 'sociologia della conoscenza scientifica', ma sicuramente io preferirei chiamarla 'storia sociale della conoscenza scientifica'. Se esiste una tesi più forte, una qualche tesi antirealista – che non credo sia menzionata negli scritti di molti di quelli che lavorano nel campo della sociologia della conoscenza scientifica –, allora non la approvo. Sono convinto che sia estremamente interessante e importante ai fini della comprensione di una scienza conoscere e capire le sue radici sociali. A volte le scienze evolvendosi si allontanano dalle loro origini sociali.

Prendiamo l'esempio della statistica. Uno dei membri della Scuola di Edimburgo, Donald MacKenzie, ha scritto un interessantissimo libro sulla nascita della statistica inglese di fine XIX secolo-inizio XX secolo. MacKenzie puntò giustamente l'attenzione sul fatto che gli strumenti fondamentali della statistica – che sono tuttora gli strumenti fondamentali e gli argomenti delle prime lezioni di statistica (il test χ^2 - chi quadrato - di Pearson, la regressione verso la media e il coefficiente di regressione di Galton) – fossero strettamente intrecciati con gli scopi politici del tempo e connessi con gli inizi dell'eugenetica. Ma mi sembra che questi strumenti – che sono essenzialmente logici, matematici – siano andati ben oltre le proprie origini, e infatti una persona può usare un coefficiente di correlazione semplicemente come un astratto strumento di logica, o statistica, senza per forza dover conoscere tutta la storia che ha portato alla sua invenzione.

In alcune delle Sue opere più recenti Lei fa una distinzione tra *oggetti scientifici* e *tipi umani*. Seguendo questa linea, i *tipi umani* mostrano la capacità di creare da soli nuove categorie sociali. Questo è ciò che Lei chiama *effetto circolare dei tipi umani*⁶. Crede che questa condizione epistemologica giustifichi una differenza essenziale tra scienze naturali e scienze sociali?

(Un tempo la pensavo così, ero davvero convinto che questa fosse una distinzione abbastanza netta da rendere ben chiara la separazione tra le scienze naturali e le scienze umane. Ora non sono più di questo avviso. In parte perché ho formato la mia nozione di *tipo umano* sulla nozione filosofica di *tipo naturale*, che fu inventata agli inizi del XIX secolo da William Whewell e John Stuart Mill. Ora la mia convinzione è che alcuni *tipi* siano più naturali di altri, ma che non esista di per sé un *tipo naturale*⁷. Ritengo che, poiché non esiste un *tipo naturale* (non esiste una precisa categoria di *tipo naturale*: non esistono condizioni necessarie e sufficienti per essere un *tipo naturale*), il concetto di *tipo umano* evapori anch'esso, perché il *tipo umano* esisteva solo in quanto in opposizione al *tipo naturale*. Credo che ci siano importanti aspetti della nostra classificazione di esseri umani che sono diversi dalla nostra classificazione di esseri non-umani, di esseri non-animali. Questi però non sono abbastanza per fare una distinzione netta e perché ci sia una differenza essenziale tra le scienze naturali e quelle sociali. Sono fermamente convinto che l'idea dell'effetto *loop* dei *tipi umani* (il modo in cui una categoria può influenzare le persone che vi appartengono, e il modo in cui poi le persone evolvono

e cambiano portando inevitabilmente ad una nuova concezione della categoria a cui appartengono) sia molto importante, e la sostengo, ma non sono più d'accordo con la mia iniziale terminologia di *tipo umano*. Un mio articolo è intitolato *Kinds of People, Moving Targets*⁸; questi obiettivi variano proprio a causa dell'effetto *loop*.

Il ruolo che la scienza deve occupare nella società di oggi è una delle questioni più dibattute. Il supporto pubblico alla ricerca di base, quella ricerca cioè che non fornisce risultati evidenti e immediati per la vita di tutti i giorni (per esempio alcuni rami della matematica, gli studi di base in biochimica, gli esperimenti di fisica delle alte energie, ma anche la filosofia della scienza) sembra dipendere dall'immagine pubblica della ricerca 'pura'. Come può la comunità scientifica portare il pubblico a una migliore comprensione della scienza? Quale potrebbe essere il ruolo della filosofia a questo proposito?

Non sono sicuro che la filosofia abbia un ruolo speciale in questo caso. E penso che il pubblico non sia per niente così indifferente alla "causa" della ricerca pura, come invece sono le società e chi realmente finanzia la ricerca. Credo che il pubblico abbia un enorme rispetto per gli scienziati puramente teorici. Dopotutto Einstein stesso è un personaggio molto popolare, quasi leggendario; è un modello, rappresenta l'essenza della scienza, ma è allo stesso tempo forse uno degli scienziati meno pratici del mondo, nonostante sia molto importante ricordare che i suoi studi hanno cambiato il modo in cui noi interagiamo con il mondo, il modo in cui lo manipoliamo, in mille modi diversi.

Penso che vi sia una spiacevole tendenza a credere che se si finanziano le scienze applicate direttamente si possano raggiungere maggiori e più concreti risultati rispetto ai risultati che si potrebbero raggiungere finanziando il 'pensiero teorico' – cioè la ricerca di base. Bisognerebbe ricordare al pubblico, ma soprattutto ai finanziatori, che i veri risultati sono sempre venuti dal 'pensiero teorico'. Anche dal 'pensiero pratico', naturalmente, ma eliminare il 'pensiero teorico' alla radice sarebbe un errore gravissimo.

Per quanto riguarda la fisica delle alte energie, in particolare, credo che sia una cosa legittima il taglio dei fondi. Durante il XX secolo, e in parte a causa dell'energia atomica, questo tipo di studi era la "scienza più alla moda" sempre menzionata nei giornali. E in effetti era importante. Ma persino all'interno della fisica, la maggior parte delle scoperte che hanno influenzato e cambiato le nostre vite non sono certo state scoperte grazie alla fisica delle alte energie, ma grazie a quella che un tempo veniva chiamata fisica dello stato solido e che ora si chiama fisica della materia condensata.

Ora (e questa è una risposta a un'altra domanda) mi sto interessando di nuovo a quelli che vengono chiamati atomi freddi e agli esperimenti a temperature bassissime che raggiungono quasi lo zero assoluto (il termine che di solito viene usato è: *ultrafreddo*). La temperatura è dell'ordine dei nano-Kelvin: 10^{-9} K).

Per rispondere alla domanda precedente, questo può essere un esempio utile: Ein-

stein nel 1925 ricevette una lettera da uno sconosciuto fisico indiano di nome Bose. Bose aveva chiesto a tutte le riviste inglesi di pubblicare un suo breve articolo che risolveva alcuni problemi sui fotoni, ma essendo stato sempre rifiutato, spinto quasi dalla disperazione, lo aveva spedito anche ad Einstein. Mentre tutti i più grandi scienziati inglesi dell'epoca avevano considerato l'articolo di Bose ridicolo e privo di interesse scientifico, Einstein lo lesse ed ebbe subito un'illuminazione. L'articolo fu pubblicato l'anno successivo. Questo portò a quella che ora si chiama statistica di Bose-Einstein. Einstein intravide dall'articolo di Bose la possibilità che qualcosa di completamente inaspettato sarebbe successo alla materia se sottoposta a bassissime temperature: sarebbe "nato" un nuovo tipo di materia.

Nessuno riuscì a creare questo nuovo tipo di materia fino al 1995, quando un giovanissimo scienziato a Boulder in Colorado, finanziato dall'American National Institute for Science and Technology, fu in grado, semplificando tutta la precedente attività sperimentale, di usare tecniche a bassa temperatura. Ancora non sappiamo quali saranno tutte le conseguenze che la "nascita" di questo nuovo tipo di materia avrà, ma è sicuramente interessante vedere come un'idea che era stata elaborata a livello teorico da Einstein sia poi stata messa in pratica da un'associazione il cui scopo era fare misurazioni più precise per motivi pratici. Si ha quindi la transizione da un'idea puramente speculativa all'incredibile "avventura" che consiste nell'intervenire nel mondo.

Penso che sia importante essere consapevoli che tutto quello che si fa nella maggior parte degli esperimenti in fisica ordinaria ha dei costi molto ridotti: si può dire che la fisica è una scienza economica, molto più della biologia. Nonostante io stesso affermi che ormai è la biotecnologia la regina delle scienze, per quanto concerne la fisica e la sua importanza, io sono convinto che questa grande indagine – iniziata nel 1995 e che sta continuando nei laboratori di tutto il mondo – ci porterà prima o poi a dei risultati e a delle applicazioni pratiche, e anche a cambiamenti nella nostra concezione di com'è il mondo. Credo che sia importante farlo sapere in ambito pubblico. E questo compito non spetta in particolare ai filosofi. Chiunque può farlo.

Le discussioni riguardo al ruolo della scienza all'interno di un contesto sociale di solito riguardano le potenzialità che il pensiero scientifico dimostra nel modificare le condizioni sociali esistenti. Come descriverebbe il ruolo del pensiero scientifico all'interno della democrazia?

In senso molto generale, i valori che noi chiamiamo 'democrazia' ora sono soprattutto basati su un'idea di libertà e uguaglianza. Queste idee sono venute alla ribalta tra il XVII e il XIX secolo, e si sono diffuse insieme allo sviluppo delle scienze di laboratorio. Non penso che le scienze di laboratorio siano state rese possibili dagli ideali di libertà ed uguaglianza, credo che ne siano state semplicemente una naturale evoluzione.

Ma se volete un esempio che sia davvero attuale sul rapporto tra conoscenza scientifica e democrazia, sono convinto che Internet sia il più importante e potente strumento

di democrazia nel mondo oggi, e non bisogna dimenticare che Google, che tutti noi ormai diamo per scontato, esiste solo dal 2001, 8 anni fa. E qui si può trovare un po' di tutto: scienza, tecnologia... è davvero una straordinaria forza democratica.

IL PENSIERO

I Suoi contributi coprono moltissimi argomenti, tra cui: metodologia scientifica, logica induttiva, storia della scienza, filosofia della fisica e filosofia delle scienze sociali. Osservando l'ordine cronologico delle Sue opere si può notare una virata di interesse dall'epistemologia verso la psicologia. Quali sono le principali ragioni di tale cambiamento?

In un certo senso la mia risposta alla domanda di prima sulla fisica e la condensazione di Bose-Einstein potrebbe far pensare che non ci sia alcun cambiamento nei miei interessi; in realtà sono semplicemente aumentati, c'è stato un ampliamento. Mi interesso a molte cose, sono curioso. Un cambiamento di interessi significherebbe abbandonare del tutto gli interessi precedenti. Certo, in un certo senso il cambiamento di interessi c'è stato, perché, anche se le idee che ho espresso nel mio primissimo libro *The Logic of Statistical Inference*⁹ erano importanti perché portarono i filosofi ad interessarsi alla statistica, non credo che avrò mai più un pensiero originale in materia di statistica. Ho già dato il mio contributo quarant'anni fa e ormai non ho intenzione di fare più nulla in questo campo: sono passato ad altro e mi occupo di tante altre cose ora, in questo senso si può dire che c'è stato un cambiamento nei miei interessi.

Ma in generale la mia curiosità rimane sempre viva. È vero che mi interessano le questioni sulla mente, ma è semplicemente un ulteriore ampliamento dei miei interessi. Al momento i miei veri *hobby* (e non so quanto questi potranno essere oggetto di miei futuri libri) sono gli atomi freddi (vedi la condensazione di Bose-Einstein) e l'autismo (infatti quest'autunno ho fatto conferenze solo sull'autismo). Sono in fondo questioni parallele, la fisica e il riflettere sulla mente.

Quindi non direi proprio che nei miei interessi c'è stato un cambiamento, se non nel senso che non pubblico né lavoro più su certe materie. Ma altrimenti si può dire che c'è stato semplicemente un ampliamento d'interessi.

Quanto è stato rilevante per lo sviluppo delle Sue idee e dei Suoi interessi il pensiero di Foucault?

È stato molto importante. Nel 1968 un amico mi diede una copia del libro di Foucault sulla pazzia. Questo libro mi fece pensare a un nuovo modo di fare filosofia. Quando lasciai Cambridge nel '73 diedi un discorso al Club delle Scienze Morali dal titolo *One Way to do Philosophy*¹⁰. Parlava di come avevo rielaborato nel mio modo di pensare alcune idee di Foucault. Non ho mai copiato Foucault, ho solamente usato un nuovo modo di pensare a modo mio.

Arnold Davidson, un moderno estimatore di Foucault, ha detto molto gentilmente che la miglior opera che sia mai stata scritta sul libro di Foucault *Le parole e le cose*¹¹ è il mio libro *L'emergenza della probabilità*. Naturalmente non è un libro su Foucault, ma piuttosto un modo di fare archeologia alla maniera di un filosofo analitico di Cambridge, un combinarsi di idee. Quindi certamente Foucault ha avuto una profonda influenza sulla mia personale storia intellettuale.

NOTE

- ¹ In Misak, C. (ed.), *The New Pragmatists*, Oxford University Press, Oxford 2007, 32-49.
- ² In pubblicazione presso: Profile Books (Regno Unito), Picador (U.S.A.).
- ³ Hacking, I., *The Emergence of Probability: A Philosophical Study of Early Ideas about Probability, Induction and Statistical Inference*, Cambridge University Press, Cambridge 1975; trad. it., *L'emergenza della probabilità: ricerca filosofica sulle origini delle idee di probabilità, induzione e inferenza statistica*, il Saggiatore, Milano 1987.
- ⁴ Hacking I., *The Taming of Chance*, Cambridge University Press, Cambridge 1990; trad. it., *Il caso domato*, Il Saggiatore, Milano 1994.
- ⁵ Hacking I., *The social Construction of What?*, Harvard University Press, Cambridge Mass. 1999; trad. it., *La natura della scienza. Riflessioni sul costruzionismo*, McGraw-Hill, Milano 2000.
- ⁶ Hacking I., *The Looping effect of Human Kinds*, in D. Sperber, D. Premack, A. J. Premack (a cura di), *Causal Cognition: A Multidisciplinary Approach*, Clarendon Press, Oxford 1995.
- ⁷ Hacking, I. Natural Kinds: Rosy Dawn, Scholastic Twilight, in O'Hear, A. (a cura di), *Philosophy of Science*, Cambridge 2007, 203-239.
- ⁸ Hacking, I. Kinds of People: Moving Targets, *Proceedings of the British Academy* (2007): 285-318.
- ⁹ Hacking, I., *The Logic of Statistical Inference*, Cambridge University Press, Cambridge 1965.
- ¹⁰ Il testo è andato perduto, ma l'idea può essere ritrovata in: Hacking, I., *Historical Ontology*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 2002.
- ¹¹ Foucault, M., *Les mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines*, Gallimard, Parigi 1966; trad. it., *Le parole e le cose. Un'archeologia delle scienze umane*, Rizzoli, Milano 1985.

The background features a complex, abstract design of thin, light blue lines that form a dense, circular web-like structure. Interspersed within this web are several semi-transparent grey circles of varying sizes, some of which are positioned at the intersections of the lines. The overall effect is that of a dynamic, interconnected network or a stylized atomic model.

GIULIO PRETI
E LA CULTURA FILOSOFICO-
SCIENTIFICA ITALIANA

Tavola rotonda
Firenze, 4 novembre 2008

LA FILOSOFIA DELLA CULTURA DA BANFI A PRETI

ALBERTO PERUZZI

Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze

Motivi per una tavola rotonda su Giulio Preti non mancano nella cultura italiana di oggi. Dai tempi di Croce e Gentile, la filosofia italiana ha qualche difficoltà a inserirsi, in modo costruttivo, nel dialogo in corso fra chi è interessato alla diffusione di un'immagine storicamente consapevole della scienza e chi è interessato a un rinnovamento dell'istruzione entro una più generale politica della cultura. I motivi di queste difficoltà sono molteplici e hanno radici che qui non è possibile esaminare. Fatto sta che la lezione di Preti pare esser stata ignorata anche da molti di coloro che s'interessano di questioni concernenti "le due culture", il rapporto scienza-democrazia, il significato del metodo scientifico, il posto dell'etica in un quadro di conoscenze in rapida evoluzione. "Pianeta Galileo", come ho detto più volte, nasce invece in uno spirito che si richiama esplicitamente alla lezione di Preti.

L'occasione per questa tavola rotonda è più specifica. Nel 2007 è stato pubblicato un bel libro di Luca Scarantino, intitolato *Giulio Preti. La costruzione della filosofia come scienza sociale* (editore Bruno Mondadori): è una tappa importante negli studi sulla filosofia di Giulio Preti, specialmente se si considera le difficoltà che incontra chiunque provi per la prima volta a 'entrar dentro' al pensiero di Preti: la differenziata natura e il numero stesso degli apporti che vi confluiscono, unitamente alla generosità di Preti, che gli fa riconoscere minimi debiti, e alla sua tendenza a alleggerire concetti precedentemente caricati di valenze ontologiche, rendono la comprensione delle argomentazioni svolte da Preti un compito meno semplice di quel che potrebbe sembrare a una prima lettura. Questa difficoltà non dipende dal fatto che Preti usi uno stile criptico, ma è dovuta proprio alla trasparenza del suo discorso. Scarantino riesce a separare i diversi fili del tessuto di idee di Preti e lo fa con eleganza, rintracciando le radici del pensiero di Preti, ripercorrendone lo sviluppo e giungendo a estrarne potenzialità che Scarantino giudica feconde per l'impianto delle *odierne* scienze sociali.

In particolare, Scarantino unisce in uno stesso spaccato, che è storico e teoretico-concettuale a un tempo, un'analisi dello sfondo culturale in cui Preti si forma, ripercorrendo poi la maturazione delle sue idee che, un piccolo scarto dopo l'altro, ne definiscono l'originalità. È un'analisi ampia e accurata in cui si ricostruiscono aspetti importanti (e non fra i più frequentati nella letteratura storico-critica) della cultura filosofica italiana nel primo Novecento.

Nella presente occasione, dalle pagine che Scarantino dedica a questa ricostruzione intendo trarre spunto per alcune riflessioni. Non avendo il tempo per articolarle e

renderle pienamente esplicite, penso che pur in forma accennata possano essere utili a rintracciare motivi che tuttora ostacolano un dialogo costruttivo fra scienza e filosofia nel nostro Paese – e non sono i motivi solitamente addotti (eredità dell'idealismo e diffidenza di fondo, se non ostilità, della cultura cattolica verso la scienza).

Una delle parti meglio riuscite nel libro di Scarantino è quella in cui si ripercorre l'evoluzione del razionalismo critico: dalle radici nel *milieu* culturale milanese del primo Novecento alla scuola di Banfi: letterati, politici, editori, artisti e filosofi interessati alla scienza e intellettuali impegnati. Si veniva disegnando una reazione tanto all'idealismo quanto al positivismo. E le riviste in cui prese corpo questa reazione hanno rappresentato un vero bacino d'incubazione di idee.

Sotto il profilo puramente filosofico, il culmine dell'attività editoriale di Banfi si ebbe con la fondazione della rivista *Studi filosofici*, la cui prima serie (1940-1944) fu interrotta dalla censura fascista, mentre la seconda serie fu interrotta nel '49 dalla censura di parte opposta e vide l'intervento diretto del segretario aggiunto del PCI, Luigi Longo. Negli stessi anni veniva chiuso Il *Politecnico* di Elio Vittorini, per intervento di Palmiro Togliatti, con l'accusa di "eterodossia". I contributi che Preti dette a entrambe le riviste sono una testimonianza delle possibilità perdute dalla cultura italiana del secondo Novecento. Della "eterodossia" riscontrata in entrambe le riviste faceva parte un'attenzione al valore della scienza come *cultura* e non solo come *tecnica* il cui impiego doveva avere una guida ideologica; e questo senza bisogno di arrivare a una qualche forma di scientismo.

Fu la stagione del neoilluminismo italiano: una stagione breve, contrastata, come si vede, dall'esterno e animata pure da tensioni interne, specialmente quelle fra Geymonat e Preti. Se entrambi avevano infatti raccolto lo stendardo dell'empirismo logico e in comune avevano anche un forte interesse per la storia del pensiero scientifico, diverso era l'uso dello stendardo e diverso era il senso attribuito a questa storia. In più, il discorso di Preti si apriva alla fenomenologia e alla semiotica: ed è in un tale orizzonte che Preti collocava la logica e la storia della logica.

Questa più ampia apertura del discorso di Preti aveva alle spalle la banfiana dinamica della ragione, che incanala le esperienze vitali nelle forme della cultura. In Preti tale dinamica si ritrova sotto forma di una dinamica di linguaggi, che si dispongono in una gerarchia che va dal linguaggio ordinario ai linguaggi tecnici, a quelli scientifici, fino al linguaggio ideale della logica matematica, componendo un tessuto verticale di strutture oltre che uno orizzontale (in parallelo).

Nell'idea che a ogni tipo di linguaggio corrispondesse un tipo di universo di discorso, la precedente gerarchia era in corrispondenza con: esperienze di base, mondo della vita, ontologie regionali e ontologia formale. Nella linea Banfi-Preti non c'era solo quest'idea gerarchica, che Preti declina in termini logico-linguistici iscrivendola così nel solco della filosofia analitica; c'era anche un legame tra aspetti epistemologici e assiologici (cioè, relativi a una teoria generale dei valori) e c'era la consapevolezza che questo legame acquista una valenza *assionomica* per la cultura, e in particolare per una cultura democratica.

Qui sta una delle idee centrali di Preti: la filosofia della cultura è metalinguistica e metateorica, analizza i diversi sistemi di credenze e di valori, ne individua le strutture e la genesi, in un modo che finisce per essere molto meno fluido, ma anche meno vago e meno allusivo, rispetto al quadro che Banfi ne aveva offerto. Allo stesso tempo, Preti configurava un orizzonte diverso sia dalla fenomenologia sia dalla filosofia analitica, alle quali nondimeno s'ispirava. In ciò agiva un altro elemento banfiano: infatti, il piano "trascendentale", ovvero il piano in cui si tematizzano i presupposti che rendono possibile l'esperienza, che ora non è più soltanto quella conoscitiva ma si estende a ogni ambito di valore, si era fatto dinamico con il "razionalismo critico" di Banfi. Dinamico resta in Preti. A confronto con la filosofia della scienza di allora e anche a confronto con gli accesi dibattiti odierni su scienza e società, questa linea Banfi-Preti offre una prospettiva incomparabilmente più fine e più profonda, o, se preferite, meno rozza, meno appiattita sul presente e meno ingenua sul piano epistemologico.

Scarantino suggerisce che un simile tipo di razionalismo sia nato come una risposta al senso della *crisi* (crisi dei valori, innanzitutto). Del resto, non è un caso che, a proposito di Banfi, si sia anche parlato di una "filosofia della crisi". Banfi aveva scritto un saggio, intitolato appunto *La crisi* (siamo nel 1934-35) in cui affrontava la crisi dei valori come dato sociologico, un dato che esigeva un'analisi fenomenologica per non rovesciarsi in culto dell'*azione*. L'analisi che Banfi ne fa è animata da una tensione morale positiva, che assume toni di vitalismo. A fronte di questi toni, lo spirito dell'analisi non era orientato a un immediato ordinamento selettivo, com'è tipico di dottrine etiche ingenuie, ideologie politiche e dottrine religiose (non importa quanto condivisibili); era bensì orientato a oggettivare concetti-base e valori-guida e per questa via a cogliere il nesso fra conoscenza e moralità. Ecco il senso specifico dell'analisi *filosofica* – cui però Banfi non si atteneva con coerenza. In Preti, consapevole dell'incoerenza banfiana, quella via sarebbe diventata molto più lunga, più intricata e più nitidamente espressa, generando una lacerante tensione fra la weberiana *Wertfreiheit* e la necessità di un attivo intervento, meta-culturale, del filosofo, specialmente se un filosofo che aveva a cuore il valore della scienza per la democrazia.

La distinzione banfiana tra morale, filosofia morale e filosofia della morale era, infatti, trasportata da Preti in campo epistemologico. Quando pubblicò *Praxis ed empirismo* (1957), l'operazione fu avvertita come l'invasione degli ultracorpi: la filosofia analitica, con il suo freddo tecnicismo, irrompeva nelle lande degli idealisti e dei materialisti storici più o meno "ortodossi", senza il minimo rispetto per chi si era fatto carico di una responsabilità storica. A nulla valsero i tentativi di Preti di cercare un raccordo, facendo leva sulla filosofia del giovane Marx e sull'attribuzione di scienza empirica alla dottrina materialistica della storia. Che il raccordo avesse in sé un'eccessiva forzatura sarebbe stato riconosciuto poi dallo stesso Preti, ma non in vista delle obiezioni ricevute.

Comprensibilmente, una cornice più indeterminata, come quella che Banfi aveva tracciato nei *Principi di una teoria della ragione* si prestava a una reazione meno ostile, anche se non ci fosse stata la conversione di Banfi all'ortodossia marxista, che gli garantì

un seggio in Senato. Nei *Principi di una teoria della ragione* aveva presentato la varietà delle Forme (in tutti i modi in cui vi va d'intenderle) come un processo aperto attraverso il quale la razionalità si libera dagli idoli e al contempo come processo "problematico". L'unità della ragione si faceva "legge" formale, dialettica, trascendentale (come si può leggere alle pp. 21 e 201 dei *Principi di una teoria della ragione*, nella ristampa presso Editori Riuniti). L'accostamento di questi tre aggettivi avrebbe fatto sobbalzare un neoempirista. A parte questo, il guaio è che, diventando la più universale e formale che ci sia, la "legge" finisce per essere vuota e il processo si riduce semplicemente a struttura antinomica (Hegel *docet*). Così, la bramata apertura del sistema lo votava all'indeterminazione – qualcosa di meno minaccioso per la "ortodossia" di quanto fosse l'appello di Preti al principio di verificabilità. Quella di Banfi non era però una dialettica negativa e il "di più" che c'era, non potendosi riconoscere nel vitalismo di Banfi, si trovava nell'impegno positivo, civile e politico, dell'uomo Banfi.

Dico un "guaio" per segnalare un *problema*: un problema cui la stessa trafila percorsa da Banfi nella sua teoria del divenire dialettico della ragione era stata vista come *soluzione*, anche se non del tutto nuova perché anticipata già dal neocriticismo, culminando nell'idea che Bruno Bauch aveva proposto del soggetto trascendentale quale rete di categorie. Banfianamente, Preti – in un articolo del 1936 intitolato *Difesa del principio d'immanenza* – definiva lo stesso soggetto come "legge che permette di risolvere i dati", che però è solo un modo per indicare una *funzione*, dal momento che manca la formulazione di una qualunque legge.

A rigore, ne scaturiva un razionalismo meta-culturale che avrebbe potuto significare tutto e nulla. Invece si accompagnò a una filosofia della libertà in Banfi, venata da una ricorrente enfasi su tratti estetici e pedagogici, e in seguito, con Preti, si tradusse in una filosofia della cultura democratica, nella quale acquistava centralità la scienza e la logica del discorso scientifico. È stupefacente come queste radici essenzialmente neokantiane della filosofia della cultura in Banfi e Preti non siano state comprese da ammiratori e detrattori dell'uno o dell'altro, cinquant'anni fa come oggi. La cosa preoccupa non solo per la lacuna interpretativa che ne deriva, ma anche, e soprattutto, per la mancata individuazione del problema soggiacente.

In Preti la filosofia della scienza diventa parte di una più vasta fenomenologia e storia della cultura (un punto che Mario Dal Pra colse bene descrivendo i termini del contrasto fra Preti e Geymonat, così come si manifestò all'Incontro di Torino del 1953); e così intesa, la filosofia della scienza ha anche il vantaggio di svincolarsi da specifiche ipotesi dottrinali (un'altra differenza da Geymonat). La conseguente dilatazione prospettica non impedisce, però, a Preti di mettere in risalto lo stretto legame tra democraticità del sapere e *persuasione razionale*. Anche a tale proposito ci sarebbe molto da dire sulle incomprensioni di cui fu vittima *Praxis ed empirismo* da parte dei marxisti italiani. Nella presente occasione mi limito invece a segnalare un paio di problemi che emergono dalla ricostruzione offerta da Scarantino del legame in questione, su cui giustamente insiste.

Un primo problema sta nel fatto che Preti parla di “persuasione razionale” in *Praxis ed empirismo* (usando il termine a p. 28, poi non servendosene in maniera costante, come invece fa con altri termini), ma il modo in cui intende questa nozione si complica quando, in *Retorica e logica* (1968) contrappone la persuasione alla *convinzione* e collega la *convinzione* all’ideale razionalità del discorso scientifico, in quanto da questo è escluso ogni uso di argomenti retorici. Se si bolla come antiquato un simile modo di pensare, conviene tener presente che senza di esso l’impianto dell’ultimo libro di Preti crolla.

Un secondo problema riguarda la lettura in chiave pragmatistica della conoscenza. Dalle esperienze elementari alle teorie più astratte, il discorso che Preti fa sulla conoscenza umana è tale da giustificare pienamente l’appellativo di “filosofo della carne”. La carne, però, non è un costrutto culturale e ha anch’essa i suoi ... diritti epistemici. Se è dubbio che questi diritti si lascino cogliere nei termini della filosofia della scienza di derivazione neoempiristica, è anche difficile che un’analisi della conoscenza che punti a recuperare la corporeità si lasci ridurre in termini di vantaggi o svantaggi *relativamente al contesto* (pragmatico). Negli ultimi vent’anni, ci sono stati sviluppi nelle scienze cognitive che offrono preziose indicazioni al riguardo.

Se le esperienze elementari non sono amorfe, non sono i sistemi di credenze (non importa se scientifiche o non-scientifiche) ciò che dà forma a tali esperienze, né la loro funzione pragmatica ne esaurisce il contenuto; e allora non si può dire che la forma degli schemi percettivi e cognitivi di base sia interamente frutto di convenzioni. Le conseguenze del ragionamento appena fatto affiorano nell’ultimo Preti quando critica Perelman per un verso e Horkheimer e Adorno per un altro in relazione alla natura dei principi che stanno alla base del discorso “razionale”. Non credo che si tratti di un regresso prebanfiano. Piuttosto, si manifesta qui un limite di ogni concezione storicistica.

GIULIO PRETI, LA RETORICA, LE ‘DUE CULTURE’

ALESSANDRO PAGNINI

Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze

Nel Novecento si è assistito almeno a due ‘rinascite’ della retorica. Essa, come si legge nelle numerose storie uscite in questi anni (vedi Mortara Garavelli, [4]), era ormai da decenni uscita dai curricula scolastici, screditata, per opposte ragioni, da Romanticismo e da positivismo, come nemica del genio e dell’inventiva spontanea o come inutile orpello a discapito della ‘logica’ del discorso; e sopravviveva, dopo la separazione rinascimentale di *elocutio* e *inventio*, solo per un interesse poetico e estetico. In sintesi, tali rinascite ‘filosofiche’ hanno preso direzioni spesso discordi:

- a) Un avvicinamento di retorica e logica in una *teoria generale dell’argomentazione*, in cui la forma sillogistica diventa modello unificante (quello che per la logica è dimostrazione che persegue la modalità del vero, per la retorica è l’entimema che persegue il verosimile). Il progetto nasce da una lettura diffusa della filosofia di Aristotele come ‘filosofia pratica’, in base al privilegiamento da parte dello Stagirita del discorso deliberativo che lega la persuasione alla decisione circa azioni che riguardano il futuro. In questo progetto, per usare i termini di Toulmin, la logica diventa una «giurisprudenza generalizzata».
- b) Un avvicinamento di retorica e logica a patto che la logica tenga in considerazione l’uditorio e fattori pragmatici rilevanti (i valori ammessi, l’ethos dell’oratore, il tipo di linguaggio di cui ci si serve nella circostanza ecc.). È l’idea che la retorica serva più della logica a fondare le ‘scienze umane’ (Perelman, [7]).
- c) Una netta divaricazione tra retorica e logica. Toulmin ha sostenuto, per esempio, che «una logica idealizzata, come quella a cui conduce il modello matematico, non può mantenersi seriamente in contatto con la sua applicazione pratica». La logica formale dà un’immagine astratta e impoverita del ragionamento e dell’argomentazione. I ragionamenti che effettivamente svolgiamo non seguono le regole strette della logica, che resta confinata alle argomentazioni apodittiche (Perelman) o analitiche (Toulmin, [12]).
- d) Un avvicinamento di retorica e ermeneutica. A partire dalle lezioni di Nietzsche sulla retorica (dove si rivaluta la sofistica), coeve del suo famoso scritto su *Verità e menzogna in senso extra-morale*, attraverso il famoso § 29 di *Essere e tempo* di Heidegger (in cui si dice che nella *Retorica* di Aristotele

è tematizzato in maniera corretta e sistematica il trattamento di sentimenti e emozioni, sottratti all'«ambito della psicologia» e consegnati alla retorica, non intesa come disciplina o *téchne*, bensì come «la prima ermeneutica dell'essere-assieme quotidiano»), fino a Gadamer e infine a una utilizzazione della retorica in chiave di 'decostruzione' del discorso filosofico sulla ragione (come ne *La mitologie blanche* di Derrida o ne *l'Effet sophistique* di Barbara Cassin, [2], quest'ultimo emblematico di una lettura eleatica, parmenidea, sofistica del significato della retorica).

Giulio Preti scriveva *Retorica e logica* nel '68, [9]. Aveva letto bene Perelman, [7], e ne aveva tratto strumenti d'analisi preziosi per comprendere il tipo di discorso 'culturale' e 'umanistico' e anche per comprendere «l'eterogeneità del discorso valutativo» (oltre che per la teoria delle 'coppie filosofiche' che gli serve in partenza a giustificare la contrapposizione che egli propone sin dal titolo). L'uso che fa della 'nuova retorica' è sostanzialmente strumentale. Egli apprezza il lavoro di messa a punto concettuale che Perelman ha operato sulle strutture del discorso retorico, apprezza la rivalutazione della retorica «al di là delle degenerazioni e dello scadimento di tono che questa nobile arte ha subito per secoli», ma non sposa la 'filosofia' di fondo della trattazione di Perelman. «È dalle dottrine di Perelman - scrive infatti - che prenderemo le mosse: tuttavia con punti di vista, gusti culturali, convinzioni e intenti talmente diversi, che le sue dottrine ne verranno profondamente modificate, e spesso anche molto liberamente rielaborate». Risulta che Preti utilizza la retorica come *órganon* adeguato per un'analisi del discorso umanistico che peraltro non sarà mai fondante, per lui, una *forma mentis* moderna; per cui le sorti della retorica sono decise da una superiore visione razionale che la colloca nel suo spazio e nella sua dimensione propri (*faut de mieux*, in attesa di una auspicata svolta 'scientifica', la retorica può tutt'al più fondare le 'scienze umane'). Argomento complesso, quello di Preti, votato a reimpostare dalle basi il problema delle due culture, indicando una prospettiva trascendentale, insieme a una analisi fenomenologica come quella suggerita dalla 'filosofia della cultura' del maestro Banfi, in cui alla fine, se è l'idea deweyana di una universalità ideale, relazionale, della scienza a prevalere, sono gli aspetti razionalisti della scienza (più che quelli empirici) a far ripensare complessivamente i valori propri della ricerca della conoscenza insieme a quelli di una società democratica.

La cultura italiana, a parte la ristretta cerchia degli allievi e degli esegeti dell'opera di Preti, non ha mai mostrato di capire a fondo il significato di quel libro, e in genere si è atteggiata criticamente (Marcello Pera ebbe a dire che «la distinzione tra 'le due culture' nei termini dell'opposizione tra retorica e logica operata da Preti pare descrittivamente inadeguata e filosoficamente insoddisfacente», [6]), o ha semplicemente ignorato quel contributo che pure si presentava coi crismi dell'attualità e della novità (vedi, per esempio, Marconi, [3]; o anche, nonostante l'introduzione in cui si riconosce a Preti un pensiero «acuto...e quanto mai attuale», Giorello, Longo e Odifreddi nel loro recente ripen-

samento de *Le due culture* di Snow, [11]). Emblematica è una nota ad esso dedicata da Enrico Berti, [1]. Anche Berti parla di Perelman, e elenca i meriti della 'nuova retorica': (1) ha fornito un'alternativa alla 'crisi della ragione' che di fatto è crisi della razionalità scientifica (sorda alle esigenze dell'etica, della politica, del diritto); (2) propone una razionalità aperta, 'democratica'; (3) non ignora i condizionamenti storici, culturali, sociali, anche ideologici, ma soprattutto linguistici, della comunicazione e quindi della conoscenza. Della posizione di Perelman rileva anche alcuni difetti: (1) mantiene la divisione tra le due culture «con il curioso paradosso per cui alla cultura meno rigorosa spetta di determinare la cosa più importante, cioè i fini, i valori, mentre a quella più rigorosa, più sicura, più affidabile, spetta di determinare la cosa meno importante, cioè i mezzi»; (2) appiattisce la filosofia in una filosofia assolutista, dogmatica e metafisica cui contrapporre la «filosofia regressiva», aperta e argomentativa della retorica; (3) con questa duplice opposizione, la nuova retorica mostra di non conoscere altro tipo di razionalità teoretica che quella rigorosamente formalizzabile, «cioè di condividere il dogma cartesiano-spinoziano del *mos geometricus* come unico modo razionale, valido, contro cui proprio essa era insorta».

In questo discorso complessivo da parte di Berti, che riecheggia posizioni della 'filosofia pratica' circa il tipo di sapere veicolato della scienza e sembra accogliere le istanze ermeneutiche in tema di 'verità' della retorica, compare anche un accenno a *Retorica e logica* di Preti. Preti, per Berti, non fa che ripetere i limiti della vecchia filosofia neopositivistica: (1) contrapporre rigidamente persuasione e verità; (2) esaltare una concezione scientifica della verità: «o la filosofia rivendica tutta la verità, e quindi la scientificità, a se stessa, negandola alle scienze particolari; oppure la attribuisce a quest'ultime, riducendosi a semplice custode, a mo' di antica vestale, della verità della scienza; o infine la nega tanto a sé quanto alla scienza, disperando totalmente della possibilità che l'uomo conosca una qualsiasi verità». La morale tratta da Berti è la seguente: «A mio parere la filosofia ha invece bisogno della retorica, cioè della persuasione, della psicagogia, perché coinvolge l'uomo nella sua interezza, nella sua 'vita', nel suo destino, nelle sue scelte pratiche. La verità cercata dalla filosofia non è come $2+2=4$, cioè una verità per la quale non vale morire - nessuno ha mai dato la vita per le verità matematiche, se non qualche antico pitagorico...- e quindi neppure di vivere. Nemmeno il processo a Galilei ... si è fatto per puri motivi scientifici: c'era di mezzo qualcosa di più della pura verità scientifica, qualcosa che poteva avere ed ha avuto conseguenze enormi per la vita degli uomini». Posizione, quella di Berti, autorevole e condivisa, come intendevamo dicendo che la vedevamo in linea con certi presupposti della 'filosofia pratica' o dell'ermeneutica. Ma, avrebbe detto Preti, una posizione 'culturale', che non è riuscita a operare il tipo di ascesi e di trascendimento per lui necessario a comprendere a fondo i presupposti del nostro discorso filosofico complessivo sulle due culture (per non dire quelli storico-critici sul significato di 'democrazia').

Vale la pena riproporre in sintesi la prospettiva metodologica indicata da Preti. Di fronte al problema delle due culture, Preti si pone dal punto di vista di una fenome-

nologia della cultura. Le forme, gli eide, che individua come costitutivi della cultura occidentale gli paiono astrazioni necessarie rispetto a quella unità concreta. Tipi ideali, modalità del discorso, *formae mentis* («forme mentali, se si vuol parlare con linguaggio mentalistico; forme della cultura o dello spirito oggettivo»), che portano con sé due diverse concezioni della verità e della moralità, e soprattutto due diverse assiologie, due diverse scale di valori. La retorica è forma della cultura letteraria e la logica è forma della cultura scientifica. Partita pari? No certo. Preti rivendica il ruolo fondante della razionalità scientifica, che vuol essere forza emancipatrice dai dogmi e dall'inerzia delle 'tradizioni'; vuol essere kantianamente istanza critica trascendente ogni concreto sistema di concetti e di giudizi, appello a principî più liberi e universali di quelli ricavabili per astrazione dalla realtà culturale o dalla contingenza di un habitus e di un modo particolare di vedere il mondo. La scienza produce adesione libera e volontaria, un assenso spontaneo e non imposto dall'esterno, perché si basa sulla nostra conformazione originaria, naturale, sulla nostra soggettività trascendentale; la quale non è determinata, bensì formale (un richiamo a questo aspetto 'formale' della dimensione a priori di ogni conoscenza è anche in Parrini, [5]), è indifferente ai contenuti, perché impone solo le regole, i criteri, di valutazione e di discussione circa i contenuti. Il rispetto dei diritti di critica, obiezione e collaborazione non è una frase fatta (come ben osserva Scarantino, [10]); bensì risponde ad una esigenza di universalità dei miei atti, pensieri e giudizi. Tutta la portata liberatoria del trascendentalismo, e con esso dell'empirismo e del pragmatismo, sta in questa universalizzazione funzionale delle *Erlebnisse* originarie. L'esperienza vissuta è trasposta su di un piano trascendentale, ove può essere elaborata in comune e generare, come Preti aveva scritto altrove, «la discussione anziché il dogma, la consultazione anziché l'imposizione, la persuasione anziché la violenza». La ragione lotta con la determinatezza del piano intuitivo per integrare i singoli vissuti in un quadro relazionale universale. È trasponendosi su questo piano che essi potranno interagire tra di loro e concorrere a formare quel *software* comune (come lo chiama Scarantino) che è il soggetto trascendentale.

La *forma mentis* che reclama Preti è dunque uno schema formale. Ma alla fine non risulta così indifferente ai contenuti. Quella ragione è anche da intendere nel senso della *raison* illuministica, come riflessione logica e metodica sulle 'sensate esperienze', che alla fine incide anche sul giudizio valutativo, perché incide sulle credenze che in esso entrano in gioco. È doveroso anche osservare che conoscenza e socialità sono per Preti strettamente legate. Attraverso l'intersoggettività pragmatica del senso comune noi costruiamo e stabilizziamo il nostro mondo. Non c'è partecipazione senza fiducia epistemica, non c'è socialità senza criteri condivisi di verità. La verità di tipo consensuale, lungi dall'essere espressione di democraticità e di tolleranza, coincide per Preti con l'avallo della forza di un'autorità. Sono invece i criteri di verità della scienza (criterio di applicabilità tecnica che diviene norma metodologica e dunque criterio di verità) la sostanza di un 'atteggiamento' razionale e scientifico. Paolo Rossi ci ricorda spesso cosa disse Needham sul perché in Cina non c'è stata scienza: perché i cinesi hanno avuto

tanti Leonardo e nessun Galileo! È la generale prospettiva razionale che conta. Lo 'spirito tecnico', avrebbe detto Banfi. Un sapere che ha una universalità ideale e relazionale (Dewey) e che dunque si costituisce come unica autentica autorità democratica. Per Preti, l'ultimo dei 'neoilluministi', scienza significa cultura scientifica: estensione all'insieme della vita umana delle pratiche di mediazione razionale, di dialogo e analisi dei problemi umani. La retorica per lui può avere una funzione positiva solo in quanto la costruzione di una cultura democratica deve passare necessariamente attraverso la determinazione delle condizioni razionali dell'assenso e della persuasione.

Preti lo aveva già scritto a chiare lettere in *Praxis e empirismo*, [8], prima di dedicarsi, nelle ultime opere, a una metariflessione oggi a mio parere attualissima sulla filosofia e sulla cultura: «Assumere un determinato atteggiamento filosofico, *scegliere* una posizione filosofica, significa assumere un determinato atteggiamento nei riguardi della cultura nel suo complesso, scegliere una posizione nei riguardi di essa - voler produrre, almeno al limite, una *determinata cultura*». Il richiamo di Preti all'assunzione di responsabilità, che riguarda soprattutto i delicati problemi dei nostri rapporti con la 'tradizione', è rimasto inascoltato. E soprattutto, come dimostrano le considerazioni di Berti, non si è compreso il significato radicale di quel richiamo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berti E., *Le vie della ragione*, il Mulino, Bologna, 1987.
- [2] Cassin B., *L'effet sophistique*, Gallimard, Parigi, 1995.
- [3] Marconi D., "Retorica e logica", in *retorica e comunicazione*, a cura di A. Pennacini, Edizioni dell'Orso, Alessandria, 1993.
- [4] Mortara Garavelli B., *Manuale di retorica*, Bompiani, Milano, 1988².
- [5] Parrini P., *Conoscenza e realtà*, Laterza, Roma-Bari, 1995.
- [6] Pera M., "La scienza fra retorica e logica", in *Il pensiero di Giulio Preti nella cultura filosofica del Novecento*, a cura di F. Minazzi, Franco Angeli, Milano, 1990.
- [7] Perelman Ch. & Olbrechts-Tyteca L., *Trattato dell'argomentazione*, Einaudi, Torino, 1966.
- [8] Preti G., *Praxis e empirismo*, Einaudi, Torino, 1957.
- [9] Preti G., *Retorica e logica*, Einaudi, Torino, 1968.
- [10] Scarantino L.M., *La costruzione della filosofia come scienza sociale*, Bruno Mondatori, Milano, 2007.
- [11] Snow C.P., *Le due culture*, Marsilio, Venezia, 2005.
- [12] Toulmin S., *Gli usi dell'argomentazione*, Rosenberg & Sellier, Torino, 1975.

IL PENSIERO DI PRETI E LA SUA DIFFICILE EREDITÀ

PAOLO PARRINI

Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze

Per almeno due ragioni il libro di Luca Scarantino [4] segna un notevole passo avanti nello studio del pensiero di Giulio Preti. Anzitutto, per l'accuratezza e la ricchezza di informazioni con cui ricostruisce l'ambiente, non solo filosofico, in cui quel pensiero affonda le sue radici. Rievocando gli anni che videro la costituzione dell'Università Statale di Milano, esso ne descrive in dettaglio il clima culturale, un clima reso vivo e vivace da molteplici influenze: la tradizione civile risalente a Carlo Cattaneo, i rapporti con i vicini atenei di Pavia e di Torino, l'influsso della personalità, dell'insegnamento e del fiero antifascismo di Piero Martinetti, l'attività di Padre Agostino Gemelli, fondatore dell'Università Cattolica del Sacro Cuore e, infine, tutto quel fermento di idee che si accompagnava al magistero e alla figura intellettuale di Antonio Banfi.

Particolarmente significative mi paiono le pagine che Scarantino dedica alla rivista *Corrente di vita giovanile* e al rapporto tra Banfi e Preti, che era allora suo allievo. L'attenzione rivolta a *Corrente* – un periodico di ampio respiro culturale cui collaborarono intellettuali e artisti delle più diverse provenienze e specialità professionali (pittori, narratori, poeti, architetti, musicisti, registi di teatro e di cinema) – getta nuova luce su molte vicende che si svolsero fra il decennio precedente alla seconda guerra mondiale e i decenni subito successivi. Credo anzi che solo tenendo conto di quell'esperienza si possano spiegare parecchi avvenimenti degli anni Cinquanta e Sessanta: tanto il come e il perché di certe polemiche e di alcuni cambiamenti di rotta, quanto il come e il perché di 'alleanze' e 'amicizie' che spesso resistevano a, o convivevano con, sostanziose diversità ideologiche, politiche e religiose. Per quanto mi riguarda, per esempio, ho potuto meglio comprendere le radici del legame che, all'interno dell'allora Facoltà di Magistero dell'Università di Firenze, univa Preti a colleghi 'letterati' quali Piero Bigongiari, Oreste Macrì e Marcello Pagnini.

Le parti volte a illustrare il rapporto fra Preti e Banfi sono poi davvero preziose per capire la genesi e lo sviluppo della filosofia pretiana, costituendo così una sorta di indispensabile premessa per la sua ricostruzione. Ed è proprio in questa ricostruzione che sta, a mio parere, l'altra ragione dell'importanza del libro di Scarantino. Nella seconda metà del volume, infatti, l'autore cerca sia di individuare la linea evolutiva della riflessione di Preti, sia di farne emergere la struttura per molti versi sistematica. E ciò va sottolineato perché - al di là delle particolari scelte interpretative effettuate da Scarantino - il suo tentativo ha il merito di fare giustizia di un modo alquanto miope e affrettato con cui spesso (soprattutto in passato, ma non solo) ci si è atteggiati di fronte

al tipo di filosofia prodotta da pensatori quali Nicola Abbagnano, Ludovico Geymonat, Norberto Bobbio, Enzo Paci e, appunto, Preti. Mi riferisco alle accuse di eclettismo e di superficialità sollevate contro i loro sforzi teorici.

Per più ragioni io non credo che gli autori appena menzionati siano tutti dello stesso spessore filosofico. In ogni caso, però, non mi pare che quelle accuse possano essere sensatamente rivolte a Preti. Dal libro di Scarantino emerge con chiarezza quanto profondo sia stato, in realtà, il suo travaglio speculativo e quanto seria e appassionata la sua ricerca di una sintesi filosofica non banale. Considerare Preti - come ha fatto recentemente Carlo Augusto Viano, già allievo di Abbagnano - un personaggio “che amava civettare con gli aspetti tecnici della logica e della filosofia della scienza”, ma che finiva “con lo sperimentare mescolanze di dottrine filosofiche più che coltivare qualche specialità” [5, p. 27] significa dimenticare che esiste anche una specialità chiamata “filosofia”. Per coltivare questa specialità può essere utile, talvolta, rivolgersi ad altre specialità (poniamo la logica o la filosofia della scienza) per trarne strumentazioni concettuali utili o necessarie, ma - come Preti ha sempre orgogliosamente sostenuto - non per ciò la filosofia può essere ricondotta, *in assenza di adeguate motivazioni filosofiche*, a logica, a filosofia della scienza o magari (e direi tanto meno) a storiografia filosofica. È grazie a questa specialità che i filosofi (ed anche Preti) hanno spesso cercato di gettare luce su questioni alle quali lo stesso Viano sembrerebbe interessato, come per esempio che cosa possa significare accettare “modeste verità di fatto” [1, p. 635] in base alle quali ‘smascherare’ credenze religiose e costruzioni speculative, oppure in che modo sia possibile distinguere - con un po’ di professionalità, e cioè entrando nel merito e andando al di là di quel che piace o non piace, ci trova consezienti o ci fa ridere - fra credenze scientifiche e credenze che scientifiche non sono [1, p. 635].

A mio parere, l’opera di Scarantino per la sua stessa completezza e accuratezza pone, o rende più urgente, un’altra e diversa questione: quella del destino a cui il pensiero di Preti è andato incontro dopo la vivace polemica che si sviluppò intorno a *Praxis ed empirismo* (1957) e che l’ha accompagnato fino alla morte del suo autore (1972). E faccio notare che parliamo di un periodo ancora dominato da filosofie e orientamenti culturali che si ispiravano al marxismo (soprattutto nella versione gramsciana), allo storicismo e alle velleità teoriche di certa storiografia filosofica (delle quali oggi alcuni preferiscono tacere e/o tentarne sorprendenti ricostruzioni ‘aggiustate’).

Sta di fatto che nel suo ultimo quindicennio di vita Preti è stato un isolato che nel mondo filosofico italiano conservava un solido rapporto solo con Mario Dal Pra e, in misura minore, con Nicola Abbagnano. E sta anche di fatto che il suo nome è comparso assai poco nelle discussioni epistemologiche e generalmente filosofiche dei decenni subito successivi alla sua morte, quasi che, soprattutto negli ambienti di Milano o vicini a Milano (Dal Pra a parte) si fosse stabilita una sorta di *conventio ad excludendum*. Il punto che a me pare, dunque, resti ancora da affrontare sul piano storico è quello riguardante la ‘fortuna’ di Preti nell’Italia della seconda metà del Novecento. Per quale ragione (o per quali ragioni) dopo l’attenzione suscitata fino a *Praxis ed empirismo* il

suo pensiero è stato accantonato e già dell'ultimo Preti si è fatto quasi un emarginato? Ciò è tanto più interessante quando si consideri che un altro dei protagonisti della stagione del neilluminismo – mi riferisco a Geymonat - ha sentito anni dopo il bisogno di riconoscere che Preti era stato in realtà il maggiore dei filosofi legati a quella temperie culturale [2, p. 54]. A questo riguardo si è talvolta parlato di una 'malasorte' che lo avrebbe perseguitato e perfino del suo cattivo carattere. Ma anche a prescindere da quale fosse davvero il carattere di Preti, ciò non può spiegare l'ostracismo che da un certo momento in poi ha colpito le *tesi* da lui sostenute. Mica si vorrà far credere che pure le tesi hanno cattivo carattere?¹ Quanto poi all'ipotesi sollevata da alcuni che l'isolamento di Preti possa essere giustificato dal fatto che egli si teneva lontano dalle mode culturali del momento, in questo (se anche fosse del tutto vero) vedrei piuttosto un segno positivo e apprezzabile della sua personalità culturale.

In attesa che il problema sia esplorato con l'ampiezza e il rilievo che merita, vorrei per adesso limitarmi a inquadrarlo in maniera più articolata rifacendomi a due osservazioni di Alberto Peruzzi, un allievo di Preti che, pur non avendo fatto in tempo a laurearsi con lui, si è molto adoperato per illustrarne la memoria. La prima di queste osservazioni è implicitamente contenuta nel titolo che Peruzzi ha dato a un suo bel profilo del maestro: "Giulio Preti: una scomoda eredità" [2]. Ed ecco allora la domanda: perché è risultata 'scomoda' l'eredità che Preti ha lasciato? Che cosa ha fatto sì che negli anni seguiti al tentativo di rinnovamento filosofico dell'Italia post-fascista Preti - che ne era stato uno dei più acuti e competenti propugnatori - sia stato messo da parte e la sua eredità sia apparsa 'scomoda' a quasi tutti i suoi stessi compagni di battaglia?

La seconda osservazione richiede una citazione più lunga. A conclusione del saggio "Preti e l'analisi del linguaggio" nato da una relazione che Peruzzi ha tenuto al Convegno di Castiglioncello (2002), organizzato nel trentennale della scomparsa del filosofo, egli così scriveva:

"Quanto al cammino lungo il quale ci si dovrebbe muovere per valorizzare pienamente l'eredità del pensiero di Preti, ritengo più opportuno, dopo i suggerimenti che ho azzardato, chiudere con un'esortazione che ci riguarda tutti. Impegnamoci a un ancor più approfondito confronto delle diverse linee interpretative che in quest'occasione hanno avuto modo di dialogare con franchezza, e impegnamoci a dare un più sereno giudizio retrospettivo traendone impulso, in stile pretiano, per il nitido esercizio della pura teoresi e dell'azione culturale. Lo dico con un' enfasi che in ogni altro caso eviterei. Non lo dico con falsa umiltà e tanto meno per subdola insofferenza verso modi di raccogliere l'eredità di Preti che mi lasciano perplesso. Lo dico perché solo uscendo dal generico non meno che da troppo mirate estrapolazioni, dall'agiografico e dalla cronaca italica, possiamo valorizzare questa eredità; e lo dico, infine, per ricordare a coloro che in questo momento mi stanno ascoltando che, come fu per Preti, così è per ciascuno: *tua res agitur*" [3, p. 189].

Perfettamente d'accordo sul fatto che in anni recenti si sono viste delle assai discutibili valutazioni-utilizzazioni del pensiero di Preti (penso ad alcune dannose esalta-

zioni acritiche e a certi sconcertanti accostamenti). E perfettamente d'accordo anche sull'esortazione alla serenità del giudizio retrospettivo. Ma ciò non ci deve far dimenticare che Preti è stato pure uomo di battaglia, che una parte rilevante di questa battaglia ha riguardato le condizioni della filosofia in Italia (la "cronaca italica") e che forse per questo (o anche per questo) ha lasciato una eredità 'scomoda'. La consapevolezza di tale 'scomodità' non deve compromettere l'imparzialità dello sguardo storico, ma non può neppure legittimare comode ricostruzioni conciliative condotte in quello stile in senso deteriore compromissorio, purtroppo molto italiano, che Preti detestava ed al quale ha costantemente cercato di opporsi. La verità storica, come la verità in generale, è semplicemente la verità e il nostro tentativo dovrebbe essere sempre quello di perseguirla, quali che siano le difficoltà (epistemiche e non epistemiche) che si frappongono fra essa e noi².

NOTE

¹ Del resto in Italia un po' di 'malasorte' ha colpito chiunque abbia mirato a una filosofia diversa da quella storicistica e umanistico-retorica dominante, da Vailati a Enriques, da Calderoni a de Finetti. Che avessero tutti un 'cattivo carattere'?

² E a proposito di verità non sarà forse del tutto inutile precisare che Preti avrebbe detto che il Vero (come il Buono e il Bello) è un *autovalore* il quale, per semplice chiarezza concettuale, può essere scritto con la lettera maiuscola. Ciò non ha niente a che vedere con il senso che taluni danno, per esempio, alle parole Dio, Patria e Famiglia quando le scrivono con la maiuscola, oppure alla parola Verità, quando la maiuscola sta a suggerire la 'santificazione' di precisi contenuti veritativi (per esempio, quelli di una religione rivelata). Un senso di questo genere è del tutto estraneo al modo di pensare di Preti e, per quel che può contare, anche al mio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Antiseri, Dario, e Tagliagambe, Silvano, a cura di, *Storia della filosofia*, vol. 14: *Filosofi italiani contemporanei*, Bompiani (edizione speciale per il *Corriere della Sera*), Milano 2008.
- [2] Peruzzi, Alberto, “Giulio Preti: una scomoda eredità”, *Nuova civiltà delle macchine*, XXI 2003, pp. 47-64.
- [3] Peruzzi, Alberto, “Preti e l’analisi del linguaggio”, in *Il pensiero filosofico di Giulio Preti*, a cura di P. Parrini e L. M. Scarantino, Guerini e Associati, Milano 2004, pp. 159-189.
- [4] Scarantino, Luca, M., *Giulio Preti. La costruzione della filosofia come scienza sociale*, Bruno Mondadori, Milano 2007.
- [5] Viano, Carlo Augusto, *Stagioni filosofiche*, il Mulino, Bologna 2007.

GIULIO PRETI, UNA FILOSOFIA DELL'INTERCULTURALITÀ

LUCA M. SCARANTINO

École des hautes études en sciences sociales, Parigi

Non ricordo se fu Roland Barthes o Maurice Merleau-Ponty (o forse altri ancora) a osservare che, una volta fissati i propri pensieri in un'opera chiusa e pubblicata, questi tendono a venire rapidamente dimenticati. È sicuramente quanto mi è capitato dopo aver pubblicato per Bruno Mondadori il volume sulla filosofia di Giulio Preti¹. È come se anni di lavoro fossero improvvisamente scomparsi dalla memoria, ed è una sensazione che mi riempie di sollievo. Ma se la ricostruzione del pensiero pretiano nel suo sviluppo storico è per me un lavoro ormai compiuto, quel che resta di esso sta nel fatto che Preti ci fornisce alcuni strumenti teorici straordinariamente efficaci per capire il mondo che ci circonda e per imparare a orientarci in esso. Se gli aspetti più tecnici delle nostre ricerche tendono a dissolversi nella memoria, resta il modo in cui la sua filosofia ci ha cambiato, il modo in cui l'abbiamo assorbita e, a volte senza nemmeno più accorgercene, la utilizziamo per analizzare la nostra esperienza quotidiana.

Del pensiero pretiano si può dire che rappresenta uno dei più potenti dispositivi teorici mai concepiti per pensare l'interculturalità. Dovendo sintetizzare in una frase la sua opera, direi che si è trattato in sostanza di una teoria dell'intersoggettività aperta e non autoritaria. Preti ha cercato, riuscendoci in maniera che ha pochi eguali nel Novecento, di descrivere le strutture epistemiche fondamentali che sottendono i diversi tipi di interazione umana. Si potrebbe dire che, pur salvaguardando l'autonomia dei valori morali, ha costruito le dinamiche interpersonali su categorie filosofiche che appartengono tradizionalmente alla teoria della conoscenza. Ha cioè mostrato come una costruzione funzionale delle condizioni di validità della rappresentazione comporti necessariamente delle conseguenze morali diametralmente opposte a quelle che determina un impianto realistico metafisico (od "ontologico"). O, se si vuole, che le nostre strutture morali poggiano sulle modalità epistemiche di costituzione delle rappresentazioni e delle credenze.

Nel far ciò, il passaggio fondamentale è dato dalla trasformazione in senso funzionale del processo di costituzione delle oggettività. A partire dalle giovanili prese di posizione sull'immanenza, ha messo in evidenza la natura contraddittoria dell'epistemologia correspondentista (oggi diremmo "fondazionalista") in cui al legame tra dati percettivi e loro rappresentazione è attribuita una necessità di tipo ontologico – in cui, in altri termini, l'oggetto costituito è un'ipostasi del piano percettivo, a sua volta necessariamente descritto come "realtà" a sé stante. Attribuire una tale completezza ontologica all'oggetto, mostra Preti, è aporetico perché tale attribuzione, che non può

in alcun modo essere giustificata sul piano del discorso, forza l'inesauribilità dei procedimenti di legalizzazione dell'esperienza entro una serie di determinazioni rigide, la cui intrinseca determinatezza obbliga a moltiplicarne senza fine i piani ontologici. In tal modo, il realismo ontologico conduce necessariamente a un sistema quasi-tolemaico strutturato secondo la "vecchia impalcatura medievale di tipi e specie fissi".

Questa rigida costruzione scompare se alla necessità ontologica viene sostituito un altro tipo di necessità, di tipo storico. Proprio la costruzione di un funzionalismo epistemico centrato sulla nozione di necessità storica costituisce il cuore della lunga riflessione pretiana. Qui, egli riesce nella straordinaria impresa di coniugare l'impianto formale e trascendentale di matrice critico-fenomenologica con la storicizzazione degli a priori operata dal pragmatismo americano (Lewis, Dewey, Morris). In un certo senso, il problema di Preti, che era anche il grande problema dei pragmatisti, era come iniettare un elemento di storicità, e quindi di pragmaticità, entro i principi formali che presiedono alla costruzione del sapere. Rimando ai capitoli centrali del mio volume per una descrizione tecnica del modo in cui viene portata a termine quest'impresa.

È tipico dei grandi pensatori di dare forma a riflessioni che rivelano la propria fecondità in ambiti tematici e situazioni storiche del tutto diverse da quelli in cui sono stati elaborati. Il pensiero pretiano, nato dalla « rivoluzione trascendentale » con cui Antonio Banfi aveva voluto reagire alla crisi della cultura europea d'inizio secolo, giunge attraverso un percorso di grande complessità filosofica a una teoria della persuasione razionale che proietta sul piano delle dinamiche intersoggettive, ossia del pensiero morale, le conseguenze degli impianti epistemici di costituzione delle oggettività. Così la violenza, se descritta come sostanzializzazione del soggetto trascendentale, rivela la propria natura di forma elementare dell'esclusione sociale. La fiducia, meccanismo epistemico di formazione pubblica del senso, trova la propria negazione nell'atteggiamento morale del risentimento che, nato dalla rottura del piano ideal-astratto dell'intersoggettività, provoca una frammentazione in gruppi sociali chiusi e a forte vocazione identitaria, determinando un impoverimento dell'interazione sociale, dacché lo scambio di esperienze viene bloccato. Il risorgere di logiche identitarie e protettive di fronte ad un possibile incontro tra culture, moralità e popoli diversi, la ricerca spasmodica di un richiamo alle proprie « radici » culturali costituiscono altrettanti effetti di una concezione essenzialista dell'identità.

Preti è stato pensatore eminentemente politico, poiché la sua critica del dogmatismo epistemico (la critica dell'epistemologia dell'*adaequatio*) conduce per necessità al rifiuto di ogni ideologismo, inteso come proiezione sull'insieme della realtà di momenti particolari dell'esperienza – personale, collettiva o culturale. L'ideologia, scriveva Antonio Banfi negli anni venti, "non si libera mai dalla particolarità del suo punto di origine" (*op. cit.*, p. 323). È questa lezione che Preti sviluppa attraverso una costruzione del significato e con esso dell'identità: che non intende mai come oggettività ontologicamente completa (essenza), descritta e fissata in una serie di caratteri ben definiti, ma come limite mai raggiunto della serie di legalizzazioni dell'esperienza o,

nel caso dell'identità, degli atti preferenziali (quel che Aristotele chiamava *prohairesis*), ossia delle scelte che ci troviamo a compiere. Mediante questa caratterizzazione perfettamente neokantiana viene individuato il principio fondamentale di qualunque interazione umana aperta, non autoritaria, non identitaria, non fissata in ideologici "scontri" o cozzi tra vissuti, volontà o civiltà. Lo scambio, l'interazione umana appaiono essi stessi costruttori dell'identità e non preesistenti ad essa: il grande merito di Preti è stato da una parte di avere mostrato come una tale posizione non sia compatibile con una posizione fondazionalista in epistemologia, e quindi che affermazioni legate all'ambito morale poggiano in ultima analisi su modelli epistemici fondamentali – e, d'altra parte, l'aver concretamente costruito un modello funzionalista a partire da una storicizzazione degli a priori.

Il pensiero di Preti non sorge per caso, né resta isolato all'interno della cultura italiana. Al contrario, con esso giunge a compimento, ricavandone dimensione universale, la tradizione del razionalismo trascendentale iniziata da Antonio Banfi con i *Principi di una teoria della ragione* (1926). Su quest'impianto trascendentale, che appare sempre più come un asse portante della filosofia italiana contemporanea e che Preti eredita nella sua integralità (al punto da far ritenere che il suo rapporto con il neokantismo di Bauch, Natorp o Cohen sia rimasto sempre mediato dalla lettura banfiana), viene trapiantata l'esperienza delle filosofie pragmatiche, mediante cui il formalismo della ragione banfiana instaura una relazione operativa con l'esperienza pragmatica e apre la via a quella "storicità del senso comune" che trasforma radicalmente i criteri di validità del conoscere.

È attraverso la realizzazione di questo ormai celebre "trascendentalismo storico-oggettivo" che Preti trasforma un episodio della filosofia italiana in pensiero di portata universale, in cui tradizioni in apparenza distanti come il neokantismo, la fenomenologia, il pragmatismo americano (Lewis, Dewey, Morris...), l'empirismo logico di Vienna (Schlick, Carnap, Hempel...) e Berlino (Reichenbach) confluiscono a comporre un quadro teorico di eccezionale attualità e fecondità teorica. Pochi autori (tra essi, ricordiamo Clarence Lewis, Charles Morris e Alfred Schutz) hanno colto con la stessa nitidezza il profondo motivo trascendentale delle filosofie pragmatiche e il loro sforzo per pensare la storicità nel quadro di un impianto epistemico d'ispirazione trascendentale: su tutto, attraverso quella storicizzazione degli a priori (la "Concezione pragmatista degli apriori" di Lewis è del 1921) che segna l'ingresso del pragmatismo tra le grandi correnti dell'epistemologia contemporanea.

Nel trasformare in tal modo il trascendentalismo banfiano, nel dargli una portata teorica universale, l'opera pretiana ne illumina indirettamente il posto che occupa nella cultura italiana. Mario Dal Pra, riprendendo una caratterizzazione dello stesso Banfi, ha parlato di "razionalismo critico" per individuare quella linea di pensiero che congiunge i *Principi* banfiani al neoilluminismo. L'esito pretiano permette di meglio valutarne il senso e la portata. L'insegnamento banfiano non si limita a quella "scuola di Milano" con cui vengono per lo più indicati, dopo un celebre studio di Fulvio Papi,

i filosofi allievi di Banfi. Esso investe tutta quella generazione che, formatasi nella seconda metà degli anni trenta, è all'origine del successivo rinnovamento della cultura italiana. Il razionalismo critico-trascendentale appare senz'altro, per profondità e vastità d'influenza, come una delle maggiori correnti di pensiero del Novecento italiano, e fa di Banfi un maestro di cultura il cui rilievo storico è paragonabile soltanto a quello di Croce. Oltre ai filosofi, infatti, i giovani allievi del Banfi docente di Estetica (Maria Corti, Antonia Pozzi, Daria Menicanti, Giosuè Bonfanti, Giancarlo Vigorelli, Luigi Rognoni...) danno vita, grazie a figure chiave come Vittorio Sereni e Raffaele De Grada, a uno dei centri di aggregazione generazionale più formidabili del secolo, il gruppo di *Corrente di vita giovanile*, da cui passano praticamente tutti i nomi della cultura italiana successiva. Il richiamo banfiano alla "inesauribile ricchezza e molteplicità della vita e della esperienza" è decisivo nella formazione del realismo pittorico di Birolli, Migneco, Treccani, Guttuso, Cassinari... Entra nella discussione sul senso e le forme della poesia ermetista, di cui Banfi discute le linee teoriche fondamentali in dialogo con Ungaretti, Luzi, Parronchi, Macri, Bigongiari, Bo, Ferrata. Investe il "razionalismo nuovo" dei *fab four* dello studio BBPR (Banfi, Belgiojoso, Peressuti, Rogers) che, proprio su *Corrente*, enunciano il loro credo architettonico in termini apertamente banfiani: "bisogna assolutamente ricollegare il fenomeno dell'arte alla sostanza della cultura, alla civiltà, di cui ogni epoca ha saputo impossessarsi, e dare all'arte la responsabilità che le spetta, non solo come interprete, ma, ancor più, come formatrice delle posizioni morali della civiltà" (*op. cit.*, p. 40). E ispira la violenta critica che sempre su *Corrente* Luigi Comencini e Alberto Lattuada, in nome di un intransigente richiamo alla vita reale, portano al cinema dei telefoni bianchi, preparando insieme a Franco Brusati il rinnovamento e la poetica del neorealismo.

Ritroviamo così, in un itinerario *à rebours*, il senso dell'influenza profonda che la riflessione filosofica ha saputo esercitare nei confronti di poesia e critica letteraria, arti figurative, architettura, cinema e critica musicale (da Luigi Rognoni a Gianandrea Gavazzeni e, più tardi, a Roberto Leydi). Il pensiero di Preti, che ci appare oggi nella sua straordinaria portata teorica e culturale, non ha nulla di solitario o di isolato. Esso è il frutto più maturo di un movimento di pensiero che ha impregnato la cultura italiana assumendo, proprio per la sua pervasività, forme tanto diverse da risultare spesso irriconoscibili. Un'ispirazione unitaria, e storicamente documentabile, ci sembra perciò unire la filosofia di Preti, oltre che alle esperienze specificamente filosofiche del trascendentalismo, del razionalismo critico e del neoilluminismo, anche alle espressioni letterarie, artistiche e culturali elaborate dalla costellazione di giovani intellettuali che faceva capo a *Corrente* e che domineranno l'Italia della seconda metà del secolo. Di tutte queste esperienze Banfi fu, più o meno direttamente, uno dei maestri – certo, non l'unico. Esse sono in gran parte figlie di quella "rivoluzione trascendentale" con cui Banfi volle reagire alla "crisi della cultura e della civiltà" da cui era partita la sua riflessione filosofica: "la filosofia, in quanto tende a illuminare i profondi, viventi problemi dell'esistenza nel loro variare d'equilibrio e di determinazione, tien fermo alla radicalità

della crisi attuale contro le ideologie di parziali e ideali soluzioni, proprio perché più vasta, più netta, più profonda la problematica della nostra vita prenda rilievo. (...) la filosofia della ricostruzione – e ricostruzione rivoluzionaria – è la filosofia della ragione, perché in essa solo l'umanità libera può aderire alle cose ed agli eventi senza soggiacervi, anzi padroneggiandoli può accettare la responsabilità dell'azione" (*op. cit.*, p. 59).

Dalla filosofia della crisi alla teoria della persuasione razionale, la rivoluzione e poi l'insegnamento di Banfi fecondano gran parte della cultura italiana e giungono a compimento con la riflessione pretiana, tutta volta a costruire "la discussione anziché il dogma, la consultazione anziché l'imposizione, la persuasione anziché la violenza" (*op. cit.*, p. 59). Il « razionalismo critico » di cui parlava Dal Pra non è un mero episodio della cultura italiana del Novecento, ma ne rappresenta uno degli assi portanti, le cui ramificazioni sono ancora da esplorare nella loro talvolta insospettata ricchezza.

NOTE

¹ Scarantino, L. M., *Giulio Preti. La costruzione della filosofia come scienza sociale*, Bruno Mondadori, Milano 2007.

PREMIO GIULIO PRETI

Seconda edizione



MOTIVAZIONI PER IL CONFERIMENTO DEL PREMIO

A IAN HACKING

Nel panorama internazionale degli studi nel campo della filosofia della scienza, Ian Hacking è una delle figure di maggior spicco. Se l'immagine del rapporto fra teoria e pratica sperimentale è cambiato, con implicazioni sia per l'epistemologia sia per la storia del pensiero scientifico, ciò si deve anche a fondamentali contributi dati da Hacking nel corso degli ultimi decenni. Le indagini di Hacking hanno infatti permesso di capire come l'esperimento, oltre a essere un ingrediente essenziale nel controllo delle teorie che aspirano alla "scientificità", è un momento *costitutivo* dell'immagine del mondo che la scienza viene elaborando. Fra i tratti della ricerca di Hacking c'è il modo originale con cui mostra l'importanza della ricostruzione storica dei concetti ai fini di un discorso epistemologico più vicino all'effettivo farsi del sapere. Il che non gli ha impedito di proporre una particolare forma di realismo, legato appunto alla pratica sperimentale.

Con coerenza, rigore e grande chiarezza espositiva, nei lavori di Hacking si sono sempre intrecciati puntuali ricerche di storia della scienza, riflessioni sul linguaggio delle teorie, analisi metodologiche e considerazioni di ampio respiro sul significato dei cambiamenti subiti da un dato modello di "sapere". Nelle opere dell'ultimo decennio gli interessi di Hacking si sono aperti a una tematica psicologica e antropologica e lo hanno condotto a sviluppare un'argomentazione che si distingue per il suo alto profilo civile nell'affrontare problemi etico-scientifici, in particolare quelli relativi alle trasformazioni cui la genetica sottopone la nostra comune nozione di "identità" dell'essere umano.

Nato a Vancouver (Canada) nel 1936, Ian Hacking ha iniziato i suoi studi universitari alla University of British Columbia e li ha conclusi ottenendo il Ph.D presso la Cambridge University, in Inghilterra, nel 1962. La sua carriera universitaria lo ha portato a insegnare in sedi accademiche di vari paesi: dagli Stati Uniti (Stanford e Princeton) alla Germania, e dal Canada alla Francia, ove ha avuto la cattedra di "Filosofia e storia dei concetti scientifici" presso il Collège de France, a Parigi, dal 2000 al 2006. Attualmente insegna presso la University of California a Santa Cruz.

Su un piano epistemologico generale, le idee di Hacking, così come formulate in quel classico che ha per titolo *Representing and intervening*, del 1983 (trad. it. *Conoscere e sperimentare*, 1987), hanno esercitato una notevole influenza sul dibattito successivo, mettendo in primo piano il ruolo che spetta all'attività sperimentale nell'elaborazione dell'immagine scientifica del mondo. Successivamente, Hacking è tornato sul significato delle "rivoluzioni scientifiche", illustrandone i caratteri e precisandone il significato (*Scientific revolutions*, 1990).

Su un piano più specifico, Hacking ha condotto indagini sull'evoluzione del concetto di probabilità, sulla logica dell'inferenza statistica e sulla nozione di caso (*The logic of statistical inference*, 1965; *The emergence of probability*, 1975, trad.it. *L'emergenza*

za della probabilità, 1987; *The taming of chance*, 1990, trad. it. *Il caso domato*, 1994). Queste indagini sono sicuri punti di riferimento per chiunque s'interessi di probabilità e costituiscono anch'esse dei classici, e classici anche per il modo in cui illustrano la fecondità di un'analisi concettuale che unisca dimensione storica e teorica. In parallelo a queste indagini di storia del pensiero scientifico, Hacking ha anche scritto opere introduttive, apprezzate per la loro chiarezza (come testimoniato dai volumi *Why does language matter to philosophy?*, 1975, trad. it. *Linguaggio e filosofia*, 1994; e *An introduction to probability and inductive logic*, 2001, trad. it. *Introduzione alla probabilità e alla logica induttiva*, 2005). Infine, il percorso intellettuale di Hacking ha visto la progressiva maturazione di un interesse per le scienze umane: dalla psicologia delle personalità multiple al senso da accordare alla "costruzione sociale" del sapere (*Rewriting the soul*, 1995, trad. it. *La riscoperta dell'anima*, 1996; *The social construction of what?*, 1999; trad. it. *La natura della scienza*, 2000), offrendo significativi spunti di riflessione su temi di interesse generale, come sono quelli che riguardano i cambiamenti in corso nel rapporto tra scienza e società.

Per i motivi qui sinteticamente espressi, il comitato scientifico di Pianeta Galileo è stato unanime nell'attribuire a Ian Hacking il Premio Giulio Preti.

LA QUESTIONE DELLA CULTURA: RIPENSANDO IL DIBATTITO DEL 1972 FRA GIULIO PRETI E MICHEL FOUCAULT*

IAN HACKING

Collège de France

1. Premessa

Sono onorato e commosso per esser stato scelto a condividere il Premio Giulio Preti per il 2008. L'istituzione del premio è un modo giusto per ricordare questo eminente studioso dell'Università di Firenze.

Non avevo mai sentito parlare di Preti prima di venir a sapere del premio – è, del resto, una condizione normale fra i filosofi non italiani. Google dà solo 1800 rimandi, in inglese, al suo nome. Più sorprendente è invece il fatto che ce ne siano solo 440 in francese – nonostante che il volume, a cura di Luca Scarantino, contenga una selezione di scritti di Preti tradotti in francese. Ci sono meno di 200 rimandi in tedesco; e anche in italiano ci sono soltanto 10.000 rimandi circa. Tutto questo, a dispetto dei volumi di saggi che sono stati realizzati per commemorarlo a trent'anni dalla morte. Alberto Peruzzi e i suoi colleghi si stanno sforzando di correggere questa situazione.

2. Preti e Foucault nel 1972

Mentre Paolo Parrini conosce bene l'opera di Giulio Preti, io non sono così fortunato. Quindi ho scelto di dire qualcosa su un singolo testo, e peraltro breve, in cui Preti discute con Foucault. Mi riferisco a un dibattito che avvenne nel 1972, l'anno stesso della morte prematura di Preti.

Preti aveva quasi quindici anni più di Foucault; si era formato negli anni quaranta, mentre Foucault alla fine degli anni cinquanta. La maggior parte delle opere più influenti di Foucault doveva ancora arrivare, mentre l'opera principale di Preti, *Praxis ed empirismo*, era stata pubblicata nel 1957. Ho voluto ugualmente scegliere la discussione di Preti con Foucault perché il mio modo di pensare in filosofia è stato profondamente influenzato da Michel Foucault. In quello stesso anno, 1972, misi per iscritto le mie prime riflessioni su Foucault, sotto forma di recensione a *L'Archéologie du savoir (Archeologia del sapere)*. Cominciavo in quel periodo a fare lezione su Foucault all'università di Cambridge. Ero un giovanotto un po' sfrontato e un mio collega disse a un visitatore: «Se ti stupisci di tutti quei libri di Foucault in vetrina nelle librerie della città, la colpa è interamente di Hacking». Ne è passato del tempo! Oggi, Foucault è in ogni libreria importante del mondo.

Proviamo a collocare Foucault nel 1972. *Les mots et les choses (Le parole e le cose)* era

uscito nel 1966. Nel marzo del 1969 l'aveva seguito *L'Archéologie du savoir*. Foucault cominciò le sue lezioni e seminari al Collège de France nel dicembre 1970. Il primo corso, all'inizio del 1971, fu *La volontà di sapere*, in cui Aristotele è messo a confronto con Nietzsche. Una serie di seminari, paralleli al corso, concerneva la psichiatria penale. Gli anni fino al 1972 furono anni d'intensa attività politico-culturale per Foucault; in particolare, ci fu il suo attivismo circa il sistema delle prigioni e ci fu la stesura del libro *Surveiller et punir (Sorvegliare e punire)*, pubblicato poi nel 1975.

3. Il dibattito-intervista

La discussione fra i due apparve con il titolo "Un dibattito Foucault-Preti", sulla rivista *Il Bimestre*, nel fascicolo di settembre-dicembre 1972 (n. 22/23, pp. 1-4). Il testo è a metà fra un dibattito e un'intervista: Preti pone una serie di quesiti, afferma o argomenta il proprio punto di vista, e Foucault risponde o chiarisce. I due sono in disaccordo su un cospicuo numero di punti, alcuni dei quali mi sembrano non più d'interesse, mentre altri continuano a essere davvero molto importanti. Potrò toccarne solo un paio.

Il dibattito fornisce un'ottima introduzione al pensiero di Foucault in quel periodo. È invece un misero specchio del pensiero di Preti; e qui sta la ragione per cui è più intervista che dibattito. È grazie al modo in cui Preti conduce la discussione che ho l'opportunità di dire qualcosa su Foucault; ma, poiché Preti è così schivo nel corso del dibattito, ho molto meno da dire su di lui.

Un dibattito vero e proprio c'era stato, invece, fra Foucault e Chomsky: nel novembre del 1971, alla televisione olandese. Chomsky, solitamente considerato un democratico radicale, si presenta come un castigato difensore dei valori della Repubblica, mentre Foucault si presenta come un maoista delirante. All'opposto di ciò, la discussione di Preti con Foucault è condotta nei toni misurati della filosofia accademica.

Vorrei prendere spunto con un'osservazione in merito alle reazioni di Foucault. Fra coloro che non si preoccupano tanto di come scrive, Foucault ha la reputazione di essere fiammeggiante ma inaccurato: è bravo nei giri di frase grandiosi e scarso quanto a precisione. La discussione con Preti è un notevole antidoto a quest'idea sbagliata. Foucault interviene ripetutamente per dire: *ciò che intendo con la tale parola è questo e questo; e, in considerazione di questo senso preciso, non posso esser d'accordo con quel che lei [Preti] ha affermato. Ovviamente, se lei usa la parola in modo generico [e – se ne inferisce – non accurato], allora quel che ha detto è vero, ma [se ne inferisce di nuovo]... e con ciò?*

Consentitemi di fare un esempio al riguardo. Preti inizia con un'annotazione circa il fatto che Foucault ha parlato della filosofia come di un'attività 'diagnostica'; e su questo punto c'è un qualche scambio di idee fra i due. Preti afferma che un dottore parla, *dal di fuori* di una malattia, *sulla* malattia: non la vive. Il che porta Preti a dire che il dottore parla in un metalinguaggio per descrivere un linguaggio. Perché? I sintomi di una malattia sono segni, quindi di competenza della semiotica, cosicché il dottore sta usando il proprio linguaggio per parlare di un altro linguaggio (fatto di segni). Un metalinguaggio è appunto un discorso su un discorso. Foucault pensa che questa sia una

nozione troppo ampia di “metalinguaggio”. Il termine “metalinguaggio” è diventato di moda e la gente parla di metalinguaggi in connessione alla critica letteraria, alla storia della scienza e alla storia della filosofia. Dovremmo invece tornare alla definizione rigorosa del termine. Un metalinguaggio è «un discorso per mezzo del quale si definiscono gli elementi e le regole di costruzione di un linguaggio». Questo è esattamente ciò che direbbe un logico di scuola analitica ed è quanto anch'io avrei detto nei tempi in cui m'interessavo di logica formale.

La stessa cosa si ripete con la domanda successiva di Preti: quando rifletto sulla cultura, il mio discorso si colloca dentro una *episteme* o fuori da essa? (Si è fermato dal chiedere se il proprio discorso è un metalinguaggio su una *episteme* o no.) Così Foucault chiede che cosa intenda Preti per *episteme*: «Ma che senso attribuisce al termine *episteme*? Preti: «Quello che gli da lei». Foucault: «Appunto, vorrei sapere qual è» Preti: «Per conto mio, da bravo neokantiano, farei riferimento alle categorie».

Foucault replica che in *Les mots et le choses* si era preso la briga di mettere in chiaro che una *episteme* non ha nulla a che vedere con le categorie kantiane. A titolo d'esempio, Preti dice di essere incline a considerare la *storicità* una categoria del XIX secolo. Foucault osserva in sostanza: *va bene, se questo è il modo in cui lei vuole usare il termine, ma è qualcosa di totalmente diverso dal concetto kantiano di categoria*. Dal che si inferisce: *se intende usare la parola “categoria”, conviene essere rigorosamente kantiani al riguardo*.

Sto schierandomi dalla parte di Foucault? Fin qui, solo per quanto concerne il suo richiamo a un impiego rigoroso della terminologia. Conviene essere precisi quando facciamo uso di sostantivi astratti come “categoria” o “metalinguaggio”. Molti direbbero che, lungo tutto l'arco della sua carriera, Preti è stato dalla parte dell'analisi accurata, e anche di un positivismo scientifico modificato, mentre Foucault è stato dalla parte di quei vizi, vistosamente francesi, di oscurantismo e di linguaggio a briglia sciolta. Ma nel dibattito in esame la situazione è esattamente invertita.

4. Aspetti più generali del pensiero di Foucault e Preti

Qui è in gioco una questione più generale, che emerge in un'altra delle domande di Preti, su argomento del tutto diverso. «Qual è il Nietzsche che le piace?» Risposta di Foucault: «Evidentemente non è quello di *Zarathustra*; è quello della *Nascita della tragedia* e della *Genealogia della morale*». E Preti: «Il Nietzsche delle genesi, dunque?»

A questo punto, Foucault fa una distinzione assoluta tra Nietzsche e molti grandi pensatori occidentali, come Husserl e Heidegger. Nella ricerca di un fondamento, essi tornano alle origini storiche. Nietzsche tentò di mettere in questione i concetti fondamentali... senza riferirsi alle origini. Il Nietzsche di Foucault era il Nietzsche positivista. Il che può essere una perfetta conferma di un'osservazione fatta da Pail Veyne nel suo recente libro, che s'intitola *Foucault*. Più giovane di Foucault, Veyne era stato suo collega al Collège de France, in qualità di storico della civiltà romana. Si conoscevano bene e Foucault lo definiva un “omosessuale ad honorem”. Veyne afferma che, a differenza di quanto lo stesso Foucault ha detto in qualche occasione, è difficile che Foucault si sia

mai letto una parola di Heidegger, eccetto il saggio su l'*Essenza della verità*. Per molti anni fu Nietzsche a dominare il modo di far filosofia di Foucault, mentre Heidegger, in linea di massima, non ebbe alcun impatto. Veyne darà anche più importanza dovuto alla cosa, ma il Foucault di Veyne è il mio Foucault. Oh, di Foucault, ce n'era più d'uno!

Luca Scarantino individua i quattro assi principali del pensiero di Preti in: neo-kantismo, Husserl, empirismo logico e pragmatismo americano. Foucault rifiutava del tutto una caratteristica fondamentale dell'impresa husserliana, ovvero la ricerca delle *Ursprungen*. Preti invece pensava che fosse una strada percorribile. Consentitemi, a questo punto, di fare un paragone inaspettato. Rudolf Carnap e gli altri empiristi logici erano sempre a cercare fondamenti, mentre Popper respingeva totalmente ogni sorta di fondazionalismo. Benché non sia questo il tema su cui ragionare oggi, devo riconoscere che sto dalla parte di Popper e di Foucault, e quindi prendo le distanze da Carnap e da Preti.

La discussione fra Foucault e Preti andò avanti approfondendo il tema foucaultiano della morte del soggetto e soffermandosi sul significato di Sade. Erano temi tipici degli anni settanta. Il bizzarro marchese andava di moda e Foucault aveva ragione nel dire che Sade chiuse l'età dell'illuminismo piuttosto che aprire l'era moderna. Foucault pensava ancora, nel 1972, che l'Occidente stava vivendo una mutazione radicale: la fine del soggetto. Preti non era d'accordo. Credo che la storia ha sconfitto Preti. Un cambiamento c'è stato, in effetti. Non pensiamo più ai 'soggetti' come se fossero agenti autonomi, muniti, ciascuno, di un'essenza. Ma questo cambiamento è stato meno radicale di quanto Foucault pensava. Forse non si rese conto di quanto aveva imparato da Sartre e dal suo collega Merleau-Ponty.

5. Un punto a favore di Preti

Mi sembra giusto concludere queste osservazioni con un argomento sul quale sono totalmente d'accordo con Preti invece che con Foucault. Le questioni etiche sono immensamente complicate. Lo sono oggi come lo erano nel 1972. Foucault pensava che ai nostri tempi la dimensione etica dipende interamente da problemi di politica e di sessualità, e che la dimensione sessuale è fondamentale. Quest'idea era centrale per Foucault nel 1972.

Non potendo entrare nel merito nella presente occasione, rivolgerò l'attenzione a qualcosa un po' meno complicato.

Preti indica come appartenenti all'*etica* le norme che sono una mera questione consuetudinaria e che variano da luogo a luogo, distinguendole dalle norme fondamentali, che indica come appartenenti alla *moralità*. Queste sono trascendentali e valgono per tutti gli esseri umani.

Foucault respinge decisamente ogni discorso che parli di trascendentali, al pari di ogni ipotesi che ci possano essere valori storici e atemporali. Preti: «La moralità è una categoria dello spirito oggettivo», mentre l'etica ha carattere locale e può perfino essere

«meramente strumentale». Foucault replica: «lei crede nel trascendentale, io no».

Per parte mia, sono portato a pensare che non abbiamo bisogno del trascendentale, in qualunque accezione, kantiana o neokantiana, del termine. Preti insiste sul fatto che, benché il punto più forte della moralità riguardi le relazioni fra gli individui, la moralità non dipende logicamente dalla società: «Robinson Crusoe, nell'isola deserta, non ha problemi etici», cioè, non deve preoccuparsi minimamente di consuetudini e norme sociali. Ma – continua Preti – «continua ad avere una moralità, ed eventualmente problemi morali». Robinson ha, potremmo dire, dei doveri verso sé stesso. E Kant avrebbe detto: ha il dovere di non uccidersi per la disperazione.

Robinson aveva promesso di seppellire due suoi compagni di viaggio, che erano morti affogati. Ora doveva farlo, anche se sarebbe stato più facile lasciarli in pasto ai pesci. Ora, supponiamo che la nave fosse stata carica di un migliaio di barili di rum. Robinson avrebbe potuto ubriacarsi per il resto della sua vita; e la cosa poteva anche essere una forte tentazione. Ma non avrebbe dovuto farlo. Si sarebbe potuto divertire a dar fuoco a ogni cosa che incontrava sull'isola, solo per gustarsi i fuochi d'artificio, ma sarebbe stato sbagliato e non solo per ragioni strumentali.

Penso che Giulio Preti avesse ragione a battere sulla moralità come qualcosa che sta ben al di sopra del sociale, del politico e del sessuale. Sotto questo profilo Preti si rivelò un pensatore più profondo di Michel Foucault. Per tale motivo, mi sento particolarmente onorato, oggi, di ricevere un premio intitolato a lui.

NOTE

⁺ *Lectio magistralis* tenuta a Firenze il 15 Novembre 2008, nella Sala Gonfalone del Consiglio regionale della Toscana, in occasione della consegna del Premio Giulio Preti 2008.

MOTIVAZIONI PER IL CONFERIMENTO DEL PREMIO

A PAOLO PARRINI

Paolo Parrini è uno dei più stimati epistemologi italiani. Le sue ricerche sui problemi che riguardano la struttura della conoscenza e i criteri della sua oggettività sono considerate, in Italia e all'estero, un punto di riferimento per la finezza e il rigore dell'analisi. Parrini è anche noto per il suo impegno nella ricostruzione storica di quel complesso, e fondamentale, insieme di idee che ha contraddistinto la nascita e lo sviluppo dell'empirismo logico - che, tra le correnti della filosofia del Novecento, è quella che ha maggiormente promosso una stretta collaborazione fra scienziati e filosofi. Se l'opera di Parrini si presenta come una riaffermazione della centralità delle tematiche emerse con l'empirismo logico, ha anche il pregio di aver inserito queste tematiche in un più vasto orizzonte, raccogliendo istanze provenienti da altri ambiti d'indagine, e di averle inquadrare in una prospettiva unitaria.

Nato a Castell'Azzara (Grosseto) nel 1943, Parrini si è laureato a Firenze con Giulio Preti, di cui è stato assistente dal 1969 al 1972. Nel 1981 ha avuto la cattedra di Storia della filosofia moderna e contemporanea a Venezia e dal 1982 insegna Filosofia teoretica presso l'ateneo fiorentino.

Fin da suo primo libro (*Linguaggio e teoria*, 1976) Parrini ha lavorato a un progetto di notevole rilievo teorico: quello di liberare la prospettiva empiristica dai suoi residui «dogmi», conservandone però, oltre allo spirito analitico, anche caratteri specifici come, per esempio, la distinzione tra componenti osservativo-sperimentali e componenti logico-concettuali della conoscenza, colte nella loro interazione funzionale all'interno del discorso scientifico. Parrini ha dato a questa distinzione un senso nuovo, dinamico e, appunto, non «dogmatico» (*Una filosofia senza dogmi*, 1980). In tal modo ha sviluppato un tema che era indubbiamente caro a Preti, ovvero il riconoscimento di nozioni che svolgono la funzione di «a priori» senza per questo diventare imm modificabili assoluti; e lo ha sviluppato relativizzando il ruolo di tali nozioni a un dato corpus di conoscenze, insieme al quale possono variare. Inoltre, se alla base di ogni data configurazione del sapere scientifico si trovano alcuni principi di carattere convenzionale, un tratto originale della ricerca di Parrini consiste nell'aver mostrato che non sono convenzioni puramente linguistiche.

In parallelo con il complesso quadro teorico in cui questo progetto si è articolato, Parrini ha prodotto numerosi studi sull'evoluzione dell'epistemologia nel Novecento (basti citare *L'empirismo logico*, 2002) focalizzando la sua attenzione sui cambiamenti intervenuti nel rapporto fra geometria e fisica a partire dalla teoria generale della relatività. Parrini ha anche rivolto la sua attenzione al difficile dialogo tra scienza e filosofia nella cultura del nostro paese (*Filosofia e scienza nell'Italia del Novecento*, 2004). Nel panorama della filosofia italiana, la ricerca di Parrini costituisce uno di quei rari casi in cui le indagini epistemologiche si integrano con una riflessione più ampia sull'identità

della filosofia e sui modi del suo insegnamento. Proprio questa integrazione ha permesso a Parrini di evitare i limiti inerenti a un'epistemologia che, in onore a un ideale di rigore, si riduca a sofisticata analisi del linguaggio o ad un ruolo ancillare nei confronti della scienza.

Merito di Parrini è l'aver prospettato una «filosofia positiva» che non è positivistica e che, per il fatto di non essere positivistica, non diventa idealistica, argomentando come sia ancora possibile una giustificazione razionale dell'oggettività dopo aver abbandonato il sogno di una fondazione assoluta (*Conoscenza e realtà*, 1995; *Knowledge and Reality*, 1998): la crescita del sapere è infatti descritta da Parrini come un processo auto-correttivo che può portare alla revisione anche del più sicuro dei principi ma che resta un processo pur sempre governato da principi regolativi, i quali a loro volta restano ancorati all'effettiva esperienza umana. L'arco dei temi trattati da Parrini si è venuto ampliando nel corso degli anni, aprendosi a un confronto con altre tradizioni e con altre tematiche (*Sapere e interpretare*, 2002), che hanno ulteriormente arricchito il senso della «filosofia positiva» da lui proposta come punto d'equilibrio.

Per i motivi qui sinteticamente espressi, il comitato scientifico di Pianeta Galileo è stato unanime nell'attribuire a Paolo Parrini il Premio Giulio Preti.

LA SCIENZA COME RAGIONE PENSANTE*

PAOLO PARRINI

Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze

Dice Heidegger alla fine del saggio del 1943 dedicato a “La parola di Nietzsche ‘Dio è morto’”: “Il folle [ossia chi proclama la morte di Dio] ... è colui che cerca Dio gridando ‘Dio’ a gran voce. Forse un pensante ha realmente gridato qui *de profundis*? E l’orecchio del nostro pensiero? Il grido continuerà a non essere udito finché non si inizierà a pensare. Ma il pensiero inizierà solo quando avremo esperito che la ragione, glorificata da secoli, è la più accanita avversaria del pensiero” ([2: vol. 5, p. 267 = p. 246 sg.] = [6, p. 315 sg.]; cfr. [5, p. 245 sg.]).

Compare in queste parole, in maniera particolarmente nitida, una contrapposizione fra pensiero e ragione che, in vario modo, caratterizza l’itinerario intellettuale di Heidegger ed acquista maggiore forza dopo la svolta avvenuta negli anni immediatamente successivi al quinquennio 1927-1932 - un quinquennio di importanza cruciale in cui si collocano, in rapida successione, la pubblicazione di *Essere e tempo* e di *Kant e il problema della metafisica* (rispettivamente 1927 e 1929), l’ormai famoso incontro di Davos con Cassirer e Carnap (1929) e l’attacco mosso dallo stesso Carnap alla filosofia heideggeriana nel saggio *Il superamento della metafisica attraverso l’analisi logica del linguaggio* (1932). La contrapposizione vede, da un lato, un pensiero pensante, che sembra essere appannaggio della filosofia speculativa e, dall’altro, una ragione che sembra esaurire l’attività intellettuale della scienza e della razionalità scientifica, confinate entrambe nell’ambito algoritmico o calcolistico delle procedure formali e astratte della logica, della matematica e delle discipline esatte in generale. È da tale antitesi che maturano le considerazioni heideggeriane sulla scienza e sulla tecnica esposte nelle lezioni dei primi anni Cinquanta su *Che cosa significa pensare*, lezioni nelle quali compare la famosa (e per alcuni famigerata) frase che “la scienza non pensa” ([2: vol. 8, p. 9] = [7, p. 41]).

È stato osservato che, esprimendo questo giudizio, Heidegger intendeva non tanto criticare la scienza, quanto piuttosto indicare e circoscrivere l’ambito in cui essa consapevolmente e metodicamente si muove. Per il filosofo tedesco, cioè, sarebbe la scienza stessa a porsi il compito di indagare qualcosa che essa assume come oggetto senza metterlo in questione come tale. La fisica, per esempio, si occuperebbe a livello ontico della natura di certi enti (o essenti), ma non si porrebbe la questione ontologica del modo d’essere che compete a quegli enti e che va loro riconosciuto. La scienza dunque non pensa, perché il compito peculiare del pensiero sarebbe proprio quello di andare al di là del procedere metodico sia della scienza in generale sia di qualunque disciplina

particolare per portare alla luce e mettere in questione i presupposti, accettati per lo più come ovvi e scontati, che ne stanno alla base.

Può essere superfluo precisare che chi vi parla, e che ha avuto l'onore di ricevere il premio intitolato al suo maestro Giulio Preti, non può che muoversi in un orizzonte di idee assai diverso da quello heideggeriano. Ma proprio la lezione di Preti invita ad assumere nei confronti del *filosofo* Heidegger (e sottolineo la parola "filosofo" per indicare che non intendo parlare dell'*uomo* Heidegger e, tanto meno, del *rettore* Heidegger!) una posizione più cauta e in qualche modo più articolata di quella che in genere è stata presa, soprattutto da noi, tanto dai suoi detrattori quanto dai suoi estimatori. Io credo certamente - come risulterà chiaro al termine di questo mio breve discorso - che l'affermazione che la scienza non pensa sia da contestare in base ad una visione più aggiornata della razionalità scientifica e di quello che fin da subito vorrei chiamare *pensiero* scientifico; nondimeno ritengo che tale "scandalosa" idea - come Heidegger stesso la qualifica ([2: vol. 8, p. 9] = [7, p. 41]) - vada inquadrata all'interno di una concezione generale nella quale spunti che potevano essere utilizzati (e saranno da altri utilizzati) per una assai diversa valutazione dell'attività scientifica non erano del tutto assenti.

Ciò che intendo dire, insomma, è che sono stati gli attacchi di Heidegger alla scienza e alla ragione a calamitare in modo pressoché esclusivo l'attenzione di gran parte di coloro che, in positivo o in negativo, si sono confrontati con la sua posizione. Per questo, prima di dire come e perché io ritenga che essa non renda giustizia alla scienza, vorrei brevemente mostrare che su questi stessi argomenti Heidegger ha sostenuto anche tesi più sfumate e non prive di acutezza. Nei suoi testi, infatti, si possono trovare considerazioni di notevole interesse, dalle quali traspare una certa sensibilità nei confronti degli accesi dibattiti epistemologici del tempo, dibattiti suscitati dalle profonde trasformazioni scientifiche dei primi decenni del Novecento. Ho in mente, in particolare, quelle discussioni sulle implicazioni filosofiche della fisica relativistica e della meccanica quantistica che, nei primi anni Venti, conducono un esponente della filosofia scientifica come Hans Reichenbach a difendere un'epistemologia che, pur critica nei confronti del kantismo e del neokantismo, tiene ferma l'idea di un a priori costitutivo. Ciò che porta Reichenbach a riassumere il senso dei radicali mutamenti intervenuti nella scienza con la frase, splendidamente sintetica: "La filosofia viene messa di fronte al fatto che la fisica crea nuove categorie non rinvenibili nei dizionari tradizionali" ([10: vol. 3, p. 382 = p. 356]).

L'affermazione reichenbachiana che ho appena citato risale al 1922. Cinque anni più tardi Heidegger pubblicherà *Essere e tempo* introducendo - come si sa - la celebre differenza (qui già richiamata) fra il problema ontologico dell'essere e i problemi ontici riguardanti gli enti, e denunciando al tempo stesso l'errore capitale della metafisica tradizionale e dell'onto-teologia. Esse avrebbero inteso erroneamente l'essere o come semplice presenza, o come l'ente interpretato in senso generalissimo o come l'ente supremo. E due anni dopo, nel 1929, con la monografia su *Kant e il problema della metafisica*, Heidegger comincerà a servirsi proprio di tale tesi cosiddetta della differenza

ontologica tra essere ed ente per offrire una nuova lettura della rivoluzione copernicana compiuta da Kant. Ora, è appunto da questa lettura che si può evincere come anche all'attività scientifica egli riconosca la possibilità di giungere alla problematizzazione delle modalità di essere degli enti di cui essa via via si occupa.

Prendiamo attenta nota delle parole con cui fin da *Essere e tempo* Heidegger fissa la linea interpretativa che seguirà, in modo dettagliato (e non senza gravi forzature), nel testo su Kant. “L'apporto positivo della *Critica della ragion pura* – dice nell'opera del '27 - non consiste in una 'teoria' della conoscenza, ma nel suo contributo all'elaborazione di una ricerca intorno a ciò che appartiene a una natura in generale. La sua logica trascendentale è una logica a priori delle cose che cadono in quell'ambito d'essere che è la natura” ([2: vol. 2, p. 14 = p. 10 sg.] = [3, p. 27]). E infatti, nella monografia kantiana, egli affermerà che Kant ha avuto il merito di comprendere che “La manifestazione dell'ente (verità ontica) si impernia sul disvelamento della costituzione dell'essere dell'ente (verità ontologica)” ([2: vol. 3, p. 13 = [4, p. 25]). Kant insomma, in primo luogo, si sarebbe interrogato, heideggerianamente, non sul problema gnoseologico, ossia sul problema della possibilità della conoscenza, ma sul problema ontologico, ossia sul problema dell'essere e del rapporto di tale essere con gli enti sia pure limitatamente all'essere degli enti di natura.

A mio parere, un autore che è stato in grado di tradurre nel proprio linguaggio in modo così speculativamente creativo la gnoseologia trascendentale di Kant, non può non essersi misurato con l'idea che se la scienza – come dice Reichenbach nel testo sopra citato - è in grado di creare categorie nuove non reperibili nei dizionari tradizionali, e in particolare nel dizionario della filosofia kantiana, ciò potrebbe significare – detto in termini heideggeriani – che essa è in grado di approntare modi nuovi di *pensare* l'essere degli enti di cui parla. Certamente, se andiamo a leggere i paragrafi introduttivi di *Essere e tempo* ci imbattiamo in un Heidegger che è tutto teso a rivendicare l'assoluta priorità fondazionale dell'indagine ontologica sulla natura dell'essere in generale; priorità che viene reclamata non solo rispetto alle indagini scientifiche particolari le quali, muovendosi sul piano ontico, accantonano il problema dell'essere degli enti di cui parlano e si concentrano esclusivamente sulle proprietà e le relazioni di essi, ma anche rispetto a quelle indagini ontologiche di carattere più specifico (come sarebbe, appunto, la ricerca condotta dal Kant del periodo critico) le quali si interrogano non sulla nozione generale di essere, ma sul particolare modo d'essere delle entità di cui si occupano le singole scienze.

Ma questa vibrante rivendicazione di priorità non rende Heidegger del tutto sordo a ciò che nella scienza può avvenire, e che di fatto in quel momento stava avvenendo sotto i suoi stessi occhi con i profondi mutamenti che investivano soprattutto la fisica. In *Essere e tempo*, infatti, egli mostra di sapere bene, per dirlo proprio con le sue parole, che “L'autentico 'movimento' delle *scienze* - e sottolineo la parola 'scienze' - ha luogo nella revisione, più o meno radicale e a se stessa trasparente, dei loro concetti fondamentali. Il livello di una scienza si misura dall'ampiezza entro cui è *capace* di ospitare

la crisi dei suoi concetti fondamentali. In queste crisi immanenti delle scienze, entra in oscillazione lo stesso rapporto fra il procedimento positivo di ricerca e le cose che ne costituiscono l'oggetto" ([2: vol. 2, p. 13 = p. 9] = [3, p. 25]), ossia, nel linguaggio della differenza ontologica, viene a porsi il problema dell'essere da riconoscere agli enti di cui ci si sta occupando.

Se quindi ritorniamo alla contrapposizione heideggeriana tra ragione e pensiero da cui siamo partiti, si potrebbe ben dire che per lo stesso Heidegger, nelle scienze, non è all'opera solo un procedimento razionale, o empirico-razionale, il quale mira a stabilire a livello ontico un complesso di ipotesi e teorie riguardanti le proprietà e le relazioni degli enti che cadono sotto il loro dominio. Accanto a ciò – almeno stando ad alcuni suoi passi – può presentarsi anche quel pensiero che porta ad indagare, e se del caso a sovvertire, i confini, le modalità d'essere e lo statuto ontologico degli enti di cui le scienze si occupano.

Si potrebbe forse pensare che considerazioni di quest'ultimo tipo compaiano nell'opera heideggeriana solo prima della svolta che porterà il filosofo a sottolineare, con forza via via crescente, l'ascolto del linguaggio e della parola poetica come risposta privilegiata, se non addirittura unica, alla domanda sull'essere in quanto contrapposta alle domande sugli enti. Alcuni interpreti hanno sostenuto, infatti, che da un certo momento in poi Heidegger non riprende più "il discorso sulla portata ontologica delle altre attività dell'uomo, oltre all'arte, [...] se non per ciò che riguarda il pensiero nella sua vicinanza con la poesia" ([11, p. 117]). Non per niente nella "Lettera sull'umanesimo" risalente al 1946-47 egli si rifarà ad Aristotele per affermare che "il poetare è più vero dell'indagine dell'ente" [2: vol. 9, p. 363 = p. 193] = [8, p. 313]).

Lascio naturalmente queste questioni alle attente analisi degli esegeti del pensiero heideggeriano tra i quali di certo io non posso essere annoverato. Vorrei far notare, però, che ancora nel saggio su "L'origine dell'opera d'arte", risalente alla metà degli anni Trenta e in seguito ristampato nella raccolta del 1950 *Holzwege*, Heidegger mostra di non aver abbandonato l'idea che nella scienza possa esservi spazio per un genuino movimento di pensiero. È vero che, quando parla della verità come apertura originaria e del suo accadere nell'opera dell'uomo, non pone la scienza fra le attività umane (come la fondazione di uno stato, la religione o l'arte) in cui tale accadimento può realizzarsi. Di più: se si prosegue poco oltre nella lettura, è addirittura esplicito nel negare all'attività scientifica ciò che riconosce all'arte e ad altri modi di operare dell'uomo. Al contrario di quanto avviene in questi ambiti – egli scrive – la "scienza [...] non è affatto un accadere originario della verità, ma è di volta in volta la strutturazione di un ambito veritativo già aperto, e invero una strutturazione attuata attraverso il comprendere e il fondare ciò che, nella sua cerchia, si mostra come possibilmente e necessariamente corretto, esatto" ([2: vol. 5, p. 49 sg. = p. 50] = [6, p. 60]; cfr. [5, p. 46 sg.]). E tuttavia, subito dopo una caratterizzazione così decisamente negativa, torna a farsi avanti la consapevolezza che ci sono aspetti dell'operare scientifico cui tale caratterizzazione non può venire applicata: "Quando e nella misura in cui – aggiunge e conclude Hei-

degger – una scienza va al di là dell'esattezza e perviene a una verità, cioè all'essenziale disvelamento dell'essente in quanto tale, essa è filosofia" ([2: vol. 5, p. 49 sg. = p. 50] = [6, p. 60]; cfr. [5, p. 46 sg.]).

Anche nell'attività scientifica può esservi dunque spazio per l'esercizio del pensiero e quindi, nella visione di Heidegger, per la filosofia. Certo, può suscitare qualche legittima ironia un simile riconoscimento, il quale vede la scienza, nel suo momento più alto, trasformarsi in qualcosa di diverso da sé. Non posso discutere in questa sede il complesso rapporto scienza/filosofia né la questione – ammesso e non concesso che di una vera questione si tratti – se certe drastiche trasformazioni concettuali che possono verificarsi, e si sono di fatto verificate, nell'ambito delle scienze debbano essere etichettate come scientifiche o filosofiche. Tuttavia, quello che qui mi sta a cuore mostrare è che proprio la riflessione su tali radicali mutamenti di impianto categoriale – al centro della meditazione del Reichenbach degli anni '20 ma, come abbiamo visto, percepiti anche da Heidegger – ha condotto l'epistemologia di oggi a una concezione della razionalità scientifica lontana dalla visione che per lo più ne dà Heidegger e che costantemente troviamo in gran parte degli heideggeriani. In altre parole: il fatto che nella scienza, come essa storicamente si sviluppa, siano presenti momenti di pensiero nel senso heideggeriano del termine – momenti, cioè, in cui una scienza o la scienza, sempre heideggerianamente, scopre l'ente come tale e ripensa i suoi propri fondamenti – ha posto con prepotenza la questione se la razionalità scientifica possa ancora essere identificata con una ragione confinata all'applicazione automatica di regole astratte univocamente determinate e formalmente specificabili.

Benché oggi siano in molti a pensare che il contrasto fra scienza rivoluzionaria e scienza normale non sia così netto come Thomas Kuhn lo ha presentato, resta comunque vero che è stata soprattutto l'indagine sulla struttura delle rivoluzioni scientifiche che ha condotto gli epistemologi a ripensare la visione tradizionale della razionalità scientifica. Dalla riflessione sui cambiamenti dei paradigmi (nel senso di matrici disciplinari) che si verificherebbero nelle fasi cosiddette 'rivoluzionarie' è nata una concezione come suol dirsi 'a tessitura aperta' di tale razionalità, una concezione che non la esaurisce più – come fa Heidegger quando la contrappone al pensiero – in procedure di tipo logico e algoritmico e neanche, più in generale, in una razionalità di tipo *criteriale*, e cioè basata sull'uso di concetti ritenuti chiaramente definibili e circoscrivibili nelle loro applicazioni. La razionalità, lungi dall'essere solo conformità a regole più o meno compiutamente formalizzabili, si estrinseca anche attraverso l'attività del giudizio e della deliberazione, ossia attraverso un processo che non è guidato da principi di natura generale e i cui esiti non sono il risultato di un modo di ragionare di tipo esclusivamente 'calcolistico'. Una parte cospicua delle nostre valutazioni e decisioni razionali viene compiuta non mediante la "disputa", ma mediante la discussione critico-razionale la quale dipende dall'applicazione di procedure discorsive peculiari che vanno da quelle studiate da Aristotele quando parla della saggezza al sistematico impiego di metafore ed analogie, dalla denuncia delle contraddizioni performative ai giudizi casistici presenti

in molte parti della giurisprudenza, della medicina clinica e della critica artistica (da quella letteraria a quella musicale e figurativa). Vi è insomma una razionalità che procede con modalità diverse da quelle che Kant attribuiva al giudizio determinante, ma che resta, nondimeno, una razionalità.

Può un simile allargamento del concetto di ragione essere considerato una sorta di ‘avvicinamento’ delle prospettive dell’epistemologia contemporanea a certe istanze dell’impostazione ontologico-ermeneutica di Heidegger? Da un lato certamente sì (v. [9, § 6]), ma dall’altro non bisognerà dimenticare – come ha osservato uno dei più profondi interpreti statunitensi del filosofo tedesco – che il metodo mediante cui, fin da *Essere e tempo*, Heidegger ha mirato alla comprensione dell’essere dell’ente intende porsi come “un’alternativa alla tradizione delle riflessioni critica in quanto [tale metodo] cerca di porre in rilievo e di descrivere la nostra comprensione dell’essere dall’interno di tale comprensione senza tentare di rendere il nostro cogliere le entità teoricamente chiaro” ([1, p. 4]). Laddove invece la chiarezza e l’intersoggettività restano un requisito ideale di primaria importanza anche entro la concezione ‘allargata’ della razionalità che esce dalla riflessione epistemologica odierna.

In ogni caso, di fronte a un concetto di razionalità divenuto così ampio, ‘mobile’ e ‘aperto’, bisognerà quanto meno riconoscere che sembra difficile continuare a contrapporre scienza e filosofia, ragione e pensiero in termini così drastici come quelli prevalentemente utilizzati da Heidegger e ancor più difficile confinare o relegare la scienza al regno del non pensiero. Con buona pace delle formulazioni heideggeriane che vanno in questa direzione (e senza nulla togliere all’importanza di Heidegger nella filosofia del Novecento), pare più opportuno riconoscere che la scienza non è solo ragione calcolante, ma anche, e soprattutto, ragione pensante.

NOTE

* *Lectio magistralis* tenuta a Firenze il 15 Novembre 2008, nella Sala Gonfalone del Consiglio regionale della Toscana, in occasione della consegna del Premio Giulio Preti 2008.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dreyfus, Hubert L., *Being-in-the-World. A Commentary on Heidegger's "Being and Time", Division I*, The MIT Press, Cambridge (Mass.) 1991.
- [2] Heidegger, M., *Gesamtausgabe*, Klostermann, Frankfurt am Main 1975.
- [3] Heidegger, M., *Sein und Zeit*, trad. it. di P. Chiodi, *Essere e tempo* (1970), Longanesi, Milano, VI edizione 1986.
- [4] Heidegger, M., *Kant und das Problem der Metaphysik*, trad. it. di M. E. Reina, *Kant e il problema della metafisica*, Silva, Milano 1962.
- [5] Heidegger, M., *Holzwege*, trad. it. di P. Chiodi, *Sentieri interrotti*, La Nuova Italia, Firenze, 1968, V ristampa anastatica 1990.
- [6] Heidegger, M., *Holzwege*, trad. it. di V. Cicero, *Holzwege. Sentieri erranti nella selva*, Bompiani, Milano 2002.
- [7] Heidegger, M., *Was heisst Denken?*, trad. it. di U. Ugazio e G. Vattimo, in M. Heidegger, *Che cosa significa pensare? * Chi è lo Zarathustra di Nietzsche?*, Sugarco, Milano 1979.
- [8] Heidegger, M., *Brief über den «Humanismus»* (1946), in M. Heidegger, *Wegmarken*, in M. Heidegger, *Gesamtausgabe*, vol. 9; trad. it. di F. Volpi, "Lettera sull'«umanismo»", in M. Heidegger, *Segnavia*, Adelphi, Milano 1987 .
- [9] Parrini, P., "Hermeneutics and Epistemology: A Second Appraisal. Heidegger, Kant and Truth" (relazione in corso di pubblicazione nei Proceedings of the 8th Meeting of Pittsburgh-Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science: *Interpretation*, Pittsburgh, University of Pittsburgh, The Cathedral of Learning, 3-4 ottobre 2008).
- [10] Reichenbach, H., "Der gegenwärtige Stand der Relativitätsdiskussion" (*Logos*, X 1922, pp. 316-378), ora in H. Reichenbach, *Gesammelte Werke*, Band 3: *Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1979, pp. 342-404.
- [11] Vattimo G., *Introduzione a Heidegger*, Laterza, Roma-Bari 1971.

The background features a complex, abstract design of thin, light blue lines that form a dense, circular pattern resembling a stylized sunburst or a network of connections. Several larger, semi-transparent grey circles are scattered throughout the design, some overlapping the line patterns. The overall aesthetic is clean and modern, with a focus on geometric and organic forms.

PROVE D'ORCHESTRA

*Competenze, azioni, risorse
per la ricerca e l'innovazione
nell'insegnamento della matematica
e delle scienze*

Convegno
San Giovanni Valdarno, 7 novembre 2008

INTRODUZIONE

GIGLIOLA PAOLETTI SBORDONI

Progetto regionale di educazione scientifica e Comitato scientifico di Pianeta Galileo

È possibile, per un insegnante, *mettersi alla prova*, simulando di fronte a una “classe” di colleghi le proprie modalità didattiche, in modo da suscitare le loro concrete e dirette reazioni ed un effettivo confronto?

È possibile per un dirigente scolastico o per un amministratore locale *mettersi alla prova*, parlare a colleghi suscitando un effettivo confronto su come si è riusciti a promuovere, e sostenere nel tempo, interventi per l’innovazione e la sperimentazione didattica delle proprie scuole, o delle scuole di un territorio, attraverso la pratica della progettazione integrata delle risorse?

Da queste idee siamo partiti per organizzare il convegno *Prove d’orchestra*, che Pianeta Galileo 2008 ha dedicato alla riflessione sulla qualità dell’insegnamento matematico e scientifico nelle scuole toscane. Il convegno è stato realizzato con la collaborazione dell’Assessorato Regionale all’Istruzione, l’Ufficio Scolastico Regionale, la Provincia di Arezzo e il Comune di Scandicci.

Volevamo costruire una situazione in cui insegnanti-attori-protagonisti *mettessero in scena una prova di didattica* – scelta fra quelle già sperimentate con gli alunni – creando nei gruppi di lavoro le condizioni di un effettivo ed efficace dialogo su esperienze di qualità compiute in Toscana.

A questa modalità organizzativa volevamo alludere con il titolo “*Prove d’orchestra*”, pensando alla necessità che nelle scuole, fra insegnanti di aree disciplinari affini si crei e si sviluppi la consuetudine a interagire e a confrontarsi, dando vita a veri e propri “dipartimenti di ricerca” o “laboratori dei saperi scientifici”, su cui già il convegno organizzato da Pianeta Galileo a Livorno nel 2007 aveva riflettuto.

E l’*orchestrazione* abbiamo voluto ... *provarla* subito, durante il convegno, in uno specifico gruppo di lavoro – anche con chi, fuori dalla scuola o nel dirigerla, ha il compito di promuovere e sostenere queste strutture.

Il confronto in tal caso doveva essere organizzato acquisendo la disponibilità a “mettersi in scena” da parte di dirigenti scolastici, o amministratori di Enti Locali che avevano concretamente sperimentato la possibilità di *fare rete* attraverso una progettazione integrata delle risorse.

Ci abbiamo provato e l’esperimento può dirsi riuscito.

Gli *insegnanti-attori* da “scrivere” sono stati individuati fra coloro – dalla scuola dell’infanzia alla scuola secondaria superiore – la cui esperienza di insegnamento era stata precedentemente validata in termini di innovazione didattica dal Comitato

Scientifico del Progetto Regionale di Educazione Scientifica e inserita nella banca dati regionale (www.progettotrio.it – area open).

Acquisita la loro disponibilità a mettersi in gioco, ad ognuno è stato chiesto di far precedere la *messa in scena* da una breve introduzione sui presupposti metodologici, curriculari, organizzativi della propria esperienza, sugli esiti di apprendimento richiesti (competenze) per gli alunni, nonché sui punti di forza e /o di debolezza incontrati; ed è stato chiesto anche di scegliere un segmento della propria attività didattica per farne una “simulazione” nel gruppo di lavoro con i colleghi.

Così siamo *andati in scena* in otto workshop (W1-W8):

W1 - scuola dell'infanzia,

W2 - scienze nella scuola primaria,

W3 - matematica nella scuola primaria,

W4 - scienze nella scuola media,

W5 - matematica nella scuola media,

W6 - scienze nella scuola superiore,

W7 - matematica nella scuola superiore;

W8 - matematica e filosofia nella scuola superiore.

In ciascun gruppo un *coordinatore* ha guidato la discussione che è seguita alla simulazione: domande, dubbi, pareri, chiarimenti.

Ne sono emersi problemi e proposte operative sul tema oggetto del convegno: “come realizzare l'innovazione dell'insegnamento scientifico e matematico nei diversi ordini di scuola”.

I contributi degli insegnanti-attori e dei coordinatori degli otto workshop sono qui di seguito riportati in forma sintetica.

Della *progettazione integrata* a livello di territorio, a supporto dell'innovazione curricolare nelle scuole, o delle strutture di ricerca /sperimentazione in vario modo costruite nelle scuole o in reti di scuole, si è occupato il workshop 9, cui hanno partecipato dirigenti scolastici, responsabili e tecnici dell'amministrazione della pubblica istruzione, amministratori locali, tecnici dei servizi istruzione della Regione e degli Enti Locali toscani .

Nel workshop 9 si è trattato di mettere a fuoco in particolare, partendo da alcune concrete realizzazioni, le possibilità di attuazione degli artt. 6 e 7 del Regolamento istitutivo delle Autonomie Scolastiche (laddove si parla appunto della costituzione dei dipartimenti di ricerca-sviluppo per la didattica) e la *Progettazione Integrata per la qualità dell'istruzione* prevista dal Piano di Indirizzo della Regione Toscana 2006-2010, nonché dall'accordo a questo scopo sottoscritto fra la Regione e le Amministrazioni Locali della Toscana .

Anche gli interventi messi in scena in questo gruppo, come pure la sintesi dei lavori ad opera del coordinatore sono di seguito riportati.

WORKSHOP 1-8

Ricerca-innovazione-sperimentazione curricolare a livello di classe in esperienze di educazione scientifica, dalla scuola dell'infanzia alla scuola secondaria superiore

W1 SCUOLA INFANZIA	Esperienza: Scuola Infanzia "Turri" - Scandicci (Firenze) Relatore: Simona Barbetti / Daniela Sgobino Coordinatore: Paola Conti (Siena)
W2 PRIMARIA (scienze)	Esperienza: Scuola "Giusti" 3° Circolo di Lucca Relatore: Alfreda Nevicati Coordinatore: Paola Falsini, Com. Scient. Progetto di educazione scientifica Regione Toscana
W3 PRIMARIA (matematica)	Esperienza: Circolo Didattico Quarrata (Pistoia) Relatore: Franca Pretelli Coordinatore: Umberto Cattabrigini, Com. Scient. Progetto di educazione scientifica Regione Toscana
W4 SECONDARIA I grado (scienze)	Esperienza: Scuola Primaria "Paradiso" - Marina di Carrara (Massa Carrara) Relatore: Rossella Bregazzi Coordinatore: Leonardo Barsantini, CIDI (Firenze)
W5 SECONDARIA I grado (matematica)	Esperienza: I. C. "Gamerra" (Pisa) Relatore: Lucia Stelli Coordinatore: Brunetto Piochi, Università di Firenze
W6 SECONDARIA II grado (scienze)	Esperienza: Liceo "Enriques" Livorno Relatore: Tania Pascucci Coordinatore: Eleonora Aquilini, Com. Scient. Progetto di educazione scientifica Regione Toscana
W7 SECONDARIA II grado (matematica)	Esperienza: "Vasari" - Figline Valdarno (Firenze) Relatore Ivan Casaglia Coordinatore: Alberto Peruzzi, Com. scient. Pianeta Galileo
W8 SECONDARIA II grado (filosofia)	Esperienza: Liceo "Gobetti" - Bagno a Ripoli (Firenze) Relatori: Marco Salucci e Attilio Ferrini Coordinatore: Carlo Bernardini, Com. scient. Pianeta Galileo

WORKSHOP 9

L'autonomia di ricerca-sperimentazione nelle scuole/reti di scuole e la progettazione integrata a livello di territorio

Il Laboratorio per la ricerca del curricolo nel Circolo Didattico di Vinci

Roberta Beneforti, dirigente C. D. di Vinci

Le Reti e il curricolo. Alcune esperienze fiorentine

Stefano Dogliani, dirigente Scuola Città Pestalozzi

La progettazione integrata nella Provincia di Pisa

Rosa dello Sbarba, Assessore P. I. Provincia di Pisa

Il PIA della Zona Quarrata-Agliana

Paolo Magnanensi, Sindaco del Comune di Agliana

Coordinatore : Emanuela Caroti, Assessore Istruzione e Cultura della Provincia di Arezzo

WORKSHOP 1
Scuola dell'Infanzia

UN'ESPERIENZA DI EDUCAZIONE SCIENTIFICA

SIMONA BARBETTI

DANIELA SGOBINO

Scuola dell'infanzia Turri, Comune di Scandicci

1. Introduzione

Come “fare scienza” con i bambini della scuola dell’infanzia? I criteri per la realizzazione di attività di tipo scientifico presso la scuola Turri traggono origine da una consolidata formazione del personale, iniziata nel 1981, ma continuamente rivista e contestualizzata. Il principio ispiratore, ancor oggi valido, è prestare attenzione ai bambini e alle loro conoscenze acquisite: stimolare la loro curiosità come *molla* del sapere alla scoperta d’intuizioni scientifiche già presenti nei bambini e non utilizzate, dare spazio alle loro parole che diventano confronto d’idee e accettazione di diversi punti di vista, problematizzare fatti e situazioni, invitando a una ricerca individuale o collettiva di soluzioni creative dei problemi. La scommessa, a nostro parere vincente, è stata quella di condividere con le colleghe di nuovissima generazione queste idee, per analizzarne ogni aspetto e concordarne modalità d’applicazione, verifiche e aggiustamenti.

L’atteggiamento dell’educatore verso le domande poste dai bambini si rivela un elemento determinante nella conduzione dell’esperienza. È, infatti, frequente negli insegnanti l’impulso a “spiegare”, cioè a fornire proposizioni che rispondano alle domande dei bambini – proposizioni che però si riferiscono alla cultura e alla specifica preparazione degli insegnanti, mentre prescindono dalla capacità di comprensione del bambino e riflettono una logica propria degli adulti. L’atteggiamento dell’insegnante che intenda agevolare la capacità di ragionamento dei bambini, è invece quello di “regista”, cioè della persona che interagisce nella situazione, partecipa attivamente alle relazioni ma

- evita spiegazioni che potrebbero bloccare la curiosità dei bambini;
- è attenta a catturare l’attenzione predisponendo materiali e ambienti stimolanti;
- promuove la discussione fra i bambini;
- incoraggia a costruire rappresentazioni mentali;
- aiuta a eliminare le ridondanze;

- valorizza la molteplicità degli interventi.

È questo l'atteggiamento più efficace e lo si può riassumere in uno slogan: *Meno maestra e più bambino*.

2. Scientificità come educazione alla razionalità

L'introduzione al progetto già suggerisce la necessità di ampliare il significato di "educazione scientifica". La tipologia delle attività proposte ne è ulteriore conferma. Occorre ampliare il significato dell'espressione fino all'accezione di "educazione alla razionalità", con una reale attenzione ai processi d'apprendimento.

Le varie esperienze sorprendono e interessano i bambini perché consuete ma mai vissute con consapevolezza: offrono la possibilità di sviluppare le proprie capacità cognitive attraverso l'acquisizione di concetti ai quali legare la propria esperienza quotidiana.

Questo tipo d'attività scientifica niente toglie all'osservazione dell'ambiente circostante, alle classificazioni e alle varie attività che ne scaturiscono, ma vuole compiere un passo in avanti, vuole cioè arrivare a dotare i bambini di strumenti per *capire* il mondo che li circonda, attraverso domande e soprattutto tentativi di trovare in modo creativo una risposta ragionevole, procedendo per prove ed errori.

All'interno delle attività si ritrovano anche altri ambiti esperienziali, in modo da agevolare lo sviluppo armonico di tutte le potenzialità dei bambini: si propongono giochi sulla percezione dello spazio e attività di coordinazione motoria (con la manipolazione di materiali vari), per sviluppare l'espressività mimica ma anche grafico-pittorica (con la realizzazione di elaborati). Le attività proposte stimolano l'acquisizione di termini nuovi ma anche l'uso del linguaggio finalizzato alla socializzazione e alla trasmissione di idee, pareri e conoscenze. Le abilità di tipo pre-matematico si sviluppano attraverso le misurazioni, i confronti di quantità, di peso, la ricerca di codici per la registrazione di dati ecc.

L'aspetto socializzante permea ogni iniziativa ed emerge nel raccontare, nel cimentarsi in previsioni, nel confrontare pareri e opinioni diverse dalle proprie, nell'aiutarsi vicendevolmente a utilizzare materiali e tecniche espressive, e nello stare semplicemente ma allegramente vicini, aspettando il turno per intervenire o per lavorare.

3. Gli intergruppi

La nostra scuola è composta da quattro sezioni. Due gruppi sono formati da bambini di quattro/ cinque anni, uno da bambini di tre e uno da bambini di due anni.

Cerchiamo di organizzare un'attività d'intersezione o, come la chiamiamo noi, *d'intergruppo*, per offrire situazioni di relazione giocosa diverse dalle dinamiche della sezione, per permettere a tutti i bambini di incontrare compagni d'età diverse, in situazioni stimolanti ed emotivamente coinvolgenti grazie alle quali imparare cose nuove. D'altra parte i bambini più piccoli hanno spesso meno inibizioni dei più grandicelli e offrono soluzioni a volte estremamente pertinenti.

Programmiamo l'inizio dell'attività d'intergruppo, una volta la settimana, dalle ore

10 alle 11,30, a partire dal mese di gennaio, proprio per consentire un miglior ambientamento dei bambini nuovi, e soprattutto di quelli più piccoli. I gruppi si compongono di 12/14 bambini dai due ai sei anni.

Il primo periodo richiede in alcuni casi maggiori attenzioni e qualche coccola in più soprattutto per i 'duenni'; ma appena è trascorso un po' di tempo, notiamo come una grande ricchezza di relazioni si vada manifestando fra i bambini più grandi, che fanno a gara a chi si prende cura degli altri, e i più piccoli che si affidano alle manine dei grandicelli per spostarsi o per sedersi ad ascoltare, o addirittura per ricevere consigli e aiuto nella realizzazione degli elaborati.

Questa disponibilità al dialogo è verificabile anche in altri momenti della giornata, nelle *routines*, durante l'attività o il gioco, fra bambini dei vari gruppi e permette la costruzione di relazioni simmetriche e asimmetriche tali da arricchire notevolmente le competenze socio-linguistiche.

Un altro aspetto, non meno importante, che motiva la scelta dell'attività d'intergruppo, riguarda la continuità orizzontale in quella delicata fase in cui un bambino, concluso l'anno scolastico, si trova a essere inserito in un gruppo diverso dal suo.

L'attività degli intergruppi, infatti, oltre a permettere la conoscenza e l'affiatamento fra bambini di diversa sezione, consente anche la conoscenza di tutti gli adulti educatori presenti nella scuola e ai quali i bambini stessi si rapportano in modo del tutto spontaneo, nelle più varie situazioni di necessità, tanto da poter dire che ogni bambino "è anche un po' delle altre maestre".

Questa maggiore disponibilità dei bambini ad affidarsi alle diverse insegnanti agevola in maniera sensibile l'ambientamento nelle sezioni del nuovo anno.

4. Gli esiti dell'apprendimento

Gli obiettivi di questo progetto di educazione scientifica, proprio perché tesi a stimolare processi di apprendimento e di sviluppo, non sono immediatamente verificabili, soprattutto con i bambini molto piccoli. Non si tratta, infatti, di stimolare la manualità o la competenza linguistica in senso stretto, bensì modalità di pensiero e ragionamento, la curiosità di osservare, la capacità di intuire, il desiderio di porre domande, di azzardare risposte, di individuare strategie per raggiungere alcuni obiettivi. I risultati di questo lavoro si vedranno a distanza di tempo, e soltanto se si continuerà a sollecitare tali capacità e competenze, che potranno manifestarsi anche in situazioni, contesti ed occasioni diverse.

La presenza di bambini di varie età, dai due anni fino ai sei, impone una grande attenzione alla progressione 'tassonomica', per consentire a tutti i bambini di partecipare pienamente alle esperienze in un percorso che va dalla percezione sensoriale all'astrazione.

Alla fine dell'anno, dopo il lavoro svolto nell'ambito del progetto, si notano atteggiamenti di tipo induttivo che i bambini applicano in molti altri contesti per risolvere i problemi: durante le attività didattiche o di *routine* o più semplicemente nel normale

svolgere della vita scolastica e familiare. I bambini cambiano, cioè, il loro modo di affrontare un problema o una qualsiasi situazione non conosciuta, consultandosi fra loro, proponendo ipotesi “per vedere come va a finire”, si auto-correggono e collaborano per escogitare nuove soluzioni. Nasce una nuova attenzione al “parere” dell’altro, una disposizione al dialogo che permette la modifica delle proprie convinzioni e conoscenze, alla presenza di ipotesi più ragionevoli.

Al termine dell’esperienza si nota un’aumentata capacità d’osservazione dei fenomeni naturali che sono oramai riconosciuti e descritti in tanti momenti e contesti diversi: ad esempio l’arcobaleno prodotto dal riflesso della luce solare sulla brocca di vetro posta sulla tavola apparecchiata oppure l’aria che solleva un foulard mentre i bambini giocano in salone...

Il linguaggio si arricchisce di nuovi termini che i bambini usano correttamente per definire gli oggetti e i fatti osservati; anche in famiglia i genitori notano un’incredibile attenzione a cose mai osservate prima e al padre che dice alla bimba di tre anni “il sole sta per andare a nanna” la piccola risponde “macchè, va dai bambini alle Hawaii!”.

Spesso i bambini chiedono ai genitori di riprovare in famiglia l’esperienza realizzata a scuola; si moltiplicano così le occasioni per osservare il cielo, fotografare, dipingere sole e stelle e costruire aquiloni.

Punti di forza e punti critici. L’analisi del progetto GUARDIAMO IL CIELO ci consente di fare un bilancio che pare positivo per vari motivi, ma che ha mostrato anche aspetti negativi o quantomeno da rivedere.

Per quanto riguarda i bambini:

1. Punti di forza

- i) maggiore capacità relazionale con adulti e tra bambini;
- ii) curiosità nell’approccio alle attività;
- iii) spontaneità nel proporsi durante le conversazioni;
- iv) desiderio di tentare soluzioni e ipotesi;
- v) capacità di ascoltare gli altri e di accettare pareri diversi;
- vi) soddisfazione nel produrre elaborati da “regalare” ai genitori;
- vii) migliore conoscenza di tutte le persone della scuola;
- viii) maggiore conoscenza degli ambienti della scuola;
- ix) diversa richiesta d’interazione con i genitori.

2. Punti di criticità

- i) difficoltà iniziale a sostenere i più piccoli, nell’allontanamento dalla figura di riferimento;
- ii) predisposizione accurata dell’ambiente prima delle attività per non creare tempi morti che disorientano e infastidiscono i bambini;

- iii) preparazione di materiale diverso per età, per la rielaborazione grafico-pittorica o d'altro genere, dell'esperienza;
- iv) il racconto di ciò che si è appena fatto, nel grande cerchio del salone, si rivela dispersivo e confusionario; la scelta di far raccontare all'insegnante l'esperienza mentre i bambini mostrano ai compagni gli elaborati e gli strumenti utilizzati, risulta migliore.

Per quanto riguarda le insegnanti:

3. Punti di forza

- i) relazione con tutti i bambini della scuola;
- ii) collaborazione con due persone eccezionali in qualità di esperte come Lara Albanese (Osservatorio astrofisico di Arcetri) e Daniela Becherini quale rappresentante, assieme a Lara, dell'associazione Google;
- iii) elaborazione del progetto e sua realizzazione attraverso continue discussioni, riflessioni, mediazioni fra proposte per la condivisione del metodo, delle finalità educative, e per l'individuazione dei campi d'intervento;
- iv) partecipazione alla ricerca di materiali, foto, costruzione comune di strumenti anche artigianali adatti allo scopo; sinergia nell'operare, attraverso suggerimenti e aiuto concreto;
- v) collaborazione con tutti i genitori della scuola nella scoperta dei fenomeni attraverso l'osservazione a casa e nell'organizzazione e realizzazione della festa della primavera, dal titolo "Col naso all'insù";
- vi) l'attenzione a fare dei bambini i veri protagonisti, senza essere invadenti nel proporsi ma al contrario lasciandoli parlare e fare.

4. Punti di criticità

- i) organizzazione del materiale per l'attività in momenti diversi, per non ritardare come a volte è successo, l'ingresso o l'uscita dalle attività stesse.
- ii) le attrezzature non idonee, per reperire materiali e immagini utili allo svolgimento delle attività, come ad es. il pc poco affidabile, la mancanza di dischetti o supporti per le immagini, la carenza di materiale vario per la costruzione di elaborati.
- iii) la difficoltà nel reperire il tempo per sbobinare tutte le conversazioni svolte durante gli intergruppi, in modo da poterci ragionare su e analizzare le reazioni dei bambini, i loro ragionamenti, gli aspetti sui quali pongono la loro attenzione ecc.
- iv) il notevole dispendio d'energie e di lavoro per riuscire a coordinare obiettivi, finalità, attività,perimento di materiali e quant'altro servisse allo scopo.

- v) La necessità di affrontare un argomento così complesso prima a livello adulto, magari proponendo un corso di formazione specifico, per approfondire i temi e approntare in seguito le iniziative.

Per quanto riguarda le famiglie:

5. Punti di forza

- i) notevole coinvolgimento dei genitori in tutte le fasi del progetto e, in primo luogo, attraverso le “letterine” che li rendono partecipi della scoperta dei figli sul sole, le stelle, l’arcobaleno, il tramonto, l’aria e il cielo;
- ii) grande soddisfazione nello scoprire com’è facile parlare di questi fenomeni ai bambini e di quanto apprendano, in una relazione interessante e impegnativa per tutti; si manifesta una maggiore attenzione dei genitori verso la curiosità dei propri figli, vista come occasione di reale conoscenza;
- iii) grande interesse a saperne di più, soprattutto nelle riunioni periodiche di sezione;
- iv) partecipazione a un laboratorio per la costruzione della mongolfiera che sarà lanciata durante la festa conclusiva;
- v) collaborazione attiva nella costruzione di un percorso in cui grandi e piccoli insieme compiono esperienze sul cielo, giocando e scoprendo cose nuove;
- vi) partecipazione all’incontro con “l’esperta”, Lara Albanese, su *come fare scienza* con i bambini – con indicazione di occasioni, nella vita quotidiana, utili per fare esperimenti “casalinghi”;
- vii) entusiasmo dei genitori durante la visita all’Osservatorio astrofisico di Arcetri, per osservare una eclisse di luna e condividere con i figli esperienze interessanti e gratificanti dal punto di vista affettivo.

6) Punti di criticità

- i) impossibilità di ripetere l’esperienza nel caso d’assenza del figlio, per cui i bambini stessi si informano se è lunedì (il giorno degli intergruppi) per non assentarsi.
- ii) necessità di disporre di una bibliografia che aiuti a orientarsi sui temi specifici del percorso didattico.

5. Arcobaleno e costellazioni

Daremo ora alcune sintetiche informazioni sui due cicli del progetto GUARDIAMO IL CIELO, realizzato nell’anno scolastico 2006-2007 presso la Scuola dell’infanzia Turri: il primo ciclo relativo a un laboratorio su *L’arcobaleno*, il secondo ciclo relativo a un laboratorio su *Le costellazioni*.

L’arcobaleno. La sezione, in penombra, e il giardino sono i luoghi in cui si svolgono le attività di questo laboratorio. I bambini si accomodano sulle panche disposti in

cerchio e l'insegnante annuncia loro un gioco nuovo. Su tavoli vicini ha disposto tre ciotole di vetro trasparente piene di acqua, una torcia e uno specchietto di cm 15x15; l'insegnante suddivide i bambini in piccoli gruppi cercando di affiancare ai grandi i piccoli. Chiede a un bambino grande di immergere lo specchio nell'acqua, inclinandolo e muovendolo mentre altri bambini a turno lo illuminano con la torcia. I bambini con grande sorpresa cominciano a veder ovunque la luce riflessa (sul tavolo, sul soffitto, sulle tende, sui vestiti...), sono colpiti dai colori dell'arcobaleno; l'insegnante lascia che si divertano finché il gioco non si esaurisce. Passa poi alla seconda proposta: prende tre cristalli sfaccettati ed invita i bambini ad illuminarli sorreggendoli a turno; i bambini si accorgono che anche così riescono a vedere i colori dell'arcobaleno (*"Fa l'arcobaleno anche questo!"*) e alla domanda dell'insegnante su come sia possibile rispondono che è la luce a farlo venire. A questo punto l'insegnante chiede loro se abbiano già visto l'arcobaleno e i bambini raccontano le loro esperienze legate al mare, alla pioggia e al sole; l'insegnante li interroga su come sia stato possibile vederlo in sezione e ragionandoci un po' i bambini associano al fenomeno la presenza della luce (la torcia) e dell'acqua (in cielo ci sono le nuvole). Spesso la pioggia è legata a "Tonino" un personaggio fantastico che si butta giù dal cielo e bussa con acqua e tuoni.

L'insegnante mostra loro tre foto in successione: una con un arcobaleno al di sopra di un paesaggio, con montagne sovrastanti e un cielo uniforme coperto da nuvole grigie (i bambini le confondono talvolta per ghiaccio o neve), una particolarmente d'effetto in mezzo a un temporale, e l'altra con l'arcobaleno in mezzo a una serie di cascate inequivocabilmente distanti dal cielo. Ragionando sugli elementi che compaiono nelle tre foto i bambini arrivano per generalizzazione alla stessa conclusione: occorrono acqua e luce per determinarlo.

Infine l'insegnante distribuisce ai bambini un cartoncino bianco formato A4 con una cornice colorata (e un gancino appendi-quadretti adesivo) su cui i bambini dovranno disegnare a piacere un arcobaleno utilizzando gli acquarelli.

Se la giornata di sole e i tempi lo consentono l'insegnante porta fuori i bambini con degli spruzzini per riuscire a vedere l'arcobaleno nell'acqua nebulizzata. Si tratta di un esperimento che difficilmente riesce ai bambini, che comunque portano a casa il loro quadretto e una lettera con la spiegazione delle esperienze proposte all'interno del laboratorio.

Obiettivi specifici del laboratorio: verificare le conoscenze tacite, approfondire il rapporto sole/acqua, utilizzare vocaboli corretti, padroneggiare strumenti quale torcia, specchio, prisma, ciotola e acquarelli, confrontare conoscenze e pareri, confrontare esperienze e generalizzarne i risultati, favorire la continuità educativa attraverso la promozione della socializzazione fra i bambini e con l'insegnante.

Aspetti positivi dell'esperienza, rilevati dall'insegnante: la possibilità di lavorare in piccolo gruppo, il forte interesse di grandi e piccini, la conoscenza del fenomeno dimostrata da diversi bambini, l'aiuto reciproco dei grandi verso i più piccoli, l'avvio dell'esperienza dall'attività di sperimentazione per passare poi alle immagini e all'ela-

borazione, i tempi abbastanza contenuti. Aspetti problematici dell'esperienza, rilevati dall'insegnante: impossibilità di fare una buona penombra, difficoltà di organizzazione e gestione della ricchezza di materiali necessari alla proposta delle diverse esperienze da concentrare in un unico laboratorio, il fatto che i bambini grandi tendono a prendere il sopravvento sui piccoli nella conversazione.

Le costellazioni. La sezione è il luogo in cui si svolgono le attività di questo laboratorio. I bambini si accomodano su sedie rivolte verso la parete su cui l'insegnante con la lavagna luminosa proietta immagini di costellazioni. Ricordano le esperienze precedenti e ciò facilita l'introduzione del discorso su come gli antichi abbiano immaginato gruppi di stelle unite con linee immaginarie a formare contorni particolari e abbiano loro assegnato dei significati. Per aiutare i bambini nella comprensione, l'insegnante fa l'esempio del gioco delle nuvole, nelle quali spesso ci piace ricercare delle forme (non è da dare per scontato che tutti lo conoscano).

Si pongono immagini delle costellazioni Cassiopea, Orsa Maggiore e Orsa Minore sulla lavagna luminosa, si fanno osservare ai bambini e si mette un lucido trasparente su ognuna di esse, si chiama un bambino – un 'cinquenne' solitamente - a fare proprio come gli antichi: segnare con un cerchietto le stelle più grandi e tracciare con un pennarello le linee che le congiungono; si confrontano i tracciati con le mappe delle costellazioni e i bambini con grande sorpresa si accorgono che hanno lo stesso disegno.

L'insegnante racconta che ci sono moltissime costellazioni – 88 per l'esattezza - ma che non si possono vedere tutte nello stesso momento, a parte quelle che i bambini hanno disegnato anche se in posizioni diverse poiché il cielo "ruota". L'insegnante propone tre tipologie di attività differenziate in base all'età dei bambini e alle loro competenze:

1. riprodurre su una tavoletta con chiodini gialli di dimensioni grandi/piccoli la posizione delle stelle secondo gli schemi tracciati sui lucidi;
2. ripetere l'attività di cui sopra ma incollando stelline argentate su un cartoncino di colore blu;
3. inventare una costellazione unendo i puntini-stella disegnati su un cartoncino.

I bambini chiedono di poter fare tutti le stesse attività dimostrando grande concentrazione; così come nel gioco delle nuvole, molti di loro hanno difficoltà a individuare le forme; sono emerse difficoltà anche nell'immaginarne una per la loro costellazione. L'insegnante, durante le attività, racconta le storie dei miti di Cassiopea e delle Orse, che i bambini seguono generalmente con grande attenzione. Emergono continuamente riferimenti ai temi trattati negli altri laboratori: l'aria, le ombre, l'arcobaleno. I bambini portano a casa i loro prodotti e una lettera con la spiegazione delle esperienze proposte all'interno del laboratorio.

Obiettivi specifici: individuare all'interno di un gruppo di stelle quelle di maggiori dimensioni per ripercorrere i processi dell'individuazione delle costellazioni, suscitare

l'interesse dei bambini per l'osservazione del cielo e verso storie mitologiche, stimolare l'immaginazione, comprendere che le costellazioni nascono dalla nostra immaginazione ai fini dell'orientamento, favorire la continuità educativa attraverso la promozione della socializzazione fra i bambini e con l'insegnante.

WORKSHOP 1 – SINTESI DEI LAVORI

PAOLA CONTI

Istituto comprensivo "Folgore da San Gimignano" di San Gimignano

La presentazione dei due percorsi didattici da parte delle insegnanti della Scuola dell'Infanzia Turri di Scandicci ha suscitato un ampio confronto tra le docenti iscritte al gruppo.

Ciò che è andato emergendo con forza è la specificità della Scuola dell'Infanzia in relazione a fattori organizzativi, didattici e pedagogici.

Fattori organizzativi. La Scuola dell'Infanzia dove sono state realizzate le esperienze presentate è gestita dall'Amministrazione Comunale di Scandicci. Questo determina una serie di condizioni difficilmente riproducibili nelle realtà delle scuole dell'infanzia statali (orari di servizio delle insegnanti, numero di bambini per sezione, presenza di gruppi di bambini di due anni, alternanza con le educatrici del nido, disponibilità di materiali e strumentazioni adeguate...). Il confronto tra realtà molto vicine (geograficamente parlando), ma profondamente distanti/differenti dal punto di vista organizzativo ha evidenziato la grande ricchezza di esperienze di questo segmento educativo, ma, al contempo, l'altrettanto grande frammentazione del segmento formativo che si occupa dell'infanzia. La gestione da parte di diversi enti e istituzioni ha creato una situazione nella quale risulta difficile il confronto e la trasferibilità anche di quelle esperienze che vengono ritenute particolarmente significative.

Fattori pedagogici. Dal momento in cui iniziano a muoversi, i bambini sono assillati dal comando: "Non toccare!". Loro, naturalmente, cercano di eludere il divieto e adoperano le mani per esplorare. Perché i bambini (tutti i bambini) sono "progettati" per conoscere attraverso i recettori sensoriali, che rappresentano i canali attraverso cui entrano in contatto con l'ambiente. Ma, mentre alcuni tipi di conoscenza sono presenti fin dall'inizio, altri emergono solo gradualmente e altri ancora hanno bisogno di essere apprese dagli adulti: «Lo sviluppo cognitivo può essere spiegato in termini di progressivo aumento di contesti di cui il bambino fa esperienza e che formano la base per la rappresentazione della conoscenza, per gli schemi relativi alle proprietà degli oggetti e degli eventi che gli sono noti» (Rogoff, 1990). Attraverso questo processo, quello che sperimentiamo interagisce con quello che sappiamo già del mondo, producendo nuova conoscenza. Così i bambini accedono a nuove conoscenze, strutturano strategie, ampliano il loro sguardo sul mondo. Si tratta di un processo evolutivo lungo e complesso,

che gli psicologi che si occupano delle neuroscienze cercano di indagare e comprendere. I bambini, anche molto piccoli, sono in possesso di grandi potenzialità. Proprio per questo, l'intervento della scuola deve essere altamente qualificato per non ostacolarne il pieno sviluppo e per interpretare al meglio i bisogni e le esigenze cognitive di ciascuno.

Fattori didattici. Quando i bambini si avvicinano per la prima volta a un fenomeno nuovo, le percezioni sensoriali rappresentano il principale accesso alla sua comprensione: in questo momento i dati sono tutto ciò che conta. Solo in seguito i bambini sfruttano l'informazione che hanno già immagazzinato nelle loro rappresentazioni interne e un ruolo importante è svolto dal linguaggio che, mai come in questo caso, contribuisce ad organizzare il mondo. In principio era l'esperienza, potremmo dire: un'esperienza quanto più possibile diretta e vissuta. Perché, come ci insegnano i grandi psicologi del novecento (da Piaget in poi), i bambini di questa età imparano solo facendo (pensiero operatorio). L'attività concreta deve essere interpretata, però, come contesto in cui l'azione stimola il pensiero, come strumento per la riflessione, come terreno di esercizio per porsi problemi e cercare soluzioni: «In tutte le scuole si fanno esperienze. Non basta insistere sulla necessità dell'esperienza, e neppure sull'attività nell'esperienza. Tutto dipende dalla qualità dell'esperienza che si ha. Ne consegue che il problema centrale di un'educazione basata sull'esperienza è quello di scegliere il tipo di esperienze presenti che vivranno fecondamente e creativamente nelle esperienze che seguiranno» (Dewey, 1967). Dalla discussione nel gruppo è emerso che il lavoro delle insegnanti consiste proprio nel creare ambienti che sostengano l'apprendimento, nello scegliere contenuti concettualmente dominabili in relazione alla fascia di età cui si rivolgono, nell'approntare e proporre strumenti (anche questi sia di tipo operativo, sia concettuale) che stimolino nei bambini quella riflessività che rappresenta la condizione per passare dal fare al saper fare, da una generica attività ad un'attività intelligente.

Le insegnanti presenti hanno inoltre individuato nella continuità verticale uno degli snodi più significativi, ma anche più complessi che devono essere affrontati. Tutte concordano, infatti, sulla necessità di una prosecuzione dell'attività programmata e realizzata nella scuola dell'infanzia, sia in termini di approccio metodologico (richiamo all'esperienza concreta, riflessione, socializzazione ...), sia per ciò che riguarda la scelta dei contenuti. Molte delle presenti lavorano in istituti comprensivi, ma il tentativo di creare percorsi curricolari verticali nell'ambito dell'educazione alle scienze non è così facile da realizzare. Eppure rappresenta l'unico modo perché le esperienze realizzate dai bambini risultino veramente formative e significative per gli apprendimenti successivi. Inoltre, la partecipazione a dipartimenti disciplinari, all'interno dei quali discutere dei percorsi, delle verifiche, degli approcci, delle esperienze, potrebbe rappresentare un'occasione anche per una maggiore conoscenza dei bambini e dei gruppi, che faciliterebbe la formazione delle future classi e la gestione delle difficoltà individuali o nelle dinamiche relazionali.

WORKSHOP 2

*Scuola Primaria (scienze)***L'INSEGNAMENTO DELLE SCIENZE NELLA SCUOLA PRIMARIA**

ALFREDA NEVICATI

*Scuola "G. Giusti", III Circolo, Lucca***1. Introduzione**

Cosa insegnare? E soprattutto: come? Sono due quesiti fondamentali per ripensare il proprio modo di fare scuola e promuovere così un cambiamento efficace nella didattica delle scienze – un cambiamento più che mai necessario per rispondere alle esigenze e agli interessi dei nostri alunni e non solo di quelli in difficoltà.

Intendo riferirmi a un insegnamento non libresco, trasmissivo, nozionistico, mnemonico; a una scelta di obiettivi semplici, adeguati, significativi, non banali; a metodologie e modalità relazionali innovative. Si costruisce un curriculum laddove si realizzano apprendimenti significativi, quindi competenze durature, e si promuove un obiettivo fondamentale della scuola democratica: quello di dare strumenti di cittadinanza a tutti. Nel curriculum verticale si sviluppano progressivamente i nuclei disciplinari fondanti che tengono conto delle caratteristiche di varietà e complessità di oggetti e fenomeni all'interno di due grandi tematiche: quelle di tipo chimico-fisico e quelle biologiche.

2. Alla scoperta del prato

Per l'area biologica si utilizza l'ambiente inteso come "aula didattica decentrata". L'albero, l'animale, il prato... diventano il focus dell'esplorazione: di qui l'idea di un percorso intitolato "ALLA SCOPERTA DEL PRATO" per gli alunni delle classi seconde della scuola primaria.

Gli obiettivi considerati sono semplici ma significativi e l'approccio metodologico è adeguato alle esigenze degli alunni, perché lo studio diretto dei luoghi naturali attiva processi di apprendimento legati alla motivazione, alla curiosità, alla partecipazione attiva nella scoperta dei perché e delle loro risposte.

La scelta di operare nell'ecosistema 'prato' scaturisce dalla necessità di circoscrivere in un campo più vicino al vissuto degli alunni le attività legate all'esplorazione. Il prato adiacente alla scuola rende più facile le uscite previste, necessarie per cogliere aspetti particolari riguardanti le trasformazioni stagionali della natura, per effettuarne altre, e per puntualizzare le precedenti esplorazioni.

L'esperienza è semplice. I bambini vengono condotti nel prato dall'insegnante, dove

viene svolta “la lezione”. Prima di uscire nel prato, viene chiesto ai bambini di rappresentarlo. Il prodotto realizzato ha la caratteristica dello stereotipo: in alto vi è la striscia azzurra del cielo, in basso la striscia verde dell'erba, qualche fiore e delle farfalle.

Arrivati nel prato ne viene recintata una porzione. I bambini osservano liberamente e poi con la guida dell'insegnante; raccolgono i vari elementi presenti nel prato e li classificano secondo il criterio proposto dagli alunni stessi in viventi e non viventi, e successivamente in vegetali e animali.

A questo punto si chiede agli alunni, alla luce delle scoperte effettuate, di disegnare nuovamente il prato. Il disegno ora si è arricchito, rispetto alla prima richiesta, di molti elementi: tutto il foglio è colorato di verde e tra l'erba ci sono diversi tipi di piante e di animali.

I bambini osservano, descrivono e rappresentano graficamente il prato nel periodo autunnale, invernale, primaverile. Discutono sui cambiamenti riscontrati nel prato (confronto autunno- inverno-primavera); rilevano la parte aerea e sotterranea di un vegetale; preparano un terrario per poter osservare in modo più sistematico la trasformazione di alcuni vegetali (tarassaco, trifoglio); scoprono somiglianze e differenze registrando in tabelle.

Ricercano, osservano, descrivono, rappresentano graficamente alcuni animaletti del prato: la formica, l'ape, la farfalla.

L'osservazione/realizzazione dell'esperienza, la verbalizzazione con un linguaggio specifico sempre più raffinato, la rappresentazione grafica, la comparazione per scoprire somiglianze e differenze portano alla condivisione di significati, cioè alla concettualizzazione; si acquisisce, pertanto una *forma mentis* utile ad interpretare il mondo che ci circonda.

Attività ben organizzate e strutturate, come le descrizioni individuali e/o collettive, le rappresentazioni grafiche, i confronti per scoprire somiglianze e differenze, permettono di fissare le scoperte fatte e di giungere a una generalizzazione e quindi a una conoscenza di tipo riflessivo e sistematico. Ne risulta un esempio di quei percorsi formativi, “progressivi e ricorsivi”, che attraverso una didattica costruttivista guidano i ragazzi dal pensiero spontaneo a forme di conoscenza sempre più coerenti e organizzate.

Inoltre, lo sviluppo di fasi di lavoro ben organizzate e progressive porta ad una corretta pratica educativa e aiuta gli alunni a riflettere su quel che fanno e su come lo fanno, acquisendo anche competenze procedurali. I tempi di attuazione lunghi, e adeguati alle esigenze degli alunni, creano un insegnamento ‘significativo’ necessario a far nascere il gusto di conoscere. Il ruolo dell'alunno è attivo e costruttivo, mentre l'insegnante è il regista nella costruzione delle sue conoscenze. La didattica laboratoriale permette quindi di raggiungere, attraverso un susseguirsi di attività ben strutturate e articolate, non solo conoscenze dichiarative, ma anche abilità, competenze procedurali e relazionali, rendendo davvero *formativo* l'approccio didattico.

WORKSHOP 2 – SINTESI DEI LAVORI

PAOLA FALSINI

Progetto Educazione Scientifica, Regione Toscana

Hanno partecipato ai lavori una decina di insegnanti provenienti da diverse province della Toscana. L'insegnante Nevicati ha presentato il percorso didattico svolto, ormai da diversi anni, nella classe seconda della scuola primaria: *ESPLORANDO IL PRATO*. Il percorso è tra quelli validati dal Comitato Scientifico del progetto della Regione Toscana relativo all'educazione scientifica nella scuola ed è presente tra le esperienze documentate sul sito internet dedicato al progetto stesso. La presentazione del percorso è stata preceduta da una premessa generale di carattere pedagogico-didattico ed è stata seguita da una descrizione sommaria di altri percorsi didattici svolti dalla stessa insegnante, significativi per illustrare l'idea di curriculum verticale all'interno del quale la particolare esperienza presentata è inserita.

Nella premessa metodologica l'insegnante ha sottolineato la convinzione di voler realizzare un insegnamento delle scienze che non fornisca solo conoscenze dichiarative ma che miri a sviluppare nei bambini competenze durature; a questo scopo è necessario abbandonare l'approccio trasmissivo, in cui si forniscono, direttamente dall'insegnante o dal sussidiario, alcune nozioni che i bambini dovranno imparare a memoria; al contrario, si proporranno agli alunni attività strutturate secondo precisi obiettivi per costruire conoscenze e competenze. L'azione didattica si articolerà in momenti di osservazione, di descrizione individuale di oggetti o fenomeni, di discussione con i compagni e con l'insegnante, di correzione e di affinamento di quanto prodotto, di sintesi.

Sia l'esperienza presentata nello specifico, sia gli esempi di altri percorsi hanno mostrato come il curriculum verticale si sostanzia nella scelta di contenuti, adatti all'età dei bambini e significativi all'interno della disciplina, intorno a cui si sviluppa un'azione didattica che costruisce per tutti competenze durature e fornisce gli strumenti per la cittadinanza.

I docenti intervenuti hanno espresso vivo apprezzamento, sia per la particolare esperienza presentata, sia per le altre convinzioni espresse. Le tematiche intorno a cui si è sviluppato maggiormente il confronto e la discussione sono state le seguenti.

Metodologia. È stato ampio e approfondito il confronto sulla metodologia presentata; in particolare, su richiesta di un collega, Alfreda Nevicati si è soffermata sull'importanza della fase in cui ciascun bambino, al momento della socializzazione delle descrizioni e risposte individuali e della discussione collettiva, torna sul proprio elaborato e, se lo ritiene necessario, lo modifica e lo arricchisce; ha anche specificato quanto sia importante predisporre gli strumenti e i tempi adatti perché ciò si possa realizzare. Un docente ha anche sollevato la questione della possibilità di non adottare un sussidiario; a questo proposito, Nevicati si è soffermata sulla grande importanza del quaderno del

bambino, che deve essere il diario di bordo del percorso che si sta svolgendo; in questa prospettiva è evidente che il sussidiario non risulta di nessuna utilità, mentre può essere funzionale allo svolgimento del percorso, soprattutto per i fenomeni biologici, la consultazione di testi scelti dall'insegnante per reperire informazioni.

Competenze. Diversi docenti, riferendo brevemente di esperienze simili a quella presentata, hanno sottolineato il grande valore della metodologia impiegata per l'acquisizione di competenze di tipo trasversale; Nevicati, in particolare, ha messo in luce come questo approccio all'educazione scientifica promuova le competenze linguistiche, le capacità di rappresentare secondo diverse modalità e quella di trasferire conoscenze e competenze tra diversi ambiti disciplinari.

Genitori. Diversi interventi hanno toccato la questione del rapporto con i genitori; la metodologia impiegata, il non-utilizzo del sussidiario potrebbero non essere capiti ... Sia Nevicati che altri tra i docenti presenti hanno assicurato che proprio le competenze che i bambini mostrano di acquisire, il fatto che vengono volentieri a scuola, che lavorano con gratificazione e con consapevolezza di ciò che stanno facendo, sono gli elementi che convincono i genitori. È importante che, prima di tutto, l'insegnante esprima la propria convinzione.

Formazione. Si è chiesto quale preparazione iniziale fosse necessaria per realizzare percorsi didattici come quelli presentati, quanti anni dovesse durare tale formazione. Nevicati ha riferito che nella scuola in cui ha elaborato i nuovi percorsi è stato presente per dieci anni un gruppo di formazione, ricerca e sperimentazione sul curricolo di Scienze. Il gruppo è stato coordinato per i primi anni da esperti esterni; in seguito i docenti più anziani hanno svolto un ruolo di tutoraggio per i nuovi. Nevicati ha pure evidenziato la necessità di lavorare in gruppo e di potersi confrontare con qualche altro collega che sperimenti lo stesso percorso didattico.

Valorizzazione e verifica. Tra i docenti che hanno riferito di esperienze di formazione simili a quella sviluppata nella scuola "G. Giusti" di Lucca, alcuni hanno sollevato la questione della difficoltà di convincere e coinvolgere altri colleghi. Per questo sarebbe necessario disporre di strumenti di verifica che possano attestare la validità della proposta. Nevicati ha messo in risalto l'importanza dell'azione del dirigente scolastico nel promuovere e valorizzare la ricerca didattica e il reale innalzamento del successo scolastico; ha poi osservato come sia difficile valutare competenze acquisite piuttosto che nozioni: esplicitare gli standard di apprendimento non dovrebbe limitarsi alle conoscenze dichiarative.

In quanto coordinatrice, ho ricordato, infine, come la valorizzazione di esperienze didattiche significative dal punto di vista dell'innovazione nell'insegnamento scientifico sia proprio l'obiettivo del progetto regionale sopra ricordato.

WORKSHOP 3

*Scuola Primaria (matematica)***BAMBINI IN FORMA**

FRANCA PRETELLI

*Scuola Primaria di Valenzatico – II Circolo Didattico di Quarrata, Pistoia***1. Presupposti metodologici, curricolari ed organizzativi**

L'attività che qui presento è stata realizzata in una classe seconda composta da 26 alunni, in cui era inserito un alunno in situazione di handicap, inizialmente non certificato. Per questo alunno con gravi disturbi del comportamento è stato predisposto un itinerario che prevedeva l'assegnazione del ruolo di "magazziniere delle forme". Nel progettare questo percorso con valenza trasversale si è pensato innanzitutto a individuare un approccio giocoso e motivante alla geometria che lasciasse spazio all'iniziativa e alla creatività dell'alunno piuttosto che proporre una serie stereotipata di definizioni e di nozioni.

È stato reintrodotta l'uso dei blocchi logici, non per acquisire distinzioni come *spesso/sottile, grande/piccolo* ..., ma per costruire figure da utilizzare in giochi matematici e storie fantastiche, in accordo con le Indicazioni Didattiche di carattere generale fornite dalla Unione Matematica Italiana (UMI) nel 2001: «Grande importanza come mediatori nei processi di acquisizioni di conoscenza e nel supporto alla comprensione del nesso tra idee matematiche e cultura, assumono i contesti ludici e gli strumenti, dai più semplici, come i materiali manipolabili, fino agli strumenti tecnologici più complessi».

La prima fase del lavoro è risultata particolarmente complessa per la difficoltà degli alunni a orientarsi nello spazio grafico e a trovare termini comprensibili a tutti. A questo punto del percorso, visto l'insuccesso, l'attività si sarebbe potuta concludere facendo finta di aver fatto un bel gioco e assegnando una terminologia esatta per definire le caratteristiche peculiari di ogni figura geometrica e la loro reciproca posizione. Invece è stato deciso di ritornare sull'esperienza negativa, ci si è chiesti perché il gioco non fosse riuscito a nessuno ed è emersa la necessità di scegliere un codice condiviso da tutta la classe per la dettatura delle indicazioni.

Questo tipo di attività ha avuto lo scopo di attirare l'attenzione dell'alunno sull'importanza di comunicare con chiarezza e con precisione alcune procedure ai compagni. Inoltre, ha fatto riflettere sui limiti e le ambiguità del linguaggio verbale e su alcune

strategie da usare per renderlo più efficace: nelle su menzionate Indicazioni Didattiche di carattere generale (UMI, 2001) si affermava che «L'esperienza e la verbalizzazione col linguaggio naturale dovranno necessariamente precedere la formalizzazione e la riflessione sui sistemi di notazione simbolica propri della matematica». I ragazzi sono passati dall'uso di un linguaggio semplice alla ricerca di termini "riconoscibili" da tutti per arrivare a costruire, anche in momenti successivi, definizioni più specifiche relative alle figure geometriche conosciute.

Ciò significava non accontentarsi di giustificazioni all'errore fornite dall'adulto, ma chiedersi il perché, formulando ipotesi e ricercando soluzioni attraverso un intervento personale. (Nelle Indicazioni per il curriculum 2007, nella presentazione dell'area matematico-scientifico-tecnologica, così come in quella specificamente riservata alla matematica, si insiste molto sulle attività di laboratorio pensato come «momento in cui l'alunno è attivo, formula le proprie ipotesi e ne controlla le conseguenze, progetta e sperimenta, discute e argomenta le proprie scelte...»).

Questo modo di procedere, che dall'incontro con l'errore permette di ripercorrere l'iter cercando modalità nuove più idonee e lascia spazio alla curiosità e all'iniziativa degli alunni, è stato adottato negli anni successivi da tutte le insegnanti del *team* anche in contesti diversi da quello matematico. È un modo di procedere che 'mette in crisi' e destabilizza, portando a rivedere alcune proprie *incoerenti* certezze; ma ha fatto comprendere che, in questo modo, si possono far acquisire conoscenze e competenze, in un ambiente sereno, dove niente è dato per scontato e molto viene costruito ragionando, spinti dalla curiosità della scoperta e dall'entusiasmo di imparare.

Sarebbe opportuno, ma non è sempre facile, abituare l'alunno a fermarsi e a ripensare al lavoro svolto, a riguardare ciò che si è fatto, a ricercare termini adeguati al contesto ed al tipo di interlocutore, riflettendoci sopra, insieme e individualmente, comunicando il perché delle scelte compiute.

Sul piano organizzativo è stato necessario:

- tener conto dei tempi dilatati cui si sarebbe andati incontro sia per la strutturazione sia per la realizzazione del percorso;
- mostrarsi flessibili ed elastici anche sull'orario interno al *team*, soprattutto con le insegnanti di italiano e di sostegno che avrebbero partecipato al lavoro;
- motivare ai genitori questa scelta, esprimendo la ferma convinzione che sarebbe stata proficua per far acquisire agli alunni competenze disciplinari e per costruire processi mentali sempre più efficaci, oltre a permettere all'alunno inserito nella classe di raggiungere gli obiettivi di tipo cognitivo e psicomotorio per lui previsti ma soprattutto di favorire la sua integrazione.

2. Esiti di apprendimento

Per la maggior parte degli alunni al termine del percorso si sono potute riscontrare acquisizioni relative a: capacità di organizzarsi per lavorare in gruppo; manipolazione ed

uso di forme geometriche; classificazione secondo forma, colore, dimensione; rappresentazione e riproduzione di figure, cercando di rispettare forma, colore, dimensione; capacità di dare consegne e di ascoltare per comprendere; uso di termini geometrici convenzionali.

Punti di forza, punti di debolezza. Il fatto che il gioco con le dieci forme non fosse riuscito a nessuno fu inizialmente considerato un punto di crisi, in quanto aveva obbligato l'insegnante a modificare parte del percorso; in realtà, 'costrinse' gli alunni a problematizzare quanto era accaduto, a ripensare il gioco, semplificandolo con la scelta di cinque figure. La non riuscita era dovuta anche all'uso di un linguaggio verbale improprio e ciò pose di nuovo gli alunni nella condizione di dover riflettere sull'importanza di una comunicazione chiara e precisa e sulla necessità di stabilire delle regole per la dettatura. Al momento della realizzazione del percorso, anche i tempi di attuazione troppo lunghi furono considerati un punto di particolare debolezza. Una rilettura a posteriori di tutto l'iter ha messo in evidenza che i tempi dilatati richiesti dal progetto non sono più per le insegnanti del *team* ciò che appariva quasi una "perdita di tempo" – anzi, i tempi dilatati sono necessari per pervenire a un'integrazione efficace dei diversi linguaggi disciplinari.

3. Simulazione di un segmento dell'esperienza

Il segmento dell'esperienza scelto per la simulazione è quello che si riferisce al secondo e terzo gioco, come indicato nell'esperienza che i partecipanti a questo workshop hanno potuto consultare sul sito www.progettotrio.it.

Il gioco prevede la suddivisione in gruppi di quattro/cinque persone; ogni gruppo potrà utilizzare dieci blocchi logici per realizzare un "disegno" sul piano di un banco, scegliendo liberamente forma, colore e dimensione a seconda di ciò che vuole creare (non si deve tener conto dello spessore). Ogni gruppo deve rispettare la regola di non far vedere agli altri ciò che sta facendo. Successivamente (in relazione al tempo disponibile) la costruzione realizzata potrà essere riprodotta su un foglio a quadretti, nascondendola agli altri gruppi. Infine, a turno, ciascun gruppo ricomponi su un banco, senza farla vedere, la propria costruzione e dà indicazioni affinché gli altri possano a loro volta riprodurla correttamente in modo che sia simile a quella data.

WORKSHOP 3 – SINTESI DEI LAVORI

UMBERTO CATTABRINI

Progetto Educazione Scientifica, Regione Toscana

Nel terzo workshop di matematica per la scuola primaria, un tema implicito di riflessione è stato quello di "raccontare e spiegare lo spazio", sulla base dall'interessante esperienza di Franca Petrelli e dei suoi alunni di seconda classe, intitolata BAMBINI IN FORMA, che la stessa insegnante ha illustrato ai molti presenti con ricchezza di informazioni ed

esaustive precisazioni su quanto i presenti hanno chiesto di approfondire.

Didatticamente parlando, quello del “raccontare” e dello “spiegare” lo spazio è uno dei tanti complessi passaggi di un percorso che ha come scopo quello di portare ogni bambino nel mondo della *geometria*; di portarcelo però come attore del proprio processo di apprendimento e non più come un passivo oltre destinato a gonfiarsi di ventose formule e di quelle inutili nozioni che – salvo eccezioni rare – non hanno mai dato agli studenti italiani un dignitoso livello di competenza su questa disciplina.

Il tema dello sviluppo della nozione di spazio nel bambino deve molto, come è noto, agli studi di Jean Piaget e a quanti hanno proseguito le sue ricerche, pro o contro i risultati da lui raggiunti; nello specifico del problema suscitato dall’esperienza dei BAMBINI IN FORMA il rimando è piuttosto agli studi ed alle ricerche di Alan J. Bishop, un etnomatematico cui si deve un saggio (*Mathematical enculturation*) sulle componenti simboliche universali dell’inculturazione matematica in luoghi e tempi diversi. Tali componenti, per Bishop, fanno riferimento a concetti di base relativi alle azioni del contare, del localizzare, del misurare, del costruire forme, del giocare e dello spiegare. Tra queste, il localizzare, il costruire forme e lo spiegare possono considerarsi i riferimenti per progetti e percorsi significativi per una didattica dell’approccio alla geometria in cui la componente linguistica gioca un ruolo importante sia nella modalità della narrazione, del *raccontare lo spazio* in piena libertà di vincoli, sia in quella dello *spiegare lo spazio* dove la precisione diventa indispensabile sostanza per la comprensione di chi ascolta.

Così, ad esempio, per quanto riguarda il *localizzare*, è normale che si invitino i bambini a raccontare i percorsi che usualmente fanno da casa a scuola e poi a rappresentarli graficamente o a descrivere la collocazione di oggetti, suppellettili degli ambienti scolastici. Si fanno giochi in cui occorre utilizzare parole che sono indicatori di relazioni spaziali (sopra, sotto, davanti, dietro, ecc). Si utilizzano favole in cui si parla di percorsi da seguire per raggiungere un luogo simbolo di sicurezza (si pensi alla favola di Pollicino) ed altre si inventano. Ci si raccontano le gite, e i viaggi fatti in famiglia. Insomma, oggi nella scuola dell’infanzia ed in quella primaria non si minimizza l’importanza del raccontare lo spazio: se ne fa anzi un momento importante di lavoro e di riflessione. Non sempre però si riesce a raggiungere un pieno coinvolgimento dei bambini perché se è in gioco lo spazio della scuola, le attività che si possono proporre sono percepite come situazioni didattiche e quindi come compiti, mentre se l’argomento riguarda lo spazio esterno alla scuola il bambino si sente poco coinvolto da un’attività che riguarda più l’adulto accompagnatore che non il bambino accompagnato (come succede in un viaggio in macchina, dove la memoria di un percorso fatto è più del guidatore che del passeggero).

Per questo, anni fa, avevo proposto in alcune scuole di costruire labirinti modulari descrittivi di ambienti scelti e prodotti dagli stessi bambini e trasformabili a piacere. Si trattava di utilizzare dei capaci scatoloni da imballaggio di elettrodomestici, per trasformarli, collegandoli, in altrettante stanze da visitare passando attraverso porte ritagliate

sui lati e apribili e richiudibili a piacere in modo da formare percorsi sempre diversi. All'interno di ogni stanza, disegni, fotografie, stampe attaccate alle pareti presentavano ognuna un ambiente diverso. In altri casi tutto il labirinto si presentava come un unico ambiente visto nelle sue particolarità: il bosco con la tana di un animale, il prato con i funghi, la volpe seminascosta dietro un angolo, ecc. Altri labirinti raccontavano le scene di una favola, oppure le fasi della costruzione di un manufatto, le strade (con fotografie) intorno alla scuola. Il viaggio nel labirinto di un bambino diventava così il racconto ai compagni della propria esperienza, da confrontare con i ricordi e le impressioni di altri che avevano percorso lo stesso labirinto in una diversa successione di "stanze".

Altri giochi erano invece mirati alla ricerca di un particolare luogo o di un particolare oggetto nascosto in una delle stanze, da trovare sulla base delle indicazioni fornite dal bambino progettista del labirinto. In questo modo, raccontare lo spazio di un viaggio si carica di impressioni, suggestioni, densità simboliche ma suscita anche il bisogno di descrivere con precisione le caratteristiche dei luoghi, la successione degli spazi attraversati e le direzioni seguite, che poi sono esperienze di descrizione di enti, di relazioni topologiche, di cambiamenti di direzione.

Costruire-forme è un'attività che affina nel bambino l'analisi degli oggetti, delle loro caratteristiche strutturali, delle proprietà formali che presentano. È il passaggio dallo spazio raccontato allo spazio progettato; e progettare la costruzione di un oggetto è anche raccontare lo spazio, qualunque sia l'oggetto o gli oggetti in costruzione, ma con un'attenzione alla precisione dei termini usati che altrimenti non sarebbe necessaria e con la necessità di far proprie nuove parole che meglio rendano conto di che cosa stiamo costruendo e di come lo facciamo. Così è stato nella costruzione delle figure del progetto *BAMBINI IN FORMA*.

Se poi, con molta ambizione, tutto questo si traduce nella costruzione collettiva di un modello del proprio ambiente – lo spazio abitato, gli spazi verdi, i luoghi del lavoro e del commercio, gli edifici pubblici –, i bambini si troveranno a giocare con le forme del proprio spazio fisico e incontreranno così innumerevoli occasioni di "toccare" diverse figure geometriche. Del resto, secondo la lezione di Piaget, le immagini interne hanno bisogno di formarsi su concrete immagini esterne che il costruire-forme favorisce.

Infine, lo *spiegare*. A volte il solo racconto non è sufficiente se quel che si vuole ottenere da chi ascolta deve consentirgli di risolvere un problema o di eseguire esattamente un compito; in questi casi occorre un linguaggio condiviso, la costruzione di frasi non ambigue, una scelta ponderata e precisa nella successione dei contenuti.

La spiegazione sottende il fatto che chi ascolta sia messo nella condizione di conoscere fatti o procedure e di acquisirne la conoscenza, deve essere perciò adeguata alle possibilità di comprensione dell'ascoltatore. Un esempio di spiegazioni non sempre correttamente dimensionate sono quelle allegate a scatole di montaggio o sono le istruzioni sulla predisposizione di meccanismi elettronici che non tengono conto delle possibili differenze di competenza di chi le legge.

Con i bambini (ma anche con gli adulti) un gioco divertente consiste nel raccoglie-

re due serie uguali di 4 o 5 oggetti, darli a due diversi gruppi di bambini e chiedere a un gruppo di posizionare gli oggetti a piacere in un piccolo spazio. Il gioco sarà quello di spiegare all'altro gruppo (posto dietro uno schermo) la posizione data ai vari oggetti in modo che chi ascolta possa disporre i propri pezzi nello stesso identico modo.

Come pezzi si possono utilizzare quelli dei blocchi logici che, per regolarità geometrica delle forme, sono più semplici da presentare nella spiegazione e offrono l'opportunità di portare i bambini a utilizzare, come nel gioco della battaglia navale, le coordinate del piano. Avevo proposto quest'attività per i bambini (v. *Le Scienze*, Le Monnier n.3-4, 1996, p. 35), ma anche per gli adulti si rivela molto interessante e istruttivo sulle proprie capacità di spiegare con rigore ed esattezza, come si è visto anche in questo workshop.

Se consideriamo i tre passaggi, *raccontare*, *costruire-forme* e *spiegare*, in funzione delle difficoltà in cui s'incorre nella risoluzione di un problema, vediamo che: *raccontare* abitua a una maggiore competenza nella formulazione di una situazione dinamica; *costruire-forme* abitua a "vedere" lo svolgersi di tale situazione; *spiegare* abitua a formulare la successione dei passaggi. In questo modo si evitano i tre errori più frequenti in cui si incorre nel risolvere un problema, in particolare se di geometria: l'incomprensione del testo, la mancanza di chiarezza sulle dinamiche tra gli enti, la cattiva organizzazione del percorso di risoluzione.

WORKSHOP 4

Scuola Secondaria di I grado (scienze)

DALLE OMBRE AL MOTO APPARENTE DEL SOLE

ROSSELLA BRAGAZZI

Scuola Primaria Paradiso, Marina di Carrara (Massa-Carrara)

1. Introduzione

L'esperienza DALLE OMBRE AL MOTO APPARENTE DEL SOLE si inserisce in un progetto di continuità tra scuola primaria e secondaria di primo grado. Svoltasi nell'arco di un anno scolastico, l'esperienza prevede la trattazione di argomenti comuni a scuola primaria e secondaria di primo grado, con incontri periodici per confrontare e discutere le attività svolte e le problematiche emerse. Questo progetto riguarda il campo dell'astronomia e gli "oggetti" studiati dall'astronomia fanno continuamente da sfondo all'esperienza quotidiana. Il cielo appartiene all'esperienza ed all'emozione di tutti, fin dall'infanzia; la ciclicità dei fenomeni osservati è fonte di sicurezza; esso è ovunque, è gratuito, è a disposizione di tutti. *Il cielo unisce le discipline scolastiche*, perché la sua scienza ha coinvolto tutti i popoli, in ogni epoca, e perché in esso affondano le radici culturali (pensiamo alle tradizioni contadine, a tanti proverbi e modi di dire popolari, alla celebrazione di feste pagane, prima, e religiose, poi).

Gli ambiti disciplinari coinvolti sono stati i seguenti.

- *scientifico–astronomico*: l'ombra di un semplice bastone permette di evidenziare la traiettoria del Sole durante una giornata e di individuare il momento in cui l'astro è in posizione culminante, quindi di osservare l'andamento della sua traiettoria nel corso delle stagioni; questa conoscenza sarà il riferimento concreto perché i ragazzi possano comprendere attraverso esperienze successive i movimenti della Terra;
- *matematico*: perpendicolarità, parallelismo, angoli nel loro aspetto sia statico che dinamico, rapporti di lunghezza, uso di tabelle riassuntive a doppia entrata, istogrammi, grafici ecc.;
- *tecnologico*: gnomoni e sestanti vengono progettati, costruiti, collaudati e messi a punto dagli stessi alunni;
- *geografico*: orientamento sul globo terrestre attraverso la conoscenza delle coordinate geografiche;
- *linguistico*: è attraverso la simbolizzazione linguistica, sia orale sia scritta, che gli allievi possono rappresentare e interiorizzare i concetti scientifici, perciò è

importante favorire lo sviluppo, in classe, di discussioni in cui le argomentazioni siano formulate in modo sempre più articolato e aderente ai canoni del sapere in questione.

2. Presupposti metodologici

- discussione per far emergere le conoscenze pregresse di ogni alunno (brainstorming)
- osservazione, discussione, formulazione e confronto di ipotesi
- ideazione e messa a punto di semplici prove sperimentali per verificare le ipotesi
- individuazione delle variabili che influenzano il fenomeno osservato
- concettualizzazione

Percorso curricolare

Il percorso si sviluppa nell'arco dell'intero anno scolastico con attività attraverso le quali gli alunni osservano e analizzano la realtà, costruiscono e utilizzano strumenti per l'osservazione astronomica:

Scoperta e rilevazione delle ombre

- Osservazione delle ombre prodotte dal sole
- Progettazione e costruzione di gnomoni
- Scoperta dello spazio d'ombra
- Rilevazione dei ventagli delle ombre in Autunno, Inverno, Primavera e Estate
- Costruzione di tabelle con i dati rilevati
- Costruzione di grafici

Confronto dei ventagli d'ombra rilevati nelle diverse stagioni

- Variazione della lunghezza dell'ombra alla stessa ora del giorno nelle diverse stagioni
- Variazione dell'angolo di rotazione del ventaglio
- Costruzione dei settori circolari rappresentanti l'ampiezza dei ventagli delle 4 stagioni

Altezza del sole

- Come si può misurare l'altezza del sole
- Come realizzare uno strumento per misurare l'altezza del sole: ipotesi progettuali
- Costruzione di un "sestante" e relativo collaudo

Movimenti della Terra

- Movimento di rotazione
- Movimento di rivoluzione
- Visita al planetario

3. Esiti di apprendimento

Le competenze acquisite sono state le seguenti:

- Capacità di produrre ipotesi ben argomentate
- Capacità di verifica, sia argomentativa che sperimentale
- Capacità di osservare i fenomeni e di metterli in relazione causa-effetto
- Capacità di rappresentazione grafica di esperienze vissute
- Capacità di progettazione e realizzazione di semplici strumenti di indagine
- Capacità di raccogliere, ordinare, rielaborare e confrontare dati in modo sistematico, con l'uso di tabelle e grafici.
- Padronanza logico linguistica delle complessità

Punti di forza

- i ragazzi hanno dimostrato interesse ed entusiasmo verso le tematiche astronomiche
- l'ampio spazio che è stato dato alla discussione ha abituato gli alunni all'ascolto e ha favorito l'ampliamento delle loro competenze linguistiche e la costruzione di nuove conoscenze
- le esperienze collettive in questo campo hanno favorito la produzione di testi-relazione in cui intervengono nessi temporali, causali, argomentazioni, ecc. (con relative attività di confronto e riflessione linguistica)
- è cresciuta la capacità di generare e confrontare ipotesi previsionali
- soprattutto, i vari tipi di attività hanno permesso di costruire in un contesto fortemente significativo concetti e tecniche fondamentali nello studio della geometria (perpendicolarità, verticalità, orizzontalità, direzione, parallelismo, angoli.... Misurazione, riduzione in scala....)

Punti di debolezza

- un progetto di questo tipo sarebbe più adatto a scuole organizzate a tempo pieno perché alcune attività richiederebbero tempi più lunghi
- si possono incontrare difficoltà dovute alla mancanza di competenze astronomiche specifiche da parte dei docenti

- occorre una certa elasticità nell'organizzazione degli orari , in quanto le attività da svolgere all'aperto non possono essere rimandate a lungo per eventuali condizioni atmosferiche sfavorevoli.

4. Breve descrizione dell'attività

Vengono sistemati su due banchi vicini, un mappamondo e una lampada. Sul mappamondo si attacca, lungo il 10° Meridiano, una striscia o 7 piccoli quadratini di carta con 7 chiodini , disposti a 7 latitudini diverse (rappresentano dei piccoli gnomoni). Il mappamondo viene disposto, rispetto alla lampada, con l'asse di rotazione inclinata, in modo che il Polo sud sia rivolto verso il Sole.

Osservando i ventagli delle ombre che vengono prodotte dai chiodini, mentre il mappamondo ruota in senso antiorario, si traggono informazioni importanti.

Ai docenti verrà chiesto di confrontare due testi elaborati dagli alunni dopo l'attività descritta e di compilare due diverse tabelle di valutazione su questi testi

WORKSHOP 4 – SINTESI DEI LAVORI

LEONARDO BARSANTINI

Istituto Superiore "E. Balducci" di Pontassieve

Il coordinatore, dopo i saluti e una breve presentazione dell'organizzazione della giornata, lascia la parola alla relatrice Rossella Bragazzi che presenta il suo lavoro: "Dalle ombre al moto apparente del Sole". Il tema è presentato nei dettagli per permettere ai partecipanti ai lavori del gruppo sulla didattica delle scienze nella scuola secondaria di primo grado, di avere una fattiva comprensione del percorso didattico attraverso l'approfondita discussione e l'analisi di alcune parti allo scopo di simularne l'operatività in classe.

L'esperienza presentata, basata su osservazioni del cielo, è rilevante non solo per il tema che propone agli studenti, ma anche perché fornisce significato alla continuità fra scuola primaria e scuola secondaria di primo grado, proponendo un'attività che ha un denominatore comune fra le due, con uno sviluppo calibrato nel tempo e adattato allo crescita cognitiva degli studenti. L'esperienza è molto interessante anche per la sua capacità di coinvolgere ambiti disciplinari diversi in un'attività unitaria e non frammentata fra le varie materie di studio. È, inoltre, molto coinvolgente emotivamente per gli studenti. L'attività si situa certamente in ambito scientifico con l'osservazione della traiettoria del Sole durante la giornata, l'individuazione della posizione culminante, l'osservazione dell'andamento della traiettoria nel corso delle stagioni. Lo studio è trasportato anche in ambito matematico con l'acquisizione dei concetti di perpendicolarità, parallelismo, angolo, rapporto fra lunghezze. Gli studenti devono anche acquisire strumenti di classificazione dei dati quali le tabelle riassuntive a doppia entrata, i grafici e gli istogrammi. L'ambito tecnologico è interessato per la progettazione, la costru-

zione, il collaudo e la messa a punto di gnomoni e sestanti. La conoscenza del globo terrestre e delle coordinate geografiche interessa l'ambito geografico. Tutta l'attività è attraversata dallo sviluppo di competenze linguistiche che sono favorite da discussioni e riflessioni scritte che permettono una sempre migliore descrizione dei fenomeni osservati e un'argomentazione adeguata allo sviluppo del sapere.

L'analisi dell'esperienza proposta dalla relatrice ha sviluppato un dibattito dal quale è emersa con forza la necessità di un costante processo di riflessione sull'insegnamento e sull'apprendimento delle discipline scientifiche. L'insegnamento delle discipline scientifiche può svolgere un ruolo decisivo nello sviluppo di capacità critiche e nell'acquisizione di consapevolezza di pensiero, ma presenta delle criticità. L'approccio tradizionale è, infatti, basato sui due poli della trasmissione di conoscenze teoriche astratte e sull'esecuzione di esperienze non collegate alla costruzione di un quadro teorico di riferimento. Questo scollegamento fra conoscenze teoriche e attività sperimentali è presente anche nell'impostazione di molti manuali scolastici che separano la descrizione teorica dalle schede sperimentali. Al contrario, il percorso presentato dalla relatrice fornisce un valido esempio di integrazione delle conoscenze in un approccio che è allo stesso tempo teorico e sperimentale. La discussione pone in evidenza alcuni aspetti di rilevanza sui quali la didattica delle scienze deve riflettere e qui di seguito elencati: costruire un pensiero razionale; sconfiggere il pensiero magico; operare sulle preconcezioni; fornire ambienti di apprendimento operativi; riflettere sullo sviluppo storico delle conoscenze scientifiche.

Lo sviluppo coerente e l'analisi puntuale di tutti i passaggi del percorso "Dalle ombre al moto apparente del Sole", pone in evidenza la sostanziale inutilità di esperienze di laboratorio sporadiche o estemporanee in contrapposizione a percorsi lunghi, articolati e coerenti. La necessità, sentita da molti docenti, di trattare un gran numero di argomenti, produce scarso apprendimento negli studenti e frustrazione negli insegnanti sempre in affanno. Il tempo, al contrario, diventa una risorsa se si scelgono pochi argomenti sui quali lavorare a lungo sconfiggendo l'ossessione della velocità, del programma e della quantità. Purtroppo, si devono registrare ancora molte testimonianze di lavori in ambito scientifico improntate alla trasmissione dei contenuti, piuttosto che sulla presentazione di una situazione problematica dalla quale possano scaturire attività di osservazione, discussione collettiva, produzione scritta di ipotesi, confronto e verifica delle stesse, rielaborazione e sintesi. L'esempio presentato dalla relatrice chiarisce a fondo i presupposti metodologici qui elencati favorendo lo sviluppo degli alunni più deboli e fornendo terreno fertile per successivi approfondimenti agli studenti più dotati. Nel gruppo si riflette sul fatto che l'attività di osservazione del movimento del Sole, ad esempio, crea la necessità di costruire degli strumenti che serviranno a proiettare le ombre fornendo una valida integrazione fra scienza e tecnologia e sviluppando così la capacità progettuale di ogni studente che si trova impegnato nella realizzazione del proprio strumento. L'attività di progettazione è anche molto concettuale poiché obbliga a confrontarsi con la definizione di orizzontalità e di verticalità che deve essere tradotta in

termini operativi. Pur facendo lavorare gli studenti con strumenti concreti, l'astrazione di pensiero pervade tutte le attività. Ad esempio, la ricostruzione della provenienza dei raggi solari obbliga, per interpretare correttamente i dati, a ritenerli paralleli anche se nei disegni la presenza sulla stessa pagina del Sole e dello gnomone fa convergere i raggi verso la nostra stella. Ecco che gli alunni sono chiamati alla costruzione di un modello mentale che richiede la disposizione del Sole a grande distanza dalla Terra, comprendendo che percezione della realtà e realtà possono essere differenti; come spesso si afferma: "la mappa non è il territorio".

Chi favorisce la costruzione di conoscenza rispetto alla sua trasmissione comprende facilmente quanto l'apprendimento scientifico tragga vantaggio dal far redigere agli studenti testi scritti. La scrittura individuale e la rielaborazione collettiva delle idee, ripercorrendo le tappe del lavoro svolto, non sono soltanto elementi funzionali all'acquisizione di competenze comunicative, ma anche e soprattutto, permettono di costruire o ricostruire la rete organica di pensieri che è alla base della concettualizzazione. Si tratta, quindi, di favorire il linguaggio tramite la cura del pensiero ma anche di tradurre quest'ultimo in lingua scritta. L'opportunità di produrre brani dove sono presenti ipotesi e argomentazioni, costituisce un'ottima palestra per il pensiero. La necessità è tanto più avvertita se si riflette sul fatto che il pensiero dei nostri studenti è complesso e deve essere tradotto in lingua scritta. È ovvio che affinché questo possa avvenire la scelta degli argomenti da trattare nella scuola secondaria di primo grado deve essere ben ponderata: si alle fenomenologie, no alla presentazione delle teorie. I libri di testo non aiutano nella scelta dei temi poiché li pongono tutti sullo stesso piano. Per comprendere la distanza che separa la scrittura del libro di scienze dal pensiero degli studenti, è sufficiente porre a confronto un brano tratto dal libro con il testo, sullo stesso argomento, prodotto dalla riflessione collettiva degli studenti che hanno sperimentato, osservato e riflettuto.

Anche se ci sono resistenze da parte dei docenti a modificare la propria impostazione più tradizionale - per i tanti vincoli sia interni sia esterni alla scuola che bloccano i gradi di libertà del docente - si conviene sulla necessità di allontanarsi dalla didattica tradizionale che come ben sappiamo produce scarsi risultati. Siamo portati a pensare che un approccio innovativo, che lasci spazio alla costruzione di conoscenze e competenze, sia molto incerto in scuole con classi sovraffollate e scarsità di laboratori, ma la realtà dei fatti smentisce questa opinione. Ad esempio, i dati OCSE disegnano per le scienze, e non soltanto, un quadro drammatico della scuola italiana, mostrando che i nostri studenti sono adeguati soltanto nella banale riproduzione di esercizi decontestualizzati, mentre hanno grande difficoltà a trovarsi a loro agio ad affrontare problemi in situazioni definiti. Su questi elementi è allora necessario riflettere poiché sembra ormai irrinunciabile l'elevamento culturale dei nostri studenti in una scuola aperta a tutti e, non è la "scuola di tutti" che abbassa il livello culturale visto che, come ormai ben sappiamo, ci sono nazioni che riescono ad avere risultati di qualità estesi alla maggior parte dei loro studenti. Sappiamo bene che i docenti non hanno gli strumenti per modificare l'architettura scolastica, anche se devono far sentire la loro voce, ma possono

intervenire direttamente sul curriculum. Ripensare alla scelta di temi per la costruzione di un curriculum verticale di scienze, rifuggire la logica del catalogo, presentare gli oggetti quando servono, in situazione, piuttosto che sistematizzarli secondo l'impostazione del manuale universitario, rappresenta già un primo, efficace passo. Approfondire lo studio per periodi adeguata, che per gli standard attuali significa lunghi, è il passaggio successivo; nel gruppo di lavoro sono state presentate esperienze di insegnanti che trattano non più di tre/quattro temi l'anno, il che poi significa restare su un argomento circa due mesi dedicandoci, a due ore la settimana, circa sedici ore.

Gli insegnanti devono, però, essere sostenuti. La necessità di far parte di un gruppo di ricerca diventa irrinunciabile per acquisire strumenti culturali e operativi che difficilmente il singolo docente è in grado di darsi. Così come il lavoro in equipe di ricerca e la comunicazione delle idee sono un elemento fondamentale e irrinunciabile per il progredire della scienza, altrettanto lo sono per il progredire della didattica delle discipline scientifiche.

WORKSHOP 5

*Scuola Secondaria di I grado (matematica)***L'INSIEME N E IL NUMERANDO**

LUCIA STELLI

*Istituto Comprensivo "G. Gamerra" di Pisa***1. Introduzione**

L'esperienza in oggetto è rintracciabile nell'area del Progetto TRIO dedicata all'educazione scientifica nella Scuola ed è stata realizzata nel laboratorio di progettazione e sperimentazione del curricolo verticale di matematica, attivato nell'Istituto Comprensivo "G. Gamerra" di Pisa nell'anno 2003-04, su proposta del CRED locale. Come risulta dal titolo, l'esperienza si riferisce al *Numerando*, che è la rielaborazione didattica di un vecchio gioco aritmetico della TV francese, Il gioco, proposto da Brunetto Piochi (Università di Firenze) che ha coordinato il laboratorio, è stato messo a punto da un gruppo di 13 insegnanti dell'Istituto appartenenti a ordini di scuola diversi: infatti, è stato proposto, oltre che nelle prime classi della scuola secondaria di primo grado, anche nelle classi 4^a e 5^a della scuola primaria.

Nell'intento di sperimentare un metodo di lavoro "costruttivo", in cui le ipotesi, le prove, le evidenze, le discussioni e le conclusioni generate dagli alunni costituissero il nucleo centrale dell'insegnamento, i docenti hanno individuato nel *Numerando* un mezzo per generare apprendimento significativo, con l'aggiunta del coinvolgimento e della gratificazione derivati dal gioco. L'elemento ludico è stato anche visto come veicolo adatto a favorire un buon rapporto con la matematica, spesso (già nella scuola primaria) carica di connotazioni negative.

2. Caratteristiche del Numerando

È opportuno ricordare le regole del Numerando, che sono anche adattabili all'età degli allievi e suscettibili di ulteriori arricchimenti.

L'insegnante prepara una serie di cartellini contenenti le cifre da 0 a 9 e i segni delle 4 operazioni. Viene formato un numero-bersaglio di 3 cifre, estraendo per tre volte un cartellino-cifra e rimettendo ogni volta nel mazzo il cartellino estratto, per cui il numero può essere costituito da cifre uguali; poi si estraggono, ancora casualmente, ma questa volta senza rimettere il cartellino nel mazzo, tre cifre e due operazioni. Le cifre possono essere associate per comporre numeri: cifre e operazioni possono essere utilizzate più volte. Lo *scopo del gioco* è quello di arrivare, nel tempo stabilito di 10 minuti

(ma la durata è flessibile) più vicino possibile al numero bersaglio.

Le regole e il punteggio relativo alle prestazioni raggiunte (differenziato in base a criteri concordati e condivisi) hanno permesso di dare enfasi all'attività motivando gli alunni a 'mettersi in gioco', ma allo stesso tempo li hanno orientati verso un obiettivo formativo ben più importante: l'assunzione di responsabilità, attivando sui propri comportamenti processi di controllo senza delegarli all'insegnante.

Il gioco *Numerando* ha così apportato elementi di novità, necessari a vivacizzare e arricchire di significato le usuali attività del curriculum, rispondendo pienamente alle linee-guida del Progetto Trio: il percorso è riferito a saperi fondamentali nella struttura della disciplina, è operativo, concreto, progettato sugli alunni e alimentato dal loro apporto; inoltre, sollecita atteggiamenti di problematizzazione che portano a formulare ipotesi e ad introdurre elementi di concettualizzazione.

3. Bilancio dell'esperienza

Come si può constatare dalla lettura della documentazione, reperibile sul sito del Progetto Trio, quest'esperienza ha permesso alla classe una serie di scoperte e riflessioni collegate a conoscenze e competenze sull'insieme dei numeri naturali, quali ad esempio: *le leggi di composizione dei pari e dei dispari, le operazioni aritmetiche e le relative proprietà, il linguaggio delle espressioni, la divisibilità*; non ha quindi costituito una divagazione dal programma e neppure qualcosa di accessorio; ha *semplicemente* rappresentato una strada alternativa alle proposte tradizionali dei libri di testo. L'avverbio *semplicemente* non va però riferito a un punto d'arrivo di facile conquista per l'insegnante, perché ha richiesto cambiamenti gradualmente nel modo di fare matematica che sono avvenuti in tempi lunghi, dopo che è maturata un'idea di insegnamento non ripiegato sulla disciplina, ma attento alle relazioni tra l'allievo, la matematica e l'insegnante. Lo studio di tali dinamiche relazionali ha richiesto un approccio di tipo globale ancorato sull'osservazione, l'interpretazione, l'intervento. Non a caso il percorso possiede anche una valenza formativo-orientativa di tipo trasversale che si esplica nelle seguenti azioni:

1. costruire qualcosa insieme senza limitarsi al gioco
2. dare valore alla memoria e all'approfondimento
3. soffermarsi sulle cose e osservarle con attenzione
4. cercare le informazioni nascoste
5. riconoscere l'importanza delle intuizioni, dei pensieri e del linguaggio
6. dare valore al confronto e alla diversità tra le cose e tra le persone.

In relazione al punto 5. non va dimenticato l'apporto che tale esperienza, per come è strutturata, fornisce alla competenza linguistica. Già la formazione di piccoli gruppi di lavoro costringe all'esposizione e all'argomentazione, ma sono soprattutto le richieste dell'insegnante a verbalizzare i processi di pensiero («come possiamo fare a ...?», «è possibile trovare un modo per ...?») che orientano in tal senso. Gli allievi infatti sono

indotti a esplicitare le ragioni di intuizioni o errori, a imparare a utilizzare il linguaggio specifico e anche ad effettuare considerazioni di tipo metacognitivo; allo stesso tempo con le loro produzioni forniscono all'insegnante indicazioni sui processi di concettualizzazione in atto. L'ascolto degli alunni e le richieste loro rivolte pongono dunque l'insegnante in risonanza con i propri allievi e concorrono a generare un gusto al cambiamento che avvicina il suo comportamento a quello del ricercatore.

Attraverso simili esperienze l'insegnante scopre potenzialità inaspettate negli alunni; scopre la possibilità che gli allievi facciano matematica con piacere e investendo risorse; scopre nuove possibilità di osservazione e nuove strategie; impara in definitiva una gestione del tempo e degli errori diversa da quella che caratterizza la prassi scolastica standard, e *gradatamente* la fa propria e la generalizza.

Il ricorso al gioco Numerando ha anche rappresentato per gli insegnanti una scommessa che alla fine è risultata vincente: far appassionare gli allievi al processo d'indagine facendo loro dimenticare l'aspetto competitivo della gara. Per spostare l'attenzione dal gioco ai concetti matematici è stato necessario predisporre ad una serie di azioni tipiche del ricercatore quali: avere chiaro lo scopo da raggiungere, prefigurarsi lo sviluppo di un'attività, osservarla nel suo svolgimento, ripensarla e riconfigurarla alla luce di nuovi elementi, tutte azioni poco praticate durante le lezioni di matematica, ma che una volta sperimentate producono effetti il cui potere seduttivo non ti lascia più e porta a condividere con la classe il gusto di fare non solo matematica, ma molti altri tipi di attività.

Infatti, se si presta attenzione a ciò che fanno e dicono gli alunni, ci si accorge che essi offrono regali cognitivi che abbiamo il dovere di raccogliere e utilizzare come punto di partenza di ulteriori indagini. Nel caso specifico mi riferisco a commenti del tipo: «Questo è difficile, non può tornare, le cifre sono tutte dispari e il bersaglio è pari», e viceversa «È molto difficile raggiungere un bersaglio dispari con tutte le cifre pari», ma poi sono gli stessi alunni, invitati a verificare la validità di tali osservazioni, a scoprire che «I numeri dispari saltano fuori quando meno te l'aspetti, come ad esempio quando dividi un numero per se stesso oppure quando fai $6 : 2$ o $18 : 6$ ».

A conclusione del percorso, frasi del tipo «Come abbiamo fatto a non accorgerci di nulla!» comunicano all'insegnante che il lavoro fatto è stato utile non solo per scoprire proprietà e relazioni matematiche, ma anche per connotare la matematica di sentimenti positivi e indirizzare verso atteggiamenti sempre meno superficiali. A sostegno di quanto affermato posso dire, per esempio, che l'operazione di divisione veniva accolta inizialmente come una 'calamità', mentre in seguito è stata gestita con minor disappunto (e maggiori risorse conoscitive) portando in modo naturale a discutere di divisibilità fino ad arrivare alla fattorizzazione dei numeri.

Indubbiamente, la sperimentazione del *Numerando* ha rappresentato un momento d'innovazione didattica: gli alunni stessi, dietro sollecitazioni appropriate, si sono costruiti i propri strumenti d'indagine procedendo a piccoli passi, pervenendo al controllo di tutto il processo di ricerca e riconoscendo, alla fine, di aver dato risposte sensate a tutta una serie di interrogativi che all'inizio non apparivano così interessanti come

invece sono diventati strada facendo. Insieme all'insegnante anche gli allievi hanno capito che motivazione, cognizione e metacognizione sono tre variabili del processo di apprendimento che devono 'viaggiare insieme' ed essere associate più volte e in varie combinazioni, come nel gioco *Numerando*, se vogliamo colpire ... il bersaglio delle competenze.

WORKSHOP 5 – SINTESI DEI LAVORI

BRUNETTO PIOCHI

Università di Firenze

La discussione è partita da una riflessione sul senso dell'insegnamento della Matematica. L'attività proposta, riguardando attività di calcolo, pone infatti il problema ineludibile di quale sia lo scopo dell'educazione matematica: posto che ormai sia superata (in teoria almeno ...) l'idea di questa disciplina come "far di conto", occorre capire come trasformare il calcolo da fine dell'apprendimento a strumento per costruire competenze matematiche e quali debbano o possano essere tali competenze.

Alla ricerca di un modo di promuovere l'apprendimento della materia, l'opinione condivisa dei partecipanti è stata quella che occorra sostituire a una "continuità didattica" basata sull'approccio alla matematica come scienza esaustiva, completa, trasmessa già univocamente e definitivamente strutturata, una continuità che trovi i suoi punti fermi in un approccio più significativo, costruttivo e coinvolgente. Occorre inoltre riuscire a realizzare una proposta, che soprattutto proponga un *metodo*, mettendo dunque in primo piano la componente metacognitiva dell'apprendimento accanto a quella cognitiva, e che coinvolga l'allievo in una serie di scoperte e riflessioni collegate ai concetti e alle competenze proposte. È sembrato infine assolutamente opportuno rimuovere la convinzione che fare matematica consista nel trovare l'*unica* soluzione corretta, da trovare mediante l'applicazione di procedimenti standard e formule di cui l'insegnante è depositario e quasi padrone.

Condivisa questa idea di fondo, l'illustrazione e la sperimentazione dell'attività hanno permesso di verificare come il *Numerando* possa rappresentare un valido strumento per promuovere quanto sopra. Infatti, proprio il meccanismo proposto permette di verificare con estrema naturalezza l'eterogenesi possibile di uno stesso risultato, come pure le qualità positive o negative delle diverse vie individuate. La matematica mette cioè in luce tutta la sua potenzialità creativa, invitando al tempo stesso a una critica costruttiva.

Inoltre è stato apprezzato il taglio ludico della proposta – aspetto non secondario del suo successo. La classe, infatti, vive, attraverso il gioco, il clima di un "laboratorio", di una ricerca dove il contributo di ciascuno è importante, dove non di rado uno dei non-considerati, proprio perché dotato di una capacità di pensiero divergente, assurge a ruolo di protagonista individuando la strada più efficace per arrivare al traguardo.

Questo aspetto laboratoriale (sottolineato anche dalle Indicazioni Nazionali MIUR del 2007) è centrale per raggiungere il conseguimento di abilità metacognitive. L'attività invita sia a pianificare sia a controllare i propri interventi; contemporaneamente permette all'insegnante (e in questo senso gli esempi proposti dalla relatrice hanno convinto tutti i presenti) di sfruttare le soluzioni individuate dagli alunni per stimolare una riflessione su concetti o proprietà non banali degli insiemi numerici.

Durante il dibattito è stata presentata da una delle insegnanti un'attività, ideata con la collaborazione entusiasta della sua classe (2^a media), che estende in senso geometrico la metodologia del *Numerando*. L'attività, recentemente validata dal Progetto Trio della Regione Toscana, parte da alcune figure elementari (rettangoli, trapezi, parallelogrammi, triangoli rettangoli con angoli di 45° o di 30° e 60°, ...) costruite a partire da un lato unitario assegnato, a cui viene preventivamente associata una cifra da 0 a 9. Con un meccanismo di estrazione del tutto simile a quello del *Numerando* viene realizzata una "figura bersaglio" assemblando tre figure elementari (con eventuale ripetizione); gli alunni dovranno poi riuscire a ricostruirla unendo figure simili a quelle corrispondenti alle cifre successivamente estratte. Rimandando il lettore al sito www.progettotrio.it per una descrizione completa dell'attività e per un resoconto della sua genesi didattica, voglio qui ricordare come la discussione abbia messo in luce che si tratta di un interessante modo di far giocare gli allievi con le figure geometriche, mettendo in campo sia la dinamicità di queste sia le proprietà basilari della similitudine (le figure possono essere ingrandite o rimpicciolite quanto si vuole per poterle assemblare, ma si devono conservare gli angoli e la proporzionalità fra i lati). Essa inoltre permette di richiamare in modo naturale le nozioni di area, perimetro, equivalenza e isoperimetria, avanzando ipotesi e provando a verificarle o confutarle.

La discussione ha anche evidenziato come il *Numerando* abbia fra i suoi effetti positivi quello di promuovere un rapporto corretto con la calcolatrice. A seguito di una specifica domanda su questo punto, la relatrice infatti ha riferito di aver alternativamente permesso o negato l'uso di questo strumento durante le diverse fasi del gioco, riflettendo poi con gli allievi sui vantaggi o meno di poterne disporre. Gli studenti stessi hanno evidenziato il ruolo proficuo della calcolatrice nel momento del calcolo e del controllo dei risultati (controllo a sua volta da "controllare" per evitare errori ovviamente sempre possibili), ma hanno anche dovuto convenire sulla negatività della stessa nella fase di progettazione del percorso. Infatti la calcolatrice in qualche modo invita a procedere per tentativi, mentre il successo in attività di questo genere è legato a un progetto di percorso di cui i calcoli permetteranno poi la concretizzazione.

In conclusione, il gruppo ha espresso l'apprezzamento generale per l'attività presentata e l'auspicio che simili proposte trovino sempre più spazio nella didattica in classe, potendo rappresentare una strada per realizzare quell'apprendimento della matematica che appare davvero necessario ai cittadini di una società che sempre di più avrà bisogno di capacità di riflettere e creare, piuttosto che di ripetere e applicare tecniche o risultati pre-confezionati.

WORKSHOP 6

*Scuola Secondaria II grado (scienze)***PERCORSO SULLE FORZE**

TANIA PASCUCCI

*Liceo Scientifico "F. Enriques", Livorno***1. Introduzione**

Questo lavoro nasce dall'esigenza di rinnovare l'azione didattica nell'insegnamento della Fisica, allo scopo di migliorare significativamente la qualità dell'apprendimento degli studenti. L'insegnamento tradizionale, di tipo prevalentemente trasmissivo, anche se eseguito con coscienza e professionalità, spesso conduce a risultati molto modesti: per esperienza personale, gran parte della classe si forma l'idea che i concetti scientifici abbiano un significato assoluto e inalterabile, comprensibile solo da una comunità d'iniziati e quindi praticamente inaccessibile agli studenti. Ricerche effettuate sulle modalità di apprendimento, condotte nell'arco degli ultimi venti anni, mostrano che fornendo una definizione scientificamente fondata di una grandezza non si elimina il problema: lo studente si troverà di fronte a dei veri e propri scogli concettuali tutte le volte che gli verrà proposta una riflessione che esula dal banale esercizio di *routine*.

Se si vuole intervenire in modo efficace sul sistema di apprendimento, bisogna progettare strategie didattiche mirate al superamento di tali ostacoli. In prima analisi il compito dell'insegnante deve essere quello di divenire sempre più consapevole di quali siano le rappresentazioni mentali e gli schemi concettuali che già sono posseduti dagli studenti e di come questi li utilizzino nell'interpretazione di un fenomeno.

Solo attraverso questa consapevolezza sarà possibile impostare un lavoro di vera e propria costruzione condivisa dei concetti, facendo capire agli studenti che la comprensione di un qualsiasi termine scientifico passa attraverso una successione evolutiva di significati, in cui si parte da un livello iniziale approssimativo ed intuitivo fino ad arrivare a livelli successivi di astrazione e sofisticazione.

Per questo la storia della scienza e del pensiero scientifico ci può venire in aiuto: ripercorrere con i nostri allievi i tentativi, gli sbagli, i cambiamenti di paradigmi che si sono succeduti nell'affermarsi di un concetto scientifico, può efficacemente aiutarli nel processo di *costruzione di conoscenza*; sapere che anche grandi pensatori hanno commesso errori d'interpretazione analoghi a quelli che loro fanno continuamente a scuola, può infonder loro coraggio. La storia della scienza vista non come una disciplina con contenuti da aggiungere a quelli scientifici, ma come guida di riferimento per la costruzione di una teoria scientifica, per ripercorrere l'impresa scientifica, riappropriandosi anche della sua dimensione umana.

Infine, per ciò che riguarda l'attività osservativa, esplorativa e di laboratorio va detto che l'*esperienza* è certamente fondamentale per capire meglio le idee scientifiche, ma da solo non basta: occorre anche favorire lo sviluppo dell'immaginazione. Ad ogni esperienza va attribuito un senso, condiviso con gli studenti, attraverso una discussione su come questi fatti sperimentali si collegano con le nuove idee. Inoltre, si devono scegliere "esperienze esemplari", non solo di supporto alla teoria, ma anche per l'interesse che esse hanno nella vita quotidiana.

2. Perché un percorso didattico sulle forze è metodologicamente innovativo?

Un insegnamento significativo della Fisica non può prescindere dalla costruzione condivisa dei concetti scientifici, che deve avvenire attraverso la riflessione, l'osservazione sperimentale, l'intuizione e la deduzione. Il concetto di *forza* si presta particolarmente bene a questo scopo per i seguenti quattro motivi.

- a) Si tratta di uno dei concetti fondamentali della fisica classica ed una sua comprensione più profonda aiuterà lo studente nel corso di tutto il suo percorso formativo. Di contro, come vedremo meglio in seguito, si tratta di una di quelle grandezze fisiche in cui gli schemi di senso comune posseduti dai ragazzi e in generale da non esperti sono particolarmente radicati e si discostano maggiormente dalla definizione scientificamente accreditata.
- b) È uno dei concetti che si incontrano per primi nella programmazione curricolare; se agli studenti viene proposto un percorso di questo tipo, diventeranno da subito consapevoli che la comprensione di ogni grandezza fisica richiede processi analoghi a quello di cui sono stati protagonisti; pertanto, difficilmente potranno in seguito accontentarsi di una definizione secca e frettolosa, non costruita, come di solito viene proposta nei manuali;
- c) Gli apparati sperimentali richiesti per un percorso di questo tipo, anche relativi ad esperimenti cruciali, sono facilmente reperibili in ogni laboratorio scolastico.
- d) Il percorso si presta molto bene a essere verticalizzato. È evidente che la prima parte del lavoro didattico potrebbe essere proposta, con qualche piccola ricalibrazione, anche a livello di scuola media. Sarebbe auspicabile che anche (e soprattutto) nella scuola media gli studenti divenissero protagonisti attivi di percorsi di apprendimento di questo tipo, volutamente più qualitativi, allo scopo di guidarli ad una interpretazione corretta dei fenomeni legati alla vita quotidiana, che solitamente vengono visti senza essere realmente osservati.

Inoltre la consapevolezza che, per comprendere il significato di un concetto scientifico, è sempre necessaria una costruzione di questo tipo, fornisce ai ragazzi gli strumenti per:

- capire che i concetti scientifici sono creati dall'intelligenza umana e non sono

qualcosa che è sempre esistito e che qualcuno scopre come si scopre una roccia o un reperto archeologico; pertanto il loro significato non è assoluto e inalterabile, ma si è modificato nel corso della storia della scienza;

- capire che la definizione accurata di un concetto scientifico affonda le radici nell'esperienza condivisa e nelle parole più semplici definite in precedenza, ovvero che prima c'è bisogno di un'idea e poi di un nome;
- metterli in guardia da chi introduce termini tecnici senza aver dato prima una definizione;
- comprendere la distinzione tra osservazione e deduzione – processi sempre presenti nella costruzione di una teoria scientifica;
- comprendere come l'attività scientifica sia un'impresa umana che avviene attraverso la collaborazione e la riflessione tra individui; l'attività svolta in classe diventa quindi una simulazione dell'impresa scientifica,
- capire che ci sono domande a cui la scienza può dare risposta (con quali modalità la gravità si presenta ai nostri occhi? Con quali metodi e strumenti posso cercare di interpretarla?), mentre ce ne sono altre che non hanno senso in ambito scientifico (che cos'è la gravità? Che cos'è la luce?)

3. Fase I: prime idee sulla forza

Per avere un'idea sufficientemente dettagliata degli schemi mentali degli studenti a proposito delle forze, è bene che tali schemi siano analizzati preliminarmente con un test d'ingresso, progettato in modo che gli alunni possano esprimere il proprio pensiero in situazioni che coinvolgono il concetto di forza. Per esperienza personale, ne risulta in genere una situazione piuttosto variegata, che va dal concetto di forza inteso come *sforzo*, che solo oggetti animati possono esercitare, alla forza come *impeto*, che viene posseduto da un corpo e via via si consuma man mano che il moto procede, e alla forza confusa con la *velocità* (concezione aristotelica). La forza come *interazione* sembra invece riscuotere minor successo nelle rappresentazioni mentali degli alunni. Gli abbozzi dei diagrammi di forza spesso mostrano ancora più chiaramente come, in generale, regni nella testa degli studenti una totale confusione. Il test può servire come base di partenza per impostare un lavoro di costruzione e riorganizzazione di questi schemi legati alla fisica ingenua. È utile che durante tutto il percorso gli studenti riflettano sulle risposte che avevano dato al test iniziale. Le discussioni collettive che ne scaturiscono confermano l'efficacia di un approccio metodologico di questo tipo, perché si riscontra, generalmente, che c'è stata una riorganizzazione del loro pensiero verso una direzione sicuramente più coerente e scientifica. Spesso gli studenti si trovano a fare dell'ironia su ciò che erano le loro pre-conoscenze sull'argomento, ma la dimensione storica presente nel percorso ha permesso loro di confrontarsi con i grandi pensatori del passato (Platone, Aristotele, Keplero, Newton) e questo confronto ha valorizzato il loro

modo di elaborare conoscenze, offrendo loro la possibilità di sbagliare e di imparare dai propri errori.

In questa prima fase si parte dalla condivisione dell'idea primitiva di forza come sforzo muscolare (visione animistica della forza, tipica degli albori della civiltà) per estendere, attraverso discussioni ed osservazioni qualitative, l'idea che anche oggetti inanimati come chiodi, muri, tavoli, o come pure la Terra, sono capaci di esercitare forze

Si cominciano ad analizzare gli effetti statici prodotti da forze su corpi deformabili ponendo l'accento sul fatto che ciò che è osservabile non è la forza in se ma l'effetto che essa produce su un corpo. In questo contesto si può introdurre il concetto di vincolo.

Uno degli aspetti innovativi di questo percorso è di far riflettere gli studenti sul concetto di peso (che solitamente fa già parte del bagaglio delle loro rappresentazioni mentali, essendo il peso un argomento che è stato affrontato anche nella scuola secondaria di primo grado) prima ancora che su quello di massa (inerziale), che scaturirà in modo naturale attraverso un'analisi del primo e del secondo principio della dinamica. Per tale motivo questa prima parte si innesta perfettamente in un'ottica di curriculum verticale.

I ragazzi verranno sollecitati a esplicitare le loro concezioni sul peso di un corpo, allo scopo di condividere l'idea di peso come forza perché anch'esso capace di indurre deformazioni su un corpo elastico. Il traguardo di questa prima fase è quello di costruire misuratori di forza, utilizzando pesi campione, ovvero: giungere a una *definizione operativa* della forza.

4. Fase II: forza come interazione

La seconda fase del percorso è particolarmente delicata perché si pone l'obiettivo di costruire e condividere con gli studenti il concetto moderno di forza inteso come interazione, che solitamente riscuote meno "successo" nelle rappresentazioni mentali degli allievi: basta pensare a come viene enunciato il terzo principio della dinamica dalla maggior parte degli studenti: spesso si tratta di una tiritera, imparata in modo dogmatico e mai pienamente compresa, visto che molti di loro spesso si confondono ritenendo che l'azione e la reazione siano applicate sullo stesso corpo.

È didatticamente conveniente, e soprattutto stimolante per la classe, ricordare come il concetto di forza si sia evoluto nel corso dei millenni, dagli albori della civiltà per arrivare alla moderna concezione di forza intesa come interazione, ripercorrendo insieme a loro le tappe principali. L'idea è di preparare gli studenti a non pensare in termini di qualcuno o qualcosa che compie un'azione su qualcos'altro, bensì a un'azione reciproca tra i corpi. Quindi vanno proposte osservazioni, tratte dalla vita quotidiana, invitando i ragazzi a inquadrarle in termini di interazioni. Contestualmente si cominceranno a tracciare i primi diagrammi di forza per le situazioni più semplici, avendo cura di separare gli oggetti per una maggiore chiarezza (ciò che sistematicamente non fanno invece quasi tutti i libri testo). L'importante è che gli studenti riflettano sul fatto che, per esempio, durante un urto, gli oggetti coinvolti si scambiano delle forze e che noi ne

riconosciamo l'esistenza attraverso l'osservazione delle deformazioni prodotte. A questo scopo ci sono delle foto molto utili che quasi tutti i testi riportano quando parlano della quantità di moto e degli urti. Per esperienza personale è significativo osservarle e discuterle in questo contesto; se il concetto di forza come interazione viene condiviso e consolidato, gli studenti arriveranno ad affrontare il principio della conservazione della quantità di moto con maggior consapevolezza.

Nello sviluppo di questa fase risulta particolarmente efficace suddividere i tipi di interazioni sperimentate in categorie (forze di contatto, interazioni a distanza, attive, passive). È stata prestata particolare cura a tale suddivisione, che ha impegnato le discussioni in classe per un tempo molto maggiore rispetto a quello che normalmente vi dedica anche un buon libro di testo. La suddivisione in categorie ha avuto il duplice vantaggio di aiutare gli studenti nelle loro successive stesure dei diagrammi di forza (che sono migliorati nel tempo, a livello generale, in maniera quasi sorprendente) e di scardinare il preconetto diffuso ricordato all'inizio secondo cui un oggetto inanimato non può esercitare una forza. Anche in questo caso è fondamentale ripercorrere le tappe storiche che hanno condotto all'idea di forza come interazione, anche a distanza. Questo è il momento di riflettere sul peso come forza d'interazione che i corpi scambiano con la Terra. La discussione può partire chiedendo ai ragazzi perché i corpi cadono? Poiché senz'altro qualcuno di loro risponderà: "Perché c'è la gravità", ciò fornisce lo spunto per una lettura in classe di un brano particolarmente significativo di Galileo, tratto dal *Dialogo sopra i due massimi sistemi*:

SIMPLICIO: La causa di quest'effetto (cosa è che muove verso il basso gli oggetti terrestri) è notissima, e ciaschedun sa che è la gravità.

SALVIATI: Voi errate, signor Semplice: voi dovevi dire che ciaschedun sa ch'ella si chiama gravità. Ma io non vi domando del nome, ma dell'essenza della cosa: della quale essenza voi non sapete punto più di quello che voi sappiate dell'essenza del movente le stelle in giro, eccettuatene il nome, che a questa è stato posto e fatto familiare e domestico per la frequente esperienza che mille volte il giorno ne veggiamo; ma non è veramente che noi intendiamo [...] Che principio o che virtù sia quella che muove la pietra in giù ...

I ragazzi dovrebbero comprendere che non è la parola "gravità" a spiegare tutto (anzi, il termine tecnico, in sé, non spiega un bel nulla) e anche dire che la Terra attira i corpi verso di sé significa solo che c'è un'interazione (di cui forse molti di loro hanno individuato solo una parte).

È il momento di proporre ai ragazzi l'idea che non è solo la Terra ad attirare i corpi, ma anche i corpi ad attirare la Terra: si solleciteranno quindi gli allievi ad inserire la Terra nei loro diagrammi di forza e a confrontarsi costantemente tra di loro.

Sarà utile insistere anche sulla differenza tra forze a distanza (gravitazionali, magnetiche) e di contatto, che non agiscono più quando cessa il contatto tra i corpi. Ciò ci sarà di notevole aiuto quando verrà introdotto il concetto di spinta iniziale.

La distinzione tra forze attive (trazioni o spinte esercitate da corpi animati e non, forze gravitazionali, elettriche e magnetiche) e passive (che nascono e si modificano in risposta a quelle attive, come quella dovuta alla deformazione di una molla, di un tavolo ecc.) servirà per riconoscere che la forza d'attrito fa parte della seconda categoria. Bisognerà far osservare che una forza passiva, come l'attrito, non può aumentare illimitatamente, perché l'aumento continua fin tanto che qualcosa non si rompe. Solo dopo un'ampia discussione, scaturita da osservazioni qualitative, si può introdurre la legge empirica dell'attrito ed inserire la forza d'attrito nei diagrammi di forza di situazioni statiche, con oggetti in procinto di muoversi.

Un'esperienza di particolare rilievo in questa costruzione del concetto di forza come interazione è quella relativa all'analisi quantitativa dell'interazione magnetica di due calamite. Si possono montare due calamite su due carrelli posti su una guida a basso attrito (non necessariamente deve essere quella a cuscino d'aria) e si misura con dei dinamometri la forza che ognuno di essi subisce per effetto dell'altro (vedi foto seguente).



L'esperienza permette di analizzare la forza magnetica e di inserirla a pieno titolo, insieme a quella di gravità, nel contesto delle interazioni a distanza. L'esperimento mostra che, anche quando i due carrelli hanno peso diverso e su di essi sono montati magneti diversi, le forze che questi si scambiano sono approssimativamente uguali. Nonostante che i risultati sperimentali ottenuti confermino le ipotesi formulate sulle interazioni tra corpi, non pochi studenti si stupiscono di fronte a queste misure: molti di loro continuano infatti a pensare che le forze tra i carrelli, se questi hanno peso diverso o se è montata su essi una diversa calamita, non coincidono.

A questo punto del percorso, dopo tutte le osservazioni, esperienze e riflessioni collettive viene naturale enunciare il terzo principio della dinamica nel seguente modo: *le forze sono interazioni che possono avvenire per contatto o a distanza, si manifestano sempre a coppie, agiscono su corpi diversi, con uguale intensità ma in versi opposti.*

5. Fase III: quando la spina iniziale cessa ...

La terza fase – come poi la quarta – deve condurre lo studente a riorganizzare nel proprio pensiero una visione corretta del concetto di forza. In quest'ottica, il tempo impiegato per le osservazioni e le riflessioni precedenti, che hanno portato all'idea di forza come interazione, permette una maggiore comprensione di concetti e fenomeni dinamici che solitamente si analizzano a livello di scuola secondaria superiore. Si può ora introdurre il concetto di “corpo isolato” come: a) un corpo che non interagisce, ovvero non è a contatto, con nessun altro corpo, ed è sufficientemente lontano da altri corpi con cui può interagire a distanza, b) un corpo per il quale (anche se interagisce con altri corpi) la risultante delle forze a esso applicate risulta uguale a zero. Si proporranno, in questo contesto, riflessioni collettive sul moto di un corpo sulla rotaia a cuscino d'aria. In alternativa si possono proporre filmati che illustrano esperimenti analoghi.

È necessario soffermarsi sul concetto di “spinta iniziale”, chiedendo alla classe che cosa si intenda con questo termine. In base a quanto precedentemente osservato sulle forze di contatto, non dovrebbe essere difficile far capire agli studenti che la spinta iniziale è una forza che agisce in un breve periodo di tempo (ad esempio, il tempo che un corpo sta a contatto con il corpo che lo sta spingendo). Se la forza agisce per un breve tempo, anche il suo effetto dovrà essere analizzato in questo breve intervallo di tempo. Gli alunni dovrebbero essere in grado di stabilire che l'effetto principale di tale forza è quello di portare la velocità del corpo da un valore zero ad un valore diverso da zero; ma quando c'è una variazione di velocità in un intervallo di tempo significa che c'è un'accelerazione (una minima padronanza dei concetti cinematici relativi al moto rettilineo è uno dei prerequisiti per lo svolgimento del percorso).

L'effetto di una forza è quindi un'accelerazione. Il risultato ottenuto con questo ragionamento è in sostanza il punto di vista sostenuto da Newton, in contrasto con la concezione aristotelica del moto che considerava la velocità come effetto di una forza applicata ad un corpo. Se chiediamo alla classe “che cosa succede quando la forza non agisce più?” gli studenti dovrebbero concordare sul fatto che, se la causa cessa, il corpo continuerà a muoversi alla velocità che aveva raggiunto nell'istante in cui la forza cessa di agire. Questo ragionamento è coerente con quello che si osserva con la rotaia o meglio l'osservazione della rotaia può essere re-interpretata in termini di queste nostre nuove concezioni.

Eseguendo le osservazioni, dovremo condurre gli allievi a pensare che non è importante chiedersi cosa mantiene un corpo in movimento, quanto piuttosto ricercare la causa che lo fa fermare. Sempre in maniera qualitativa si può cercare di capire la differenza tra l'effetto di una spinta iniziale (forza impulsiva) e una forza continua. A questo proposito, sarà utile mettere a confronto la concezione aristotelica del moto con quella galileiana e newtoniana, discutere della concezione “empirista” di Aristotele e arrivare alla conclusione che la differenza fondamentale tra Aristotele e Galileo sta tutta nel *modo* in cui si ponevano di fronte all'esperienza, cioè nel loro diverso apparato

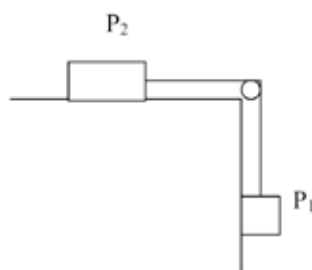
concettuale. Con la formulazione del principio d'inerzia, Galileo e Newton realizzano una vera e propria sfida all'idea aristotelica del moto naturale, affermando che lo stato di quiete e quello di moto rettilineo uniforme sono perfettamente naturali.

Questo può essere anche un primo momento per ridiscutere con gli allievi le loro risposte al test d'ingresso: molte loro preconcezioni possono essere infatti inquadrare in una visione aristotelica del moto. Gli studenti saranno quindi sollecitati a riorganizzare il proprio pensiero e vedranno valorizzate le loro rappresentazioni mentali. Dobbiamo far capire ai nostri studenti che, prima del percorso, il loro modo di interpretare la realtà era diverso, forse più ingenuo, ma non per questo meno dignitoso, visto che molti dei loro schemi mentali assomigliano a quelli di grandi pensatori del passato.

6. Fase IV: verso il secondo principio della dinamica

In questa fase si ricostruisce il concetto d'inerzia, attraverso un ragionamento molto simili a quello di Newton. È importante che di questo concetto non sia stato fatto uso nelle fasi precedenti: avrebbe dato spazio a numerosi fraintendimenti, dovuti alla confusione che di solito si fa tra concetti nel linguaggio comune. L'introduzione dell'inerzia in questa fase (e non prima) può essere efficace per rimuovere confusioni concettuali preesistenti, aiutando gli studenti a riorganizzare il proprio pensiero.

In primo luogo si propone una riflessione collettiva sull'apparecchio di Fletcher, che è la rappresentazione schematica della rotaia a cuscinetto d'aria su cui gli studenti andranno a sperimentare e verificare determinate ipotesi, che condurranno al secondo principio della dinamica.



Gli studenti sono sollecitati a disegnare le forze agenti sui due corpi. Si chiede poi se esiste un valore minimo di P_1 per cui il sistema si mette in moto. Sicuramente qualcuno risponderà in modo affermativo: questo è il momento di ripensare alle precedenti esperienze di cinematica con la rotaia (o in alternativa ai filmati sul moto già visti). Con queste riflessioni non dovrebbe essere difficile arrivare alla conclusione che in assenza di attrito, il sistema si mette in moto qualunque sia il valore di P_1 (anche con la forza di una pulce o il peso di un granello di sabbia). Vanno poi analizzati i diagrammi di forza per i corpi separati evidenziando come, tra la corda tesa e i corpi si stabilisca, in base al terzo principio, una coppia di forze. Può darsi che alcuni studenti pensino che la tensione T_1 sul corpo 1 sia uguale e contraria a P_1 , come si trattasse di una situazione di equilibrio. Ma il moto di questo sistema è uniformemente accelerato, mentre se T_1 fosse uguale a P_1 il moto potrebbe essere solo uniforme, come era stato ampiamente

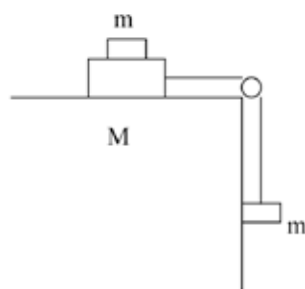
discusso nelle lezioni precedenti. Il ragionamento nel suo complesso conduce quindi alle seguenti conclusioni: a) il sistema in esame si mette in moto per qualunque valore di P_1 ; b) $P_1 > T_1$; c) $T_1 > T_2$.

Nelle lezioni successive dobbiamo considerare il principio d'inerzia come la tendenza dei corpi a mantenere il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme in assenza di forze. Si può ragionevolmente definire l'inerzia come una proprietà comune a tutti i corpi: una volta messi in moto, essi continuano a muoversi a velocità costante a meno che una forza esterna non imponga un cambiamento. L'obiettivo è adesso quello di mettere a confronto le inerzie di vari corpi. Se l'inerzia è una sorta di resistenza che un corpo oppone quando dall'esterno si tenta di modificarne la velocità è vero che tale resistenza non è la stessa per tutti i corpi. Se si vuole conferire la stessa accelerazione a una monetina o ad una nave, occorrono forze notevolmente diverse. Molti studenti sono convinti che l'inerzia di un corpo sia legata al suo peso (mentre tenteremo di far capire, alla fine del percorso, che è piuttosto il peso, in quanto forza, che è legato dinamicamente all'inerzia).

Per evidenziare come l'inerzia sia qualcosa di profondamente diverso dal peso si possono fare esempi di moti su un piano orizzontale senza attrito, in cui il peso non ha alcuna influenza sul moto, visto che è equilibrato dalla reazione del piano. Con altri esempi (corpi isolati che non hanno un peso ma hanno sicuramente un'inerzia) si può rinforzare l'idea che peso e inerzia siano concetti profondamente diversi. Ci si può soffermare sulla distinzione che Newton fa nei *Principia* tra forza 'innata', come potenza a resistere (proporzionale alla quantità di materia) e forza impressa, azione esercitata su un corpo al fine di modificare il suo stato di riposo o di moto uniforme in linea retta. Questa forza 'innata', quale proprietà intrinseca della materia, è ciò che chiamiamo "massa". *Ammettiamo poi che corpi dello stesso materiale di ugual volume abbiano la stessa massa.*

È molto probabile che qualche studente puntualizzerà che tali corpi, sulla Terra, avranno anche lo stesso peso. L'osservazione è corretta e può essere facilmente verificata attraverso la bilancia a bracci uguali. Si puntualizzerà come da un confronto di forze peso, sulla Terra, possano essere confrontate anche le masse. Gli studenti cominceranno a essere più consapevoli dei motivi per cui questi concetti tendono a essere confusi. La proporzionalità diretta tra massa e peso ci permette, se vogliamo, anche di usare le stesse unità di misura per le due grandezze (ma è bene non dare troppa enfasi a questo fatto e mantenere unità distinte).

Ritornando all'apparecchio di Flechter, ci si chiede qual è l'inerzia che contrasta la forza P_1 . Per quanto detto, tutti e due i corpi offriranno resistenza, pertanto l'inerzia totale sarà la somma delle due loro inerzie. L'apparato sperimentale è quello classico della rotaia a cuscinio d'aria, schematizzato in figura; anche l'esecuzione delle misure si discosta solo in parte da quella canonica. È però significativamente diverso l'apparato concettuale con cui gli studenti si pongono di fronte alle misure (sicuramente hanno meno equazioni in testa).



Avevamo a disposizione 5 diverse masse campione m identiche tra loro, collocabili sul carrello di massa M , ma anche attaccabili al filo verticale. Spostando i campioni di massa in una o nell'altra posizione si può far variare la forza, tenendo costante la massa del sistema. L'analisi quantitativa, che può essere eseguita con una certa precisione, mostra come la forza applicata sia direttamente proporzionale all'accelerazione subita. Poiché in questa esperienza ciò che non è variato è la massa del sistema, possiamo anche identificare la costante di proporzionalità tra forza F ed accelerazione a con la massa, facendo rilevare che ciò che abbiamo osservato è coerente con una legge del tipo $F = M'a$ (ipotesi), con M' inerzia totale del sistema. Per avere una ragionevole verifica di una legge di questo tipo si può tener costante la forza e vedere che massa e accelerazione sono inversamente proporzionali. Bisogna però che in questo caso sia nota la massa del carrello, per lo meno in termini di unità campione. Misurando la massa del carrello si ripete l'esperienza facendo variare la massa del sistema. La relazione $F = ma$ risultata eccellentemente soddisfatta entro gli errori sperimentali. È quindi arrivato il momento di applicarla a numerosi esempi pratici.

7. Una lezione sulle forze come interazioni

Questa lezione segue quella in cui la forza è stata definita operativamente attraverso le deformazioni che essa produce nei corpi elastici (molle). L'idea non è certo nuova: già Platone concepiva la gravità come *la tendenza del simile ad attrarre il simile*; e Posidonio, appartenente alla scuola degli stoici, intendeva la forza come qualcosa che mette in relazione due oggetti, una "simpatia". (È probabile che l'idea della simpatia provochi ilarità nella classe). A questo punto è utile far sperimentare i ragazzi con alcune calamite per vedere quanto "si stanno simpatiche" e sollecitarli a dare un'interpretazione grafica di questa "simpatia".

Quelle antiche idee vengono riprese da Keplero: sua è l'idea che quando una pietra viene attratta dalla Terra, è anche la Terra che viene attratta dalla pietra. Ricordiamo che la stessa forza, applicata su corpi diversi, può produrre effetti diversi. In fondo siamo alla ricerca, come lo erano gli antichi scienziati, di un modello con il quale riuscire ad interpretare i fenomeni che ci circondano. In analogia con la schematizzazione che abbiamo fatto per le due calamite, come potremo rappresentare la situazione pietra-Terra?

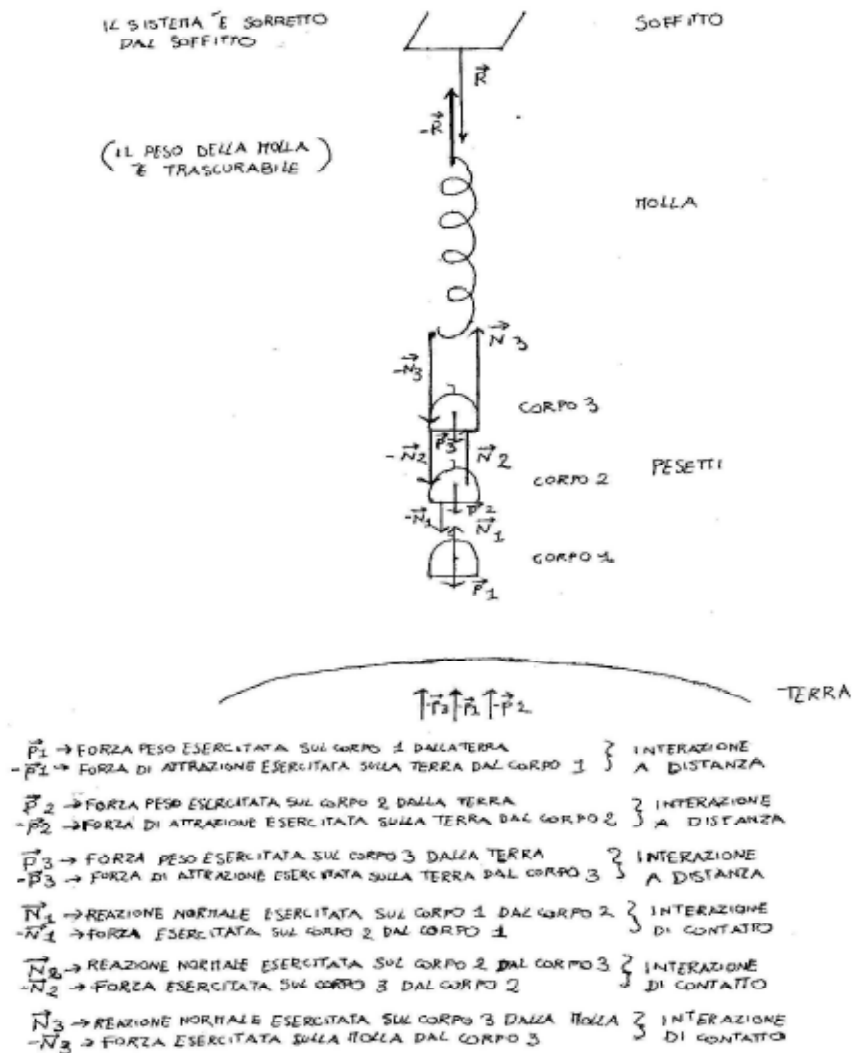
Vediamo adesso altri esempi. *Due sfere che si urtano tra di loro*: che cosa succede durante l'urto? La risposta che dovrebbe venir fuori è che durante l'urto le sfere si

scambiano delle forze. Come è possibile verificarlo sperimentalmente? (Proporre qualche foto in cui sono ben visibili le deformazioni prodotte da corpi urtanti.) *Pallina che rimbalza sul suolo*: è molto probabile che alcuni studenti abbiano difficoltà a pensare che il suolo si deformi. Possiamo aiutarli pensando a rimbalzi su membrane via via sempre più rigide. *Un corpo appeso ad una molla*: le interazioni analizzate sono uguali in intensità? L'esempio della molla mostra che ciò è ragionevole. A questo punto è opportuno riproporre una domanda del test d'ingresso, con riferimento a un urto fra un camion e una piccola automobile.

Un grosso camion urta frontalmente contro una piccola automobile. Durante l'urto

- a) il camion esercita sull'automobile una forza maggiore di quella che l'automobile esercita sul camion;
- b) l'automobile esercita sul camion una forza maggiore di quella che il camion esercita sull'automobile;
- c) nessuno dei due veicoli esercita una forza sull'altro; l'automobile resta schiacciata semplicemente perché si trova il camion davanti;
- d) il camion esercita una forza sull'automobile, la quale non esercita nessuna forza sul camion;
- e) il camion esercita sull'automobile la stessa forza che l'automobile esercita sul camion.

Si concorda con gli studenti che nel modello sia attribuita alle forze d'interazione la stessa intensità. Si assegna per casa la stesura di semplici diagrammi di forza, invitando i ragazzi a separare gli oggetti e a dare una descrizione verbale di ciascuna forza che agisce. Alla fine del percorso, gli studenti dovrebbero essere in grado di fornire diagrammi di forza come quello illustrato di seguito:



Traendo spunto da un articolo apparso sulla rivista dell'AIF (Associazione Insegnanti di Fisica) ho indicato la coppia azione-reazione come *forze gemelle*. Così, quando i ragazzi disegnano una forza, sono sollecitati a scoprire dove si trova la sua gemella (che deve essere sempre da qualche parte). Le osservazioni fatte portano a concludere che si possono avere due tipi di interazioni: quelle che avvengono per contatto tra i due corpi, come negli urti, negli appoggi, negli agganci, ma anche a distanza come la forza elettromagnetica e quella gravitazionale. *Perché i corpi cadono, ovvero, cos'è la gravità?* I critici di Newton lo accusarono di aver conferito alle forze qualità occulte, mentre coloro che abbracciarono la sua visione alla fine ignorarono il problema, diventando più newtoniani dello stesso Newton, tant'è che all'inizio del Novecento Ernst Mach ebbe a dire: "l'inconsueta incomprensibilità divenne una comune incomprensibilità".

WORKSHOP 6 – SINTESI DEI LAVORI

ELEONORA AQUILINI

Progetto Educazione Scientifica, Regione Toscana

Al lavoro di gruppo hanno partecipato dieci insegnanti, quasi tutti provenienti da Istituti Tecnici e Professionali. In qualità di coordinatrice ho introdotto i lavori mettendo in luce le finalità del Progetto TRIO della Regione Toscana, rivolto all'educazione scientifica, e sottolineando la necessità di innovare l'insegnamento scientifico, solitamente basato sulla scansione che propongono i libri di testo, dunque sotto forma di resoconto della scienza "finita". È importante che invece si colgano i processi vivi del *fare scienza* adottando metodologie più coinvolgenti, che inducano gli studenti ad amare la scienza.

Si ritiene, in base anche a considerazioni provenienti dalla psicologia e dalla pedagogia del Novecento, che metodologie induttive, le quali indaghino fenomeni non troppo carichi di teoria, siano le più efficaci nel primo ciclo, mentre, per quanto riguarda la scuola secondaria di secondo grado, il maggiore grado di complessità dei problemi trattati richiede una contestualizzazione storica ed epistemologica, che dia senso a quanto viene presentato a studiato. Anche in questo caso si tratta di lavorare seguendo una didattica laboratoriale che evidenzi i passaggi cruciali della scienza che si sta cercando di comprendere. Il progetto TRIO per l'educazione scientifica adotta quindi criteri diversi per il primo ciclo e il secondo ciclo, benché in ciascun caso questi criteri restino basati sulla significatività e sulla comprensibilità dei temi trattati.

L'esposizione di Tania Pascucci del percorso, rivolto al biennio, su "forza come interazione" ha evidenziato i seguenti aspetti innovativi sul piano metodologico: importanza di tener conto delle rappresentazioni mentali degli studenti, costruzione condivisa dei concetti scientifici, uso della storia come strumento didattico. Il percorso sulle forze prevede quindi un'analisi delle rappresentazioni mentali del concetto di forza, il concetto di forza come interazione, il primo principio della dinamica, il secondo principio della dinamica; si chiarisce, inoltre, che si vuol costruire, partendo dal concetto di peso, il concetto di massa; le forze sono viste come cause di deformazione; si stabilisce che anche il peso è una forza e la forza viene definita operativamente con la taratura di un dinamometro. Dopo l'esposizione generale di Pascucci sono state fatte alcune domande per capire meglio se il concetto di forza come vettore era già stato introdotto preventivamente, quali unità di misura si usano e come si opera in classe. La sensazione che si ha è quella che i partecipanti al workshop facciano fatica a distaccarsi da schemi consolidati di insegnamento della fisica.

La seconda parte del workshop ha riguardato la lezione sulle forze come interazione. La storia della scienza funziona come stimolo iniziale per guidare gli studenti allo schema scientifico corretto: si inizia con il concetto di attrazione come tendenza del

simile che attrae il simile e come “simpatia” (Posidonio), per arrivare a Keplero, con la reciprocità dell’attrazione fra la Terra e una pietra; si passa poi a esperimenti come quelli fra sferette che si urtano e quelli su oggetti appesi alle molle (legge di Hooke). La conclusione è che si hanno due tipi d’interazione: quelle per contatto e quelle a distanza. È di particolare significatività anche la parte sulla gravità, la cui natura rimaneva un mistero anche per Newton.

Le domande a seguito della lezione hanno riguardato la modalità di costruzione del percorso. Pascucci ha risposto che è stato necessario un anno di ricerca-azione in un gruppo di lavoro costituito da fisici. Un problema posto ha riguardato i tagli del programma che vengono fatti per svolgere in maniera approfondita argomenti come questo. Ci sono state poi domande che, pur apprezzando il percorso, esprimevano la richiesta di accelerare alcune procedure didattiche per arrivare prima alle conclusioni. Secondo uno degli insegnanti, legato ai modi tradizionali d’insegnamento della fisica, un po’ di nozionismo talvolta non guasta. Un’altra questione sorta è che un’impostazione di questo tipo può creare problemi alla classe se l’anno successivo l’insegnante cambia e si aspetta “altro” in termini di programma. È stato risposto che gli argomenti fatti in modo significativo hanno valore perché rimangono come patrimonio culturale. Pascucci ha anche sottolineato che c’è stata collaborazione con gli insegnanti di scienze e di filosofia. Da parte dei partecipanti al workshop c’è stato comunque apprezzamento per il percorso didattico proposto ed alcuni insegnanti hanno riferito di insegnare in modo analogo per quanto riguarda l’uso della storia della scienza. Allo stesso tempo, si è sottolineata da parte del gruppo l’importanza dell’uso del laboratorio.

È emersa la necessità di verificare se gli studenti che hanno seguito percorsi didattici con una simile impostazione siano avvantaggiati nel seguito degli studi e nella vita da cittadini. Una verifica “statistica” è difficile da pensare e da realizzare anche perché sono pochi gli insegnanti che lavorano in questo modo. Si è ritenuto fondamentale che esperienze di questo tipo vengano fatte conoscere agli insegnanti. A tale proposito si è fatto riferimento al sito del Progetto TRIO come utile strumento di divulgazione di queste esperienze.

WORKSHOP 7

*Scuola Secondaria II grado (matematica)***DEFINIZIONI E PUNTI DI VISTA SULLA PROBABILITÀ**

IVAN CASAGLIA

*Liceo Scientifico "Castelnuovo", Firenze***1. Caratteri del percorso didattico sul calcolo delle probabilità**

Il percorso didattico è stato sperimentato in una classe quarta del liceo scientifico (Piano Nazionale Informatica) con l'obiettivo: (I) di avvicinare gli studenti al concetto di probabilità in una prospettiva che tenesse conto della storia del calcolo delle probabilità; (II) di valorizzare il dibattito intorno al significato e all'interpretazione della probabilità che ha accompagnato lo sviluppo della teoria matematica; (III) di mettere a confronto, anche attraverso l'esame di alcuni casi paradossali, le nostre concezioni spontanee intorno alla probabilità, e le decisioni che ne conseguono, con le conclusioni della teoria.

La probabilità, nell'ambito dell'insegnamento matematico, è forse il tema che si presta maggiormente a un approccio di tipo *fenomenologico-induttivo*, proprio per i problemi che ne hanno provocato la nascita e ne hanno promosso lo sviluppo. Ma il modo in cui il calcolo delle probabilità viene proposto nella scuola italiana (*quando* viene proposto, poiché resta molto spesso l'argomento più trascurato dell'insegnamento matematico) è quello di un resoconto di proprietà e risultati da applicare in contesti spesso ristretti (si pensi alle estrazioni di biglie da un'urna). Inoltre, la via privilegiata è quella di una presentazione in forma assiomatico-deduttiva (in modo più o meno esplicito, più o meno rigoroso e chiaro). Anche quando si fanno dei richiami storici è solo per proporre problemi interessanti ma quasi mai per capire come, dall'esame di quei problemi, sia nato e si sia sviluppato il calcolo della probabilità.

In questo senso lo spazio dedicato, ad esempio, al confronto tra le diverse *definizioni* di probabilità è molto limitato: l'argomento è affrontato in modo sbrigativo, sottolineando che le diverse *definizioni* di probabilità non sono altro che *valutazioni* utili in diversi contesti applicativi – una soluzione comoda per sgombrare il campo da ogni possibile perplessità interpretativa, ma del tutto inefficace rispetto alla necessità di far capire davvero cosa significa *valutazione* di una probabilità.

Il percorso che invece ho illustrato nell'ambito di questo workshop attraversa le diverse *definizioni* di probabilità (classica, statistica, soggettiva), indagando le concezioni che le hanno prodotte, per giungere, solo alla fine, ad una definizione assiomatica. Le diverse tappe in cui è articolato il percorso hanno una struttura comune. Lo studio di una *definizione* di probabilità, o quello di una proprietà particolarmente significativa come la legge di Bayes, è aperto dall'esame di uno o più problemi.

I problemi da cui partire possono essere diversi. Nell'ambito della definizione classica, ad esempio, sono quelli incontrati nella lettura di alcuni documenti storici: una lettera di Galileo sul gioco della *zara*, alcuni passi dell'epistolario tra Pascal e Fermat sul problema dell'*arresto*, in cui si manifestano i problemi che hanno provocato la nascita del calcolo delle probabilità. Questo tra l'altro consente agli studenti di rendersi conto direttamente di un fatto molto importante e cioè che, anche nella matematica, i problemi nascono prima delle teorie, e consente anche di vedere come si possano affrontare problemi significativi sulla probabilità senza una nozione esplicita di probabilità! In altri casi, come ad esempio nella scoperta della legge di Bayes, l'attività parte dallo studio di un esempio nel quale la nostra intuizione può condurre a trarre conclusioni sorprendentemente errate. Si tratta del cosiddetto *sofisma del giurato* (tratto da M. Piattelli Palmarini, *L'illusione di sapere*) nel quale, sulla base di certe informazioni, si chiede di stimare la probabilità che l'imputato di un processo sia effettivamente colpevole. Le stime spontanee sono diverse, e nella maggior parte dei casi, molto lontane dal vero. Sorge quindi l'esigenza di passare da queste stime qualitative al calcolo effettivo ed è in questa fase che gli studenti possono essere guidati a scoprire, in modo autonomo la legge di Bayes che permette quel calcolo, consente di smentire le stime iniziali e poi potrà essere utilizzata nell'esame di molti altri problemi interessanti.

Una volta formulata una delle possibili *definizioni* di probabilità, se ne studiano le proprietà e se ne apprezzano le possibili applicazioni, fino a incontrare situazioni che quella *definizione* non è in grado di descrivere, problemi che non è in grado di risolvere e che impongono una sua correzione o il suo superamento.

Il passaggio conclusivo alla definizione assiomatica di probabilità è reso possibile dalla constatazione che le proprietà formali della probabilità sono le stesse nelle diverse *definizioni* e, soprattutto, dall'aver maturato la convinzione, con lo studio della probabilità soggettiva, che siano possibili diverse (e coerenti) valutazioni della probabilità.

2. Considerazioni sul piano metodologico

Il percorso è stato progettato e realizzato con l'obiettivo di far partecipare gli studenti al processo di costruzione di un concetto articolato di probabilità. Ogni tappa del percorso, perciò, è partita dall'esplorazione di problemi e ogni studente, sollecitato dalla formulazione di precise domande, è stato impegnato nella registrazione delle proprie riflessioni, nel confronto argomentato con il punto di vista degli altri compagni e dell'insegnante, per approdare infine alla formulazione di una sintesi comune.

Si è già fatto riferimento alle nostre intuizioni intorno alla probabilità. Un insegnamento scientifico che si proponga di realizzare apprendimenti duraturi e consapevoli non può non tenere conto di queste concezioni.

Il ricorso al confronto tra i comportamenti spontanei di fronte all'incertezza e ciò che lo studio della probabilità suggerisce, si è rivelato uno strumento utile dal punto di vista didattico. L'esame dei dilemmi e dei paradossi che scaturiscono dal confronto hanno permesso infatti, agli studenti di scoprire che la probabilità coinvolge qualcosa

di 'personale': qualcosa che ha a che fare col proprio modo di vedere e di comportarsi di fronte all'incertezza.

Il percorso è stato svolto in ambito prevalentemente matematico, ma ciò non ha impedito di coinvolgere altri insegnanti (e altri insegnamenti) nella riflessione sul significato della probabilità e sulla sua portata concettuale. Quelle che nel percorso sono state indicate come *finestre* hanno costituito momenti di arricchimento e di approfondimento sui temi trattati, favorendo la consapevolezza del ruolo che la probabilità ha assunto anche in altri contesti conoscitivi.

WORKSHOP 7 – SINTESI DEI LAVORI

ALBERTO PERUZZI

Comitato scientifico di Pianeta Galileo

Il workshop relativo alla matematica è partito da un'esperienza didattica condotta da Ivan Casaglia ed esposta nella relazione d'apertura. Casaglia ha dato un esempio di come fare una lezione sulla probabilità e ha accompagnato la ricostruzione dell'esperienza con una riflessione sulle motivazioni e sui risultati. Così facendo, è stato colto pienamente lo spirito di queste *Prove d'orchestra*.

Casaglia ha illustrato in maniera molto chiara le linee-guida di un *pregevole* progetto di didattica innovativa concernente l'introduzione del calcolo delle probabilità nel curriculum della scuola media superiore (ora secondaria di secondo grado ... e fra poco avremo la ridenominazione dell'università come terziaria di primo grado, o secondaria di terzo grado, o primaria di quarto). Un progetto è pregevole non perché innovativo, ma piuttosto varrà la pena considerarlo "innovativo" perché è pregevole – e il valore del progetto portato avanti da Casaglia è stato ampiamente riconosciuto nel workshop. Una memoria al riguardo, redatta dallo stesso Casaglia, era stata messa a disposizione dei partecipanti al workshop ed è tuttora accessibile visitando il sito del CIDI. Il testo in questione s'intitola "Pensare e misurare l'incertezza. Un approccio narrativo a definizioni e punti di vista sulla probabilità" e vi si possono trovare descritte in dettaglio le varie fasi in cui si è articolato il progetto didattico.

Dopo aver spiegato le caratteristiche dell'esperienza, sono stati resi espliciti da parte di Casaglia i principi metodologici che l'hanno guidata. Nel corso dei lavori del workshop i partecipanti si sono soffermati sul contenuto specifico di vari temi che confluiscono nell'esperienza didattica (limiti, algebra di Boole, concetto di infinito, ecc.) sulla difficoltà di alcuni passaggi, sui problemi proposti agli studenti. Si è infine aperta un'ampia discussione sugli aspetti metodologici e sulle esigenze curriculari dell'insegnamento della matematica nella scuola secondaria superiore. A questa discussione hanno partecipato in maniera vivace e propositiva tutti quanti i numerosi docenti di matematica iscritti al workshop.

Accanto all'apprezzamento generale nei confronti dell'esperienza svolta da Casaglia, della sua strategia e dei risultati da essa conseguiti, sono stati manifestati dubbi sulla possibilità, in concreto, di ripetere esperienze simili nei normali curricula degli istituti d'istruzione superiore. I vincoli costituiti dall'ampiezza dei programmi ministeriali e dagli argomenti che poi, presumibilmente, saranno oggetto della prova d'esame di maturità sembrano, a parere di molti docenti di matematica, un ostacolo insormontabile a questa e ad altre analoghe esperienze didattiche che, per essere efficaci, hanno bisogno di molte ore di lezione e di una notevole quantità di tempo che gli studenti devono dedicare alla soluzione dei problemi, proposti non come esercizio accessorio.

D'altra parte, i presenti sono stati d'accordo che un'esperienza di tale qualità non si può accantonare in nome dei suddetti vincoli. Sono stati allora avanzati suggerimenti circa la possibilità di ridurre la gamma dei contenuti da trattare e, oltre a segnalare l'esigenza di colmare una serie di lacune nelle conoscenze matematiche degli studenti, affinché si possa affrontare l'argomento, i partecipanti al workshop hanno collaborato nell'individuazione dei presupposti, ovvero dei concetti indispensabili che dovrebbero già esser stati acquisiti per iniziare un efficace percorso didattico sul calcolo delle probabilità. Alcuni hanno osservato che un simile percorso potrebbe anche costituire un modo alternativo per acquisire quei presupposti. Questa mi sembra una considerazione particolarmente interessante: l'idea è che la probabilità aiuti a capire concetti che in senso stretto non hanno a che fare con la probabilità.

Dalla discussione è emersa anche una concorde opinione dei docenti su tre punti di carattere più generale: 1) l'utilità di inserire riferimenti storici nella presentazione di argomenti e risultati matematici e scientifici, in questo caso relativi alla probabilità, evitando l'effetto "medaglione" (e ciò per illustrare sia il contrasto fra concezioni ingenuie e non-ingenuie sia il divenire delle conoscenze a partire da problemi), 2) l'utilità di momenti di riflessione sui concetti di fondo e sul senso dei principi (il caso della probabilità è, in questo senso, paradigmatico), e infine 3) l'utilità di collegare direttamente i due punti precedenti all'attività di soluzione di problemi. Del resto, una delle idee-guida dell'esperienza era proprio quella di partire dai problemi per arrivare alla teoria, invece di fare l'inverso – con le soluzioni in appendice al manuale ... Da ultimo sono stati fatti anche alcuni esempi di argomenti, relativi all'algebra, all'analisi, alla teoria degli insiemi e alla geometria, nella trattazione dei quali un approccio come quello sviluppato da Casaglia potrebbe risultare proficuo.

WORKSHOP 8

*Scuola Secondaria II grado (filosofia)***LA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA**

MARCO SALUCCI

*Liceo Scientifico "Gobetti", Firenze***1. Presentazione**

Mi è stato chiesto di simulare una lezione di filosofia davanti a colleghi allo scopo di suscitare un dibattito sulla didattica della disciplina. Mi è stato anche indicato di dividere il mio intervento in due parti: la prima dedicata a una breve presentazione dei presupposti metodologici e curricolari della lezione, la seconda alla lezione vera e propria. Al riguardo, sono stato incerto se utilizzare una presentazione con videoproiettore: se dobbiamo simulare una lezione di fronte agli studenti allora la tecnologia più evoluta di cui posso avvalermi non può essere che una lavagna e del gesso. Dal momento, però, che i partecipanti al workshop non disponevano del libro di testo allora mi è sembrato opportuno e legittimo usare qualche diapositiva per visualizzare i passi dei testi che utilizzerò.

Di solito negli incontri dedicati alla didattica si parla di didattica, intendendo la didattica come una metodologia separata dal contenuto. Non sarà il nostro caso. E ciò è perfettamente chiaro agli organizzatori di questo incontro: quel che hanno chiesto non è un intervento sulla didattica ma una lezione, cioè la presentazione di un contenuto determinato. Sono del tutto convinto dell'oziosità della discussione sulle didattiche separate dai contenuti; sarà una banalità ma mi pare che troppo spesso pedagogisti e riformatori scolastici dimentichino che non si può sapere come insegnare qualcosa senza sapere cosa si deve insegnare. Ci sarà allora una specifica didattica della letteratura, della fisica, della matematica e della filosofia. Sennonché per la filosofia la faccenda si complica. Sono anni che si discute se si debba adottare un approccio storico, teoretico o problematico all'insegnamento della filosofia. Non se n'è venuti a capo, e in ciò credo ci sia una morale: tutti questi approcci possono essere utilizzati – dipende dal contenuto, appunto.

La filosofia è un'impresa sia storica, sia teoretica, sia problematica. La morale che si può trarre dal più recente dibattito sulla didattica della filosofia, e dal fatto stesso che il dibattito continui, è che non basta un solo metodo d'insegnamento per sfruttare appieno le potenzialità formative della disciplina. Le impostazioni storiche o problematiche; la presentazione in forma antologica o 'narrativa'; l'approccio disciplinare o interdisci-

plinare: sono tutte opzioni che *da sole* non sono risolutive delle esigenze e dei problemi che s'incontrano nell'esperienza concreta del lavoro in classe. Caso per caso, nel vivo dell'interazione quotidiana con gli alunni, si tratterà piuttosto di trovare le misure e i 'dosaggi' giusti. E non è detto che siano gli stessi per tutti i docenti, o anche per uno stesso docente in situazioni diverse. In sintesi, direi che ci sono quattro possibilità: la narrazione di un'epoca che si sviluppa secondo una prospettiva storica, inquadrando autori e correnti filosofiche nell'atmosfera culturale propria di ogni epoca; la presentazione del pensiero di un singolo autore; la lettura e il commento di brani più o meno ampi dei testi originali; l'esame delle questioni, dei temi o dei problemi classici e spesso tuttora dibattuti della filosofia, mettendo a confronto, per ognuno di essi, la varietà delle tesi sostenute e delle soluzioni proposte. Ho cercato, insieme ad altri, di mettere in pratica tale prospettiva in un manuale edito recentemente, dal quale sono tratti alcuni brani della parte seconda.

2.L'argomento della lezione

Nel contesto di quest'incontro mi è sembrato naturale presentare una lezione sulla rivoluzione scientifica del XVII secolo. Si tratta di un argomento prezioso non solo le sue ovvie aperture interdisciplinari – tutti gli argomenti lo fanno! – ma soprattutto perché tali aperture guardano alla scienza naturale. Uno dei limiti dell'insegnamento della filosofia mi pare consista nella tendenza a considerare la filosofia una materia "letteraria".

La lezione è rivolta a una classe del penultimo anno del liceo (IV scientifico o II liceo classico). Nello svolgere l'argomento adatterò principalmente due dei quattro approcci sopra ricordati: quello storico e quello teoretico-problematico. Anzi (e questo – q.e.d. – dipende dal contenuto) nel caso specifico l'approccio teoretico è preliminare a quello storico. È decisivo capire tale fatto perché coinvolge non solo la didattica della filosofia ma della scienza in generale. Mettiamo da parte la questione, pur urgente, della disaffezione delle nuove generazioni nei confronti dello studio e consideriamo i soggetti più motivati e capaci: se qualcosa non funziona con loro a maggior ragione non funzionerà con tutti gli altri. La maggioranza degli allievi bravi spesso sono tali solo perché si sono rifugiati nel nozionismo: ripetono una serie di nozioni che hanno imparato in modo acritico. Uno degli elementi su cui bisogna riflettere è il fatto, direi antropologico e psicologico prima che culturale, che noi siamo, dal punto di vista scientifico, spontaneamente aristotelici. Le modalità percettive e le strategie cognitive di cui gli esseri umani sono dotati danno una rappresentazione del mondo che è molto lontana dalla scienza moderna: una rappresentazione ben studiata in letteratura e che è nota come "fisica ingenua". Siccome la fisica aristotelica è fondata sulla fisica ingenua ecco che Aristotele ci sembra molto più plausibile di Galileo. Quando studiamo la scienza moderna dobbiamo combattere contro l'Aristotele che è dentro ognuno di noi. Lo studio della nascita della scienza può diventare un'introduzione alla scienza. Insomma nel ripercorrere le tappe della nascita della scienza non possiamo fornire solo una serie di nozioni teoriche e storiche, dobbiamo fare molto di più: rendere gli studenti

consapevoli di quanto e del perché sono sbagliate le loro idee spontanee che hanno sul mondo fisico. È solo così, confutando l'Aristotele che è in noi che possiamo far nascere un Galileo.

In quanto detto credo che siano chiari gli aspetti metodologici (lezione frontale con lettura e commento di testi: non perché sia la migliore metodologia possibile ma perché, di norma, è quella più praticabile e praticata) e curriculari (penultimo anno del liceo, sono presupposte nozioni base della filosofia aristotelica e della fisica). L'esperienza concreta che ho maturato nella presentazione agli studenti dell'argomento mi permette di dire che sono riuscito a suscitare un interesse e un'attenzione vivaci (punto di forza), ma che, alle successive verifiche, la maggior parte degli allievi non riusciva ad andare oltre il nozionismo; forse sconto qualche difetto di chiarezza? Credo però che gran parte di valutazioni del genere siano da riservarsi al dibattito in questo workshop e in primo luogo alle impressioni che i partecipanti hanno ricavato dall'esposizione (mi riferisco in particolare ai punti di forza e di debolezza).

3. Lezione simulata

La (prima) Rivoluzione scientifica si colloca tra la metà del XVI sec., l'epoca di Copernico, e i primi anni del XVIII, l'epoca di Newton. Più esattamente fra la pubblicazione dell'opera di Copernico, il *De revolutionibus orbium coelestium* del 1543, e quella del capolavoro di Newton, i *Philosophiae naturalis principia mathematica* avvenuta nel 1687. L'astronomia è il motore della rivoluzione scientifica.

SCIENZA E SCIENZA INGENUA, ovvero ... quando l'ovvio è falso. Uno dei tratti caratteristici della scienza contemporanea è quello di sconvolgere le opinioni e le credenze dell'uomo comune. Spesso i risultati della ricerca scientifica suscitano stupore e non di rado lasciano increduli; ciò non solo perché mostrano orizzonti che vanno al di là dell'immaginazione dell'uomo comune, ma anche perché mostrano che gran parte di ciò che l'uomo comune ritiene vero è in realtà falso. La differenza fra l'apparenza e la realtà, la differenza fra come crediamo che stiano le cose del mondo e come in realtà stanno, è sempre stato un tema centrale per la filosofia fin dalle sue origini. Tuttavia, il divario fra apparenza e realtà si è molto accentuato da quando la scienza moderna ha cominciato a elaborare la sua immagine del mondo. Comincerò con un esempio molto semplice: spingo la penna sulla superficie di questo tavolo, ma appena smetto di spingerla la penna si ferma. Che cosa c'è allora di più ovvio dell'affermare che "gli oggetti si muovono fino a che dura la forza che li fa muovere"? L'uomo comune la pensa così, Aristotele la pensava così. Molti, oggi, la pensano così. Peccato che sia falso. Vedremo più avanti il perché; adesso mi interessa un esempio, molto elementare, di analfabetismo scientifico.

Le ragioni di tale analfabetismo sono varie e complesse; richiederebbero un esame delle politiche educative e scolastiche, degli indirizzi dell'industria culturale e dei mass media, dei caratteri della cultura nazionale (nel caso del nostro paese, una cultura tradizionalmente di tipo letterario, umanistico e giuridico). L'analfabetismo scientifico esiste, innegabilmente, e in Italia il problema è particolarmente grave. Premesso ciò,

vorrei concentrarmi su un aspetto diverso, che chiamerò ‘antropologico’: l’ignoranza scientifica dell’uomo comune dipende dalla distanza che c’è fra le teorie scientifiche e il modo con cui l’uomo comune vede e percepisce spontaneamente il mondo.

QUALITÀ VS QUANTITÀ. La formulazione forse più efficace della distanza fra l’immagine scientifica del mondo e quella dell’esperienza comune è stata espressa da Eddington nel 1929 quando, introducendo la sua opera *The Nature of the Physical World*, dichiarava di averla scritta seduto ai suoi due tavoli:

uno di essi mi è familiare fin dall’infanzia [...] Ha estensione; è relativamente costante; è colorato; soprattutto, è solido [...] L’altro [...] è soprattutto vuoto. Disseminate in questo vuoto ci sono numerose cariche elettriche che viaggiano a gran velocità; ma la loro massa complessiva è meno di un milionesimo della massa del tavolo medesimo [...] Non ho bisogno di dirvi che la scienza moderna mi ha assicurato [...] che il mio secondo tavolo, quello scientifico, è il solo che esista realmente.

E Galileo:

io dico che ben sento tirarmi dalla necessità, subito che concepisco una materia o sostanza corporea concepire insieme ch’ella è terminata e figurata di questa o di quella figura, ch’è in questo o in quel luogo, in questo o in quel tempo, che si muove o sta ferma [...], ma ch’ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta non sento farmi forza alla mente di doverla concepire accompagnata da cotali condizioni [...] Per lo che io vo pensando che questi sapori, odori ecc. [...] tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l’animale, sieno levate e annichilate tutte queste qualità. (*Il Saggiatore* 1623)

Assumendo una distinzione terminologica e concettuale che dominerà la filosofia moderna e contemporanea, Galilei (sempre nel *Saggiatore*) distingue le qualità primarie (forma, movimento, posizione ecc.), che sono possedute dai corpi indipendentemente dal fatto di essere conosciuti da qualcuno, dalle qualità secondarie (colori odori, sapori ecc.) che dipendono dal soggetto che conosce in quanto sono causate dalla stimolazione dell’oggetto sugli organi di senso.

La filosofia è iscritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l’universo), ma non si può intendere se prima non s’impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne’ quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

Il primo carattere della scienza che dobbiamo prendere in considerazione è l’approccio quantitativo ai fenomeni della natura, cioè l’applicazione della matematica – scienza che studia le quantità – allo studio dei fenomeni fisici. Galileo Galilei (1564-1642) fu il primo ad utilizzare tale approccio: perfino Cartesio (1596-1650) che, con la geometria analitica, aveva applicato l’algebra alla geometria, non aveva avuto l’intui-

zione di applicarla anche alla fisica.

In quanto tesa a favorire una descrizione quantitativa della realtà, la scienza moderna si differenzia radicalmente dal sapere precedente. La scienza antica, medievale e rinascimentale era infatti legata alla ricerca di qualità. La magia rinascimentale prosegue l'approccio medievale alla natura: essa cerca qualità come il calore o il colore, la pesantezza o la leggerezza, attribuendole alla vera natura delle cose. Alcuni passi tratti dal *De occulta philosophia* di Cornelio Agrippa (1486-1535) possono servire a illustrare l'atteggiamento della magia naturale del XVI secolo.

Ciascun elemento ha due qualità specifiche, di cui la prima gli è caratteristica e inscindibile e l'altra è transattiva e comune a un altro elemento. Così il fuoco è caldo e secco, la terra è secca e fredda, l'acqua è fredda e umida e l'aria è umida e calda. [...] Dicono che una pietra morsicata da un cane rabbioso abbia il potere di discordia, se messa in una bevanda. [...] una pozione di cervello d'orso bevuto nel cranio dell'orso rende feroce come un orso [...] l'unghia del cavallo o del mulo fa fuggire i topi e quella del piede sinistro del mulo anche le mosche. [...] la gazza ciarliera annunzia gli ospiti o significa compagnia [...] le api sono di buon augurio ai sovrani e indicano l'obbedienza dei sudditi. Le mosche significano molestia e impudenza, perché per quanto le si scaccino ritornano sempre.

Come si vede chiaramente nella citazione di Agrippa, secondo l'approccio qualitativo le cose sono ciò che sembrano essere: ciò che sentiamo caldo è realmente tale, il calore è una reale proprietà dell'oggetto e non una nostra sensazione. La stessa cosa vale per l'umido, per il nero, ma anche per la rabbia, la ferocia, l'impudenza. La scienza ha invece introdotto e poi sempre più ampliato la distanza fra ciò che sembra e ciò che è: il calore è l'energia cinetica media, il colore è una radiazione elettromagnetica, i moti reali degli astri non sono come appaiono e così via. La differenza fra come le cose sono e come appaiono emerge ben presto nell'astronomia: moto apparente e moto reale.

Come è ancora evidente nel brano di Agrippa, la magia presenta anche una peculiare componente antropocentrica e antropomorfa: agli esseri e agli eventi naturali vengono attribuiti caratteri umani; gli esseri e gli eventi naturali hanno un significato per l'uomo (la gazza, le api, le mosche «significano che...»). Nella concezione magica il cosmo è animato da forze vitali che hanno strette relazioni con l'uomo e alle quali la magia si propone di comandare. Per la scienza del XVII e del XVIII sec. invece la natura è soggetta solo a leggi meccaniche che descrivono il comportamento di parti materiali inanimate in movimento. Meccanicismo.

IDEE E PRINCIPI BASILARI. Con quanto detto, abbiamo già introdotto un'idea fondamentale che caratterizza la prima rivoluzione scientifica:

1. La matematica giuoca un ruolo fondamentale nella scienza. Le leggi della natura sono formulate e formulabili in termini geometrico-matematici.

Vediamone altre:

2. La Terra non è il centro né del sistema solare né, tantomeno, dell'universo.

3. La Terra si muove su se stessa e intorno al Sole.
4. Le leggi della natura sono ubiquitarie, valgono in tutto l'universo. Le leggi che gli scienziati scoprono sulla Terra, per esempio quelle del moto, sono valide anche per qualsiasi altra regione dell'universo.

Per farsi una prima idea della portata che la nascita della scienza moderna ebbe sulle idee delle epoche precedenti, basta considerare che *nessuna* delle affermazioni di cui sopra era condivisa prima del XVII sec. Vediamo come sulla base dell'esperienza quotidiana, ragionerebbero gli scienziati antichi e medievali.

Su 2): «Tutti i movimenti dei corpi celesti osservati dalla Terra hanno come centro l'osservatore», quindi la Terra è il centro del sistema. Pertanto l'affermazione 2 è falsa. «Osservando il cielo vediamo che il Sole e le stelle si spostano, ma non percepiamo nessun movimento della Terra», quindi la Terra è immobile e i corpi celesti si muovono. Perciò la 3 è falsa.

Su 3): «Un oggetto posto su un corpo in movimento, se non vi è fissato, tende a cadere in direzione contraria al senso del movimento»; ne consegue che la Terra è immobile, altrimenti gli oggetti che si trovano sulla sua superficie (compresi uomini e animali) cadrebbero spostati in direzione contraria al suo movimento. Quindi l'affermazione 3 è falsa.

Su 4): «Se smettiamo di spingere un carretto questo si ferma», quindi i corpi tendono a stare fermi, in quiete. Per spostarli occorre applicare loro una forza, quando cessa l'applicazione della forza i corpi si arrestano. Il movimento dei corpi celesti invece è incessante. Inoltre, a meno che non siano costretti a fare diversamente, i corpi si muovono sulla Terra di moto rettilineo. I movimenti dei corpi celesti sono invece circolari. Quindi ci sono moti caratteristici dei corpi terrestri e moti caratteristici di quelli celesti; la fisica terrestre è diversa da quella celeste, di conseguenza l'affermazione 4 è falsa. «I corpi pesanti, come i sassi, cadono verso il basso, quelli leggeri, come alcuni gas o le fiamme, tendono verso l'alto», quindi vi sono dei luoghi verso cui i corpi, a seconda della loro natura, tendono spontaneamente a dirigersi e a rimanervi. Il movimento di questi corpi pesanti e leggeri è rettilineo (verso l'alto o verso il basso), mentre il movimento naturale dei corpi celesti è circolare, quindi, di nuovo, la 4 è falsa.

NEI PANNI DI UNO SCIENZIATO MODERNO. Vediamo adesso come si pone la scienza di fronte alle proposizioni di cui sopra. Galileo compie due semplici esperimenti. In realtà non li compie neppure: si tratta di due esperimenti di pensiero (uno necessariamente tale, l'altro nemmeno c'è bisogno di realizzarlo).

Il primo esperimento illustra il principio galileiano di relatività: gli oggetti che si trovano in un sistema in movimento condividono il movimento del sistema. Il fatto che noi non percepiamo il movimento della Terra dipende da tale principio.

Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio, e quivi fate d'aver mosche, farfalle e simili animalletti volanti; [...] sospendasi in lato qualche secchiello, che a goccia a goccia vadia versando

dell'acqua in un altro vaso di angusta bocca, che sia posto abbasso: e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza [...]; le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; [...] e saltando voi, come si dice, a piè giunti, eguali spazii passerete verso tutte le parti. Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia che mentre il vassello sta fermo non debbano succeder così, fate muover la nave con quanta si voglia velocità; ché (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina oppure sta ferma: [...] le goccioline cadranno come prima nel vaso inferiore, senza caderne pur una verso poppa, benché, mentre la gocciola è per aria, la nave scorra molti palmi [...] E di tutta questa corrispondenza d'effetti ne è cagione l'esser il moto della nave comune a tutte le cose contenute in essa ed all'aria ancora.

Dialogo sopra i due massimi sistemi..., Giornata seconda

Immaginiamo di far correre una palla lungo una superficie: tanto più levigata sarà la superficie tanto più a lungo durerà il movimento della palla. Si può immaginare che su una superficie totalmente levigata la palla non si arresti mai (assenza di attrito).

I corpi tendono a mantenere il loro stato di quiete o di moto (principio d'inerzia) a meno che non intervenga una forza a mutarlo. Se un corpo in moto si ferma è perché incontra un attrito; nel caso della caduta, l'attrito dell'aria. La piuma giunge a toccare il suolo dopo la palla di piombo perché offre più resistenza all'aria, in condizioni di vuoto. Si può dare una descrizione matematica della caduta (in termini di spazi e tempi) senza ricorrere a concetti qualitativi come pesantezza e leggerezza. La pesantezza e la leggerezza non sono proprietà intrinseche dei corpi ma dipendono dalla forza di gravità con cui la Terra li attrae. Questo principio vale tanto sulla Terra che nel cielo. I movimenti rettilinei di caduta sulla Terra e quelli circolari dei pianeti sono descritti dalla stessa legge, quella della gravitazione universale. Dunque le leggi di natura sono universali.

Essendosi ritirato nel 1666 in campagna, nei pressi di Cambridge, un giorno, mentre passeggiava nel suo giardino, vedendo dei frutti cadere da una pianta, egli si abbandonò a una profonda meditazione su quella gravità su cui tutti i filosofi hanno cercato per tanto tempo, senza successo, la causa, e in cui il volgo non vede nessun mistero. Egli si disse: "Da qualunque altezza cadano nel nostro emisfero quei corpi, la loro caduta avverrà sempre secondo la progressione scoperta da Galileo; e gli spazi da essi percorsi saranno sempre proporzionali al quadrato dei tempi. Questo potere che fa scendere i corpi è sempre il medesimo, senza nessuna diminuzione degna di nota, a qualsiasi profondità ci si trovi dentro la Terra o sopra la più alta montagna. Perché dunque questo potere non si dovrebbe estendere sino alla Luna? E, se è vero che si estende sino a essa, non è molto verosimile che sia esso a trattenerla nella sua orbita e a determinarne il movimento? E se la Luna obbedisce a

tale principio, quale esso sia, non è più che ragionevole credere che gli siano egualmente soggetti anche gli altri pianeti?

Voltaire, *Elementi della filosofia di Newton*

ASTRONOMIA. Il moto dei corpi celesti è la questione più rilevante all'inizio della rivoluzione scientifica. A chi li osservi dalla Terra, i movimenti dei corpi celesti che appaiono in cielo sono fondamentalmente di tre tipi: quello del Sole e della Luna, che descrivono un arco sull'orizzonte; quello delle stelle, che descrivono circonferenze intorno a un centro posto in prossimità della Stella Polare; quello dei pianeti, che invece appare irregolare. L'osservazione continuata dei movimenti dei corpi celesti mette dunque in evidenza che esistono non solo i moti circolari come quelli delle stelle o del Sole, ma anche moti irregolari come quelli dei pianeti del sistema solare. Del resto, la parola 'pianeta' deriva dal greco e significa "vagabondo". I pianeti sembrano ora allontanarsi, poiché appaiono più piccoli, ora avvicinarsi, poiché appaiono più grandi. Ma il carattere saliente del moto dei pianeti è di essere a volte retrogrado: in certi periodi dell'anno sembrano rallentare e perfino tornare indietro: raggiunta una certa posizione sulla volta celeste i pianeti invertano la direzione del movimento. La traiettoria che essi descrivono nel cielo assume la forma di un cappio e, perciò, il loro movimento è detto retrogrado. Il moto dei pianeti ha costituito il principale problema per i sistemi astronomici antichi e medievali e anche, come vedremo, il principale motivo della loro evoluzione. (A questo punto è opportuno servirsi di alcune figure che mostrano come, osservando il cielo per un periodo sufficientemente lungo e riportando le posizioni dei vari corpi celesti su una mappa, risulta il loro movimento apparente.)

ESPERIENZA ED ESPERIMENTO. I principi fondamentali (geocentrismo, immobilità della Terra, tendenza alla quiete, distinzione fra fisica terrestre e fisica celeste) su cui si fondavano la fisica e l'astronomia aristotelica, erano, come abbiamo visto, sostenuti dall'osservazione. Non è, dunque, del tutto corretto affermare, come a volte si fa, che la scienza moderna si differenzia da quella antica per il ricorso all'osservazione. Occorre invece precisare che è il *tipo di osservazione* che fa la differenza: l'osservazione che conduce a sostenere i principi della cosmologia aristotelica è l'esperienza quotidiana, mentre l'osservazione praticata dalla scienza è l'esperimento.

Se l'esperienza quotidiana fosse alla base della scienza, allora la scienza contemporanea sarebbe ancora quella aristotelica. I dati dell'esperienza comune, infatti, depongono a favore di una fisica di tipo aristotelico: sembra a tutti molto "naturale" che un corpo pesante cada a terra; ugualmente troviamo "naturale" che la fiamma si diriga verso l'alto ed è perciò che posiamo le pentole sopra e non sotto il fuoco. Troviamo altrettanto naturale che, se tutte le cose fossero al loro posto, non ci sarebbe movimento: non c'è, né per la fisica aristotelica né per quella del senso comune, nessun bisogno di spiegare perché i corpi stanno in quiete, ma c'è invece bisogno di spiegare perché si muovono. Come un carro si muove solo se viene spinto o tirato e continua a muoversi solo fintanto che gli viene applicata una forza, così è anche per tutti i corpi, secondo Aristotele. La

quiete è la loro condizione naturale; il moto si verifica solo se c'è un motore che lo causa e lo mantiene; il moto non persiste da solo, come invece accade per la quiete.

A differenza dell'esperienza quotidiana, che avviene in modo casuale, l'esperimento è invece un'esperienza controllata. Esso è caratterizzato cioè dalla costruzione di una situazione artificiale nella quale lo sperimentatore isola gli aspetti del fenomeno che ritiene determinanti da quelli che ritiene estranei o accessori. Non si tratta dunque di una semplice osservazione, ma, come ha scritto Galilei, di una domanda che poniamo alla natura. È necessario allora costruire strumenti e meccanismi in grado di riprodurre e di misurare il fenomeno oggetto di studio. Ad esempio, l'esperimento con il quale si dimostra il principio, stabilito da Galilei, secondo il quale i corpi cadono con la medesima velocità indipendentemente dal loro peso, viene realizzato lasciando cadere corpi di peso diverso in un contenitore in cui sia stato fatto il vuoto, la cosiddetta bottiglia di Newton.

Troviamo qui tutti gli elementi che caratterizzano ogni esperimento:

1. l'esperimento non coincide con l'esperienza: infatti nell'esperienza quotidiana non ci troviamo mai in una situazione di vuoto;
2. la bottiglia di Newton è un apparecchio costruito appositamente;
3. l'apparato elimina gli elementi che potrebbero alterare i risultati (la presenza dell'aria);
4. esso pone una domanda alla natura ("la diversa velocità di caduta dipende dalla presenza di aria?");
5. l'esperimento presuppone un'ipotesi, una teoria, dalla quale risulti che l'aria è un elemento che può alterare i risultati.

L'esperimento suppone che sia stata avanzata un'ipotesi su *come-funziona-la-natura* e quindi su come debbano andare le cose nel corso dell'esperimento stesso. Nel caso in questione: tutti i corpi cadono con velocità costante a meno che ci siano forze, come l'attrito dell'aria, che vi si oppongono. Senza un'ipotesi preliminare (che ci permette di formulare la domanda, di eliminare gli elementi ritenuti non essenziali, di costruire gli strumenti ecc.) non è possibile progettare e quindi effettuare nessun esperimento. È chiaro che la formulazione di un'ipotesi, la costruzione di un esperimento e la valutazione dei risultati suppongono l'uso della logica e della ragione.

SCIENZA E TECNICA. La Rivoluzione scientifica non sarebbe stata possibile senza una collaborazione fra scienza e tecnica. Abbiamo già osservato come l'esperimento consista sostanzialmente nella costruzione di un apparato in cui vengono riprodotti certi aspetti di un fenomeno naturale. I dati ottenuti con l'esperimento devono essere poi misurati attraverso appositi strumenti. Apparati sperimentali e strumenti di misura sono "macchine" per la costruzione delle quali è indispensabile l'apporto di conoscenze tecnologiche. Il periodo di cui ci stiamo occupando è in effetti anche un momento d'impetuoso sviluppo della tecnologia, come è attestato dai numerosi manuali che vengono compi-

lati e che trattano di arte mineraria, metallurgia, arte militare, fortificazioni, architettura, navigazione, idraulica. Nasce una nuova figura di 'intellettuale', esemplarmente rappresentata da Leonardo da Vinci, che coltiva sia la ricerca teorica che l'applicazione pratica. La tecnica per la progettazione e la costruzione di macchine, la meccanica, fornisce un modello per una nuova concezione della natura: come le macchine sono costituite da parti materiali in movimento, così la natura comincia a essere concepita come una grande macchina, un insieme di parti materiali in movimento. La meccanica, da semplice tecnica, diverrà dunque il centro generatore della nuova scienza fisica e il meccanicismo, l'idea che la natura sia una macchina composta solo da corpi in movimento, sarà la concezione filosofica che accompagnerà la nuova scienza della natura.

Ma la necessaria collaborazione fra scienza e tecnica poteva aver luogo, a sua volta, solo se fosse stato superato l'atteggiamento che la scienza antica e medievale avevano nei confronti della tecnica e del lavoro manuale in genere. L'intreccio sempre più inestricabile fra conoscenze tecniche e teoriche dà luogo a una nuova figura di intellettuale, esemplarmente rappresentata da Leonardo da Vinci (1452-1519). Gli scienziati che si accingevano a costruire il nuovo sapere attribuirono un ruolo decisivo alla tecnica, ancora fortemente avversata dalla scienza ufficiale dell'epoca. Galileo apre i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* con l'osservazione che le macchine dell'arsenale veneziano offrono numerosi spunti per filosofare.

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

Galileo, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, in: *Opere*, cit., vol. VIII, p. 49

È in tale contesto che deve essere considerata la pratica rivoluzionaria di utilizzare apparecchi meccanici come strumenti scientifici. Galilei fu il primo a usare il cannocchiale a scopi scientifici; e questo atto apparentemente semplice segnò l'inizio di una rivoluzione nella scienza, anzi segnò l'inizio della stessa scienza moderna.

L'INFINITO NELLA MATEMATICA, NELLA LETTERATURA, NELLA MUSICA, NELLA FILOSOFIA

Le ragioni di una mostra

ATTILIO FERRINI

I.S.I.S.S. "Giovanni da San Giovanni", San Giovanni Valdarno

1. Motivazioni del progetto

Da molti anni, nei primi giorni di scuola, do agli studenti un tema "Io e la Matematica" e li invito a esprimere liberamente le loro idee.

«La matematica non mi piace per niente. Alle elementari ero una delle più brave e anche in I^a media. Poi in II^a media ho cominciato ad avere difficoltà a capire quello che mi spiegava la prof ... Tremavo ogni volta che ci riportava i compiti in classe» (Elisa, I G). «A me la matematica non è mai piaciuta ... forse perché alle elementari avevo una maestra terribile. Questa maestra non mi ha mai considerato simpatica e faceva di tutto per dimostrarcelo ... Tutt'ora, se mi viene messo un problema di matematica davanti agli occhi, mi sento morire perché so che non lo risolvo» (Claudia, I G). «Io e la matematica negli ultimi tempi siamo come cane e gatto.» (Gabriele, I G). «Ora mi ritrovo in prima superiore e se penso che dovrò convivere ancora cinque anni con la matematica mi sento male. Comunque, una cosa è certa: finite le superiori non voglio più saperne di MATEMATICA!!!» (Giulia, I G).

Le affermazioni degli studenti, che sono quasi tutte di questo tono, ci fanno capire quanti danni siano stati causati da un insegnamento ripetitivo, privo di slancio e creatività. Bisognava fare qualcosa, rompere quel 'contratto didattico' tra insegnante e allievo: tu mi riferisci quello che io ti dico ed io ti premio con voti più o meno alti – il che ci fa vivere tranquilli, ma non fa emergere le potenzialità dell'uno e dell'altro.

Nel maggio del 2000 partecipai al Convegno Internazionale di Didattica della Matematica di Terranuova Bracciolini sul tema: *Matematica e Didattica, tra sperimentazione e ricerca*, tenuto da Bruno D'Amore. Fu una fucina di idee che mi spinsero a ricercare nuove strade. Con una collega di Lettere che proveniva dalla scuola media, e per questo non ancora catturata dagli infiniti laccioli reali o fittizi, che ognuno di noi porta come scusa per giustificare la propria routine (i compiti, gli orari, il programma e la mancanza di tempo per attuarlo) decidemmo di adottare in classe il libro di D'Amore *Più che l'doppiare de li scacchi s'inmilla*.

Si sviluppò un progetto interdisciplinare che entusiasmò a tal punto gli studenti che nacque anche l'idea di creare una mostra che rendesse visibili i risultati ottenuti. Gli

studenti presentarono i loro lavori agli esami di maturità, trovando anche il consenso entusiasta della commissione esaminatrice.

A questo seguì un secondo progetto, *L'Infinito: nella Matematica, nella Letteratura, nella Filosofia, nella Musica*, che ha coinvolto dodici insegnanti e due operatori volontari, tra cui gli insegnanti di Inglese, Francese, Russo, Spagnolo, Tedesco. Il progetto prevedeva oltre alla mostra, uno spettacolo-concerto *Musica e Poesia per l'Infinito*, con letture di poesie di *Baudelaire, Beelove-Binadee, Garcia Lorca, Leopardi, Eichendorff, Ungaretti*; e musiche di *Bach, Schumann, Chopin, Listz, Paganini, Piovani, Morricone, M.T. Paradais*; recitate e suonate al pianoforte e al violino dagli studenti. Un seminario in collaborazione con L'Istituto Comprensivo "Giovanni XXII" di Terranova Bracciolini sul tema *Quattro passi negli Infiniti*, organizzato da Maria Paola Nannicini, e uno spettacolo teatrale, *Ipazia, scienziata alessandrina*, tratto dal testo di Mario Luzi, *Libro di Ipazia*.

2. Il progetto della mostra sull'infinito

Partendo dal tradizionale programma di matematica, che prevede nelle ultime classi lo studio di limiti, funzioni, derivate, integrali, dove gli studenti incontrano espressioni come "limite infinito di una funzione per x tendente a infinito", partendo a ritroso, siamo andati a cercare dove hanno origine questi concetti. Nel nostro viaggio attraverso l'infinito, ci siamo incontrati con i filosofi greci, Ipazia, l'infinito assoluto dei teologi, la prospettiva del Quattrocento, Giordano Bruno, Galileo e – incredibile a credersi – con il personaggio interpretato da Robin Williams nel film *L'attimo fuggente*, passando attraverso Leibniz e i Pink Floyd.

Essendo la nostra scuola un Liceo linguistico, le insegnanti di lingue (Francese, Inglese, Russo, Spagnolo, Tedesco) hanno scelto una poesia ed un autore che esprimesse l'idea di infinito, mentre l'insegnante di italiano ha approfondito il tema dell'infinito in Leopardi ed Ungaretti.

Una studentessa che frequentava il conservatorio ha trattato il tema dell'infinito nella musica con riferimento a Bach, Schubert, Wagner, Schönberg e Berg.

Credo che abbiamo centrato l'obiettivo di rendere gli studenti attivi nella costruzione della propria formazione: far vivere la scuola come qualcosa che li avvicini al loro mondo, ne valorizzi le potenzialità; la scuola come luogo dove si ricerca, si sperimenta, si realizza, in sintonia con la naturale curiosità degli allievi; dove si produce qualcosa, un'idea innovativa o un oggetto, comunque il frutto di un lavoro che al tempo stesso ne rappresenta il senso agli occhi dei giovani: mostrare i prodotti della ricerca ad una platea che superi i limiti dell'ambiente scolastico è una forte motivazione al fare, all'assunzione di responsabilità, all'apprendimento.

Inoltre abbiamo voluto far vedere come, Matematica, Poesia, Filosofia, Musica, pur nella loro diversità, si compenetrino e offrano una lettura comune del senso dell'infinito. La *profondissima quiete, i sovrumani silenzi, gli interminati spazi*, leopardiani che ci richiamano alla Filosofia, alla Musica, alla Matematica, trovano nella "voce del vento", cioè nella *Poesia*, la chiave che apre l'anima dell'uomo all'infinito.

... non vi è alcuna incompatibilità
 Fra l'esatto e il poetico.
 Il numero è nell'arte come nella scienza
 L'algebra è nell'astronomia e l'astronomia
 Confina con la poesia.
 L'anima dell'uomo ha tre chiavi che
 Aprono tutto: la cifra, la lettera, la nota.
 Sapere, pensare, sognare.
 (Victor Hugo)

WORKSHOP 8 – SINTESI DEI LAVORI

CARLO BERNARDINI

Comitato Scientifico di Pianeta Galileo

L'incontro del 7 novembre scorso, Prove d'orchestra, a San Giovanni Valdarno, nell'ambito delle attività regionali del programma Pianeta Galileo, ha visto la partecipazione introduttiva di due docenti, Attilio Ferrini dell'ISISS (locale) Giovanni da Sangiovanni e Marco Salucci del Liceo Scientifico Gobetti di Bagno a Ripoli, di 12 insegnanti di scuola secondaria di secondo grado, provenienti da vari comuni toscani e di un coordinatore (il sottoscritto).

Le relazioni di base, cui si riferiscono i due testi precedenti, riguardavano la matematica (Ferrini) e la filosofia (Salucci) nei loro rapporti con le altre discipline scolastiche. Una mostra, allestita mediante pannelli nelle sale dell'istituto ospitante e sapientemente guidata da allieve poliglote del professor Ferrini, riguardava la presenza dell'infinito nelle scienze e nelle arti e poteva essere visitata negli intervalli.

La relazione di Attilio Ferrini prende le mosse da quello che oggi si chiama comunemente il "rifiuto della matematica", così come viene espresso senza reticenze dagli allievi in ogni scuola e qui, in particolare, in un Liceo Linguistico: seguendo un tracciato di "umanizzazione" che prende spunto dai suggerimenti di Bruno D'Amore, Ferrini spiega come, con una collaborazione tra colleghi di varie discipline, si sia riusciti a ravvivare l'interesse degli allievi, che appariva assai spento dalla ripetitività e dal nozionismo fine a se stesso dell'insegnamento ordinario. Vari colleghi presenti hanno convenuto sull'importanza di questa didattica interattiva e sull'interesse che avrebbero i modi di renderla istituzionale – modi peraltro di difficile attuazione. Si discutono alcune perniciose modalità astratte dell'insegnamento, residui di infausto bourbakismo, che tra l'altro non tengono conto delle necessità dei non-matematici di usare matematiche elementari e capacità di valutazione nella vita comune. C'è tutto un settore di matematica intuitiva e qualitativa che andrebbe coltivato anche nella didattica: riguarda gli *ordini di grandezza*, l'*arrotondamento* e la *similitudine* (con l'esempio del teorema di Pitagora).

La relazione di Marco Salucci verte su un settore trascurato nell'insegnamento se-

condario: il rapporto tra filosofia e scienze. Concordato tutti insieme che le scienze moderne rappresentano un superamento del “senso comune”, esemplificato dalla fisica ingenua aristotelica pregalilæana, sono stati discussi i vari aspetti della pratica scolastica: dai testi disponibili all’assenza di considerazioni epistemologiche pregnanti. Anche in questo caso si ravvisa l’importanza di una collaborazione interdisciplinare che, purtroppo, non è nelle tradizioni scolastiche italiane e si nota che gli aspetti linguistici sono particolarmente trascurati.

Al termine della riunione pomeridiana, mi sono permesso di lasciare alcune indicazioni bibliografiche utili nonché il mio indirizzo di posta elettronica per chi volesse proporre temi di discussione di comune interesse (che mi premurerei di far circolare con l’aiuto della segreteria di Pianeta Galileo; prego chi mi scrive di fare riferimento all’incontro “Prove d’Orchestra”): carlo.bernardini@roma1.infn.it.

Bibliografia utile

Bernardini, C., Tamburini, S., *Le idee geniali*, Dedalo, Bari 2005.

Bernardini, C., *Prima lezione di fisica*, Laterza, Roma-Bari 2007.

Bernardini, C., *Che cos’è una legge fisica*, Editori Riuniti, Roma 2006.

Braccesi, A., *Una storia della fisica classica*, Zanichelli, Bologna 1992.

Braccesi, A., *Per una storia della fisica del ventesimo secolo*, Bononia University Press, Bologna 2008.

Lombardo Radice L., *L’infinito*, Editori Riuniti, Roma 2006.

A. Oliverio, *Strategie della scelta. Introduzione alla teoria della decisione*, Laterza, Roma-Bari 2007.

WORKSHOP 9

L'autonomia di ricerca-sperimentazione nelle scuole/reti di scuole e la progettazione integrata a livello di territorio

IL LABORATORIO PER LA RICERCA DEL CURRICOLO NEL CIRCOLO DIDATTICO DI VINCI

ROBERTA BENEFORTI

Dirigente scolastico Circolo Didattico di Vinci

1. Le scelte di campo

Con l'acquisizione dell'autonomia scolastica – D.P.R. 275/99 –, nel Circolo di Vinci le scelte fondamentali sono state due: 1) utilizzare gli spazi garantiti, in particolare quanto previsto dall'art. 6 circa autonomia di ricerca, sperimentazione e sviluppo, 2) adottare l'impianto curricolare, di cui all'art. 8, circa la definizione dei curricoli nel quadro di un sistema nazionale. Queste scelte hanno consentito di realizzare un'offerta formativa capace di rispondere con più efficacia ai bisogni formativi dell'utenza e del territorio e di impegnarci per garantire il successo formativo degli alunni e il miglioramento dell'efficacia del processo di apprendimento-insegnamento.

Nel Piano dell'offerta formativa il Collegio dei docenti ha esplicitato la condivisione di *alcuni principi di fondo*, di cui la metodologia e la didattica devono tener conto:

- centralità dell'alunno, e non della disciplina, nel rapporto insegnamento / apprendimento;
- partenza dalla realtà degli alunni, dalle loro esperienze, dalle conoscenze che già possiedono, dai problemi che direttamente o indirettamente manifestano, per progettare itinerari didattici che rispondano ad esigenze di concretezza e di coinvolgimento emotivo;
- scelta di contenuti significativi rispetto ai vari ambiti disciplinari e multidisciplinari. Il riferimento, in questo senso, è il documento sui Contenuti essenziali della formazione di base, del marzo '98.

In particolare il Collegio ha concordato sulla necessità di superare una scuola di tipo trasmissivo, privilegiando l'aspetto della costruzione di conoscenze e competenze, mediante la problematizzazione e la discussione in un rapporto di confronto e cooperazione.

2. La scelta del curricolo e i dipartimenti disciplinari

Come afferma Franco Cambi, «il curricolo impone scelte, scelte funzionali a obiettivi, selezioni di e intrecci tra saperi [...] è un modo di ‘trattare’ i saperi che ne pone al centro le epistemologie, i nodi portanti, le strutture, e reclama una didattica costruttivista e ‘decisionista’». (*Curricoli europei a confronto*, ed. Plus – Università di Pisa). Nel nostro Circolo, dunque, a partire dal 2000, si sono formati gruppi di lavoro disciplinari che, stabilmente, hanno proseguito i loro lavori anche negli anni scolastici successivi, nell’ottica della costruzione di un curricolo verticale (scuola dell’infanzia/scuola elementare). Ogni gruppo si è avvalso di esperti esterni che, negli incontri programmati all’inizio dell’anno scolastico, hanno concordato con gli insegnanti percorsi didattici da sperimentare nelle classi verificandoli negli incontri successivi.

I gruppi di lavoro sono confluiti in dipartimenti disciplinari: il primo, di lingua, si è costituito nell’a. s. 2005/2006, e in esso tutti i docenti di lingua della scuola primaria e tutti i docenti della scuola dell’infanzia partecipano alla costruzione di un curricolo verticale di lingua italiana; il secondo, di scienze, si è costituito formalmente quest’anno.

Gli altri gruppi di lavoro, quello di matematica e quello dell’ambito geo-storico in chiave interculturale, continuano la loro ricerca e, quando gli insegnanti si sentiranno pronti, potranno costituirsi in un nuovo dipartimento.

Vengono retribuite le ore necessarie per gli incontri con gli esperti, quelle per incontri fra soli insegnanti, e le ore per la documentazione dei percorsi. Ogni gruppo ha un referente che di solito ha una Funzione Strumentale.

3. Punti di forza

La scelta di valorizzare la ricerca didattica quale strumento privilegiato per migliorare la qualità dell’insegnamento è stata forte e motivata. Si è rivelata, anche, uno strumento importante per la gestione della fase di riforme ricorrenti degli ultimi anni. Infatti, se le riforme previste dalla legge vanno applicate, è anche vero che sul piano pedagogico le riforme vanno interpretate; è l’insegnante che deve scegliere, deve avere dei luoghi privilegiati per farlo e per dare corpo, spazio e riconoscimento a quel che viene fatto, riaffermando l’identità della scuola.

Nei dipartimenti sono stati fondamentali:

- la collaborazione di esperti in didattica disciplinare per la realizzazione di attività di formazione in servizio per la predisposizione di percorsi di apprendimento-insegnamento;
- il coinvolgimento collegiale dei docenti e l’articolazione verticale (scuola infanzia - scuola primaria);
- la maturazione professionale di tutti i docenti attraverso lo studio di testi e approfondimenti teorici;
- l’acquisizione di un metodo di lavoro coerente con l’impianto curricolare

- La formalizzazione delle esperienze e la riflessione sul lavoro svolto che consentono una verifica e una valutazione più puntuali;
- il miglioramento dell'efficacia della didattica (scelta dei contenuti adeguati alle capacità cognitive degli alunni, sviluppo delle abilità, ecc.);
- la fruibilità dei materiali prodotti (archivio didattico), soprattutto per i nuovi docenti;
- il coinvolgimento e la soddisfazione dei genitori (vengono effettuati *focus-group* ogni anno);

Decisivo è stato anche il coinvolgimento degli organi collegiali, dell'Ente locale e della RSU, perché l'impegno che grava sul fondo di istituto è importante, ma i risultati ottenuti hanno convinto tutti della necessità di andare avanti. I fondi utilizzati per la formazione (contratti a esperti esterni) derivano dalla L. 440/97 e dal finanziamento per l'arricchimento dell'offerta formativa dell'Ente Locale che contribuisce in modo sostanzioso anche all'incentivazione dei docenti, effettuata con le risorse del fondo d'istituto.

Il Contratto di Lavoro del Comparto Scuola siglato il 29.11.2007, finalmente, riconosce la necessità di "eventuali" fondi aggiuntivi destinati al sostegno della ricerca educativo didattica e valutativa funzionali allo sviluppo dei processi di innovazione ... e al miglioramento dei livelli di apprendimento (art. 31). Ancora nell'art. 88 si afferma che si può retribuire il particolare impegno in aula connesso alle innovazioni e alla ricerca didattica. Le cifre a disposizione, come al solito, sono poche o non ci sono ancora, ma si tratta, a mio avviso, di un segnale importante.

4. Punti di debolezza

Nel testo delle Indicazioni del 2007 si legge che i traguardi di sviluppo delle competenze «posti al termine dei più significativi snodi del percorso curricolare, rappresentano riferimenti per gli insegnanti, indicano piste da percorrere e aiutano a finalizzare l'azione educativa allo sviluppo integrale dell'alunno». In quest'ottica, il nostro lavoro s'interrompe in modo innaturale al termine della scuola primaria per l'assenza di un istituto comprensivo:

- il curricolo 'manca' del pezzo finale relativo alla scuola secondario di primo grado;
- l'assenza di un sistema serio di monitoraggio e valutazione delle scuole consente comportamenti fortemente differenziati (autoreferenzialità) e rende molto faticoso estendere "buone pratiche" a livello di rete;
- il continuo taglio delle risorse scoraggia il proseguimento delle esperienze in corso.

L'ennesima riforma prevista per la scuola elementare con il ritorno al maestro unico pone l'accento, ancora di più, sulla necessità di una forte coesione, a livello territoriale,

finalizzata all'individuazione di risposte coerenti, efficaci, flessibili. In attesa di un quadro istituzionale più chiaro le uniche risorse certe per le scuole rimangono l'autonomia e la ricerca didattica da spendere in un'ottica di rete.

LE RETI E IL CURRICOLO: ALCUNE ESPERIENZE FIORENTINE

STEFANO DOGLIANI

Dirigente Scolastico Scuola-Città Pestalozzi, Firenze

1. L'autonomia delle istituzioni scolastiche ed il curricolo

Tra le difficoltà nell'applicazione dell'autonomia scolastica (DPR 275) sono da elencare le seguenti:

- a) la tutela dell'autonomia locale porta a un conflitto di competenze con l'amministrazione centrale;
- b) la politica scolastica presenta il rischio di neocentralismo ed "essenzialismo" pedagogico ed organizzativo;
- c) il senso dell'autonomia resterà controverso finché non si definisce a livello centrale una cornice (organici e nuove professionalità, stato giuridico, saperi essenziali, standard di apprendimento, ...);
- d) non è stato risolto il problema della formazione e della motivazione professionale (merito e carriera).

Quale autonomia e per quale curricolo? L'autonomia scolastica sollecita di fatto (cfr. definizione dell'offerta formativa) scelte discrezionali che attivano la responsabilità della scuola e la professionalità dei docenti. Per quanto riguarda i curricoli, non si tratta di fare una ricostruzione ingegneristica ma una ricerca sui contenuti; non composizione e ricomposizione delle discipline ma necessità di valorizzare i contenuti, dando un senso al rapporto tra i ragazzi e i saperi disciplinari. Allo scopo di evitare la separazione tra la cultura, da una parte, e la quotidianità dei ragazzi, dall'altra, occorre preoccuparsi dell'ambientazione del curricolo, per motivarli a entrare nel mondo dei saperi. Inoltre, occorre ripensare ai compiti 'forti' della scuola, che sono diversi da un girovagare su attività aggiuntive, evitando una moltiplicazione di progetti integrativi del curricolo –innovativi ma facoltativi. Occorre porre al centro della ricerca lo 'specifico' della scuola: i suoi compiti formativi, gli obiettivi e le competenze anche a carattere trasversale da far acquisire attraverso le discipline. Sono queste le basi culturali ed educative che la scuola fornisce a sostegno della formazione complessiva della personalità senza dover prevedere troppe educazioni specifiche.

L'identità della scuola passa per l'idea della scuola come *laboratorio*: il POF si con-

figura come progetto formativo unitario, espressione di una specifica cultura di istituto, e non può essere (come qualche volta accade) semplice sommatoria di progetti o di iniziative didattiche che, se pur lodevoli, sono espressione di singole competenze professionali. Il POF dovrebbe invece essere l'occasione per progettare percorsi di apprendimento significativi, negoziati e condivisi grazie al contributo asimmetrico delle diverse competenze. Per far questo occorre riconoscersi come gruppo, stabilire e condividere obiettivi e finalità formative, valutare le risorse disponibili (competenze professionali, capacità organizzative e supporti didattici). In relazione all'idea di una più ampia comunità educativa di apprendimento, si tratta di superare una ancora diffusa tendenza alla privatizzazione delle pratiche d'insegnamento e di utilizzare le esperienze e competenze di ciascuno come risorsa per la riflessione e l'elaborazione collettiva. La scuola è anche per gli adulti comunità educativa di apprendimento ed è autonoma se è una scuola che produce cultura pedagogica e didattica.

2. Le reti come sistema dell'autonomia scolastica territoriale

Invece di essere 'autoreferenziale' la scuola può sviluppare la sua centralità rispetto a richieste ed offerte esterne e al proliferare di progetti. L'identità della scuola non è semplice adesione a principi ma si pratica dando senso a scelte che tengano conto di bisogni e potenzialità. L'adesione a una rete di scuole può servire a promuovere le professionalità del gruppo docente tramite la collaborazione con enti esterni (Università, Comune ...), il confronto con colleghi di altre scuole, il contributo di esperti disciplinari, partendo dall'analisi e dalla valutazione di competenze e carenze professionali.

Le reti possono svolgere la funzione di sostegno formativo, allargando la riflessione sul curriculum, come momento più "disinteressato" (libero dalle implicazioni e dalle relazioni specifiche del proprio ambiente di lavoro) rispetto a ciò che si fa nelle singole scuole, così come può offrire l'opportunità di una circolazione delle esperienze, favorendo lo scambio di buone pratiche e di relativa documentazione, come reciproco sostegno ai processi di progettazione. La rete diventa, in quest'ottica, anche soggetto di dialogo e mediazione con l'amministrazione e con altri soggetti territoriali, quale progetto di sviluppo cooperativo e solidaristico, non competitivo, di tutte le scuole, nella logica delle pari opportunità e del diritto allo studio per tutti.

Sul territorio della provincia di Firenze sono state condotte esperienze interessanti, facenti riferimento alla rete nazionale *Scuole laboratorio* (ex art.11 D.P.R. 275), alla rete fiorentina *Scuole e città*, e alla rete di aggregazione funzionale USP-Firenze *Scuole polo sud*.

LA PROGETTAZIONE INTEGRATA NELLA PROVINCIA DI PISA

ROSA DELLO SBARBA

Assessore alla Pubblica Istruzione della Provincia di Pisa

La normativa regionale chiama gli Enti Locali a integrare la programmazione delle politiche dell'educazione e dell'istruzione con quelle della formazione professionale e del lavoro. Il lavoro dell'integrazione non è facile, sia perché si tratta di integrare sistemi con diverse regole di riferimento e diverse modalità e procedure di attuazione degli interventi (per non citare la non omogeneità degli ambiti territoriali di riferimento!), sia perché nella programmazione intervengono diversi livelli istituzionali (Regione, Province, Zone), che si confrontano poi con il livello delle autonomie scolastiche. Un'altra variabile da considerare nel sistema della *governance* è la permanenza delle strutture periferiche del MIUR le quali – al di là dei proficui rapporti che si sono sviluppati nella nostra provincia – oltre ad attuare indirizzi e programmi stabiliti dal Ministero rimangono i terminali di una filiera che soprattutto in alcuni ambiti di azione detiene ancora dei compiti fondamentali (vedasi ad esempio tutte le competenze per l'assegnazione del personale che incidono sulla programmazione della rete scolastica).

La Provincia di Pisa è stata favorita dalla felice tradizione che l'ha vista da anni impegnata, in stretta collaborazione con le scuole e con i Comuni, all'avanguardia nella realizzazione di attività innovative nel settore dell'istruzione. Pronta a sperimentazioni e a riforme che, nei fatti, promuovessero il sistema scolastico verso le esigenze sempre nuove di una società in evoluzione.

Si è così proseguito nel lavoro che vede la Provincia soggetto attivo nel settore dell'istruzione, non solo nelle competenze tradizionali assegnate all'Ente (edilizia scolastica, consumi, trasporti) ma anche nelle nuove competenze assegnate in particolare col D.Lgs 112/98 e con il nuovo Titolo V della Costituzione. Come esempi di questo ruolo innovativo si possono citare la generalizzazione del modello degli Istituti Comprensivi, modello che rende più facile la progettazione in verticale, e la promozione di reti di scuole: sia reti territoriali (per esempio, la rete "Costellazioni" delle scuole della Valdera), sia le reti tematiche (es. la rete degli Istituti tecnici, la rete degli Istituti comprensivi per l'educazione musicale).

Per quanto riguarda l'architettura del sistema della *governance*, a partire dall'anno 2003 in provincia di Pisa si sono formalmente costituite 4 Conferenze educative di zona. A livello provinciale è stato costituito il Tavolo provinciale integrato di concertazione e programmazione (delibera C.P. 147 del 3/11/2004), che ha operato in relazione a tutti i settori di intervento e in particolare sulla programmazione della rete scolastica, sulla progettazione integrata di area (PIA) e sull'educazione ambientale.

Nel 2006, dopo una fase di concertazione con i referenti delle zone, è stato approvato dal Consiglio Provinciale (deliberazione n. 87 del 7 luglio 2006, allegato) il testo base di un regolamento delle Conferenze educative del territorio provinciale, previsto dall'articolo 6 ter, comma 2, della L.R. n. 32/02, nel quale si definisce anche il procedimento di programmazione degli interventi in campo educativo a livello provinciale e zonale, nel rispetto delle procedure e dei termini previsti dall'accordo tra ANCI, URPT, UNCEM.

A livello di organismi di segreteria tecnica e di supporto alla programmazione, le zone si sono organizzate in modo diverso. Questo a mio parere è un punto importante per la qualità della programmazione e della progettazione integrata: il fatto che anche a livello di zona ci siano strutture in grado di leggere i bisogni del territorio, analizzare le criticità del sistema e formulare ipotesi e strategie d'intervento – ipotesi che poi dovranno essere oggetto di confronto con le Istituzioni scolastiche in primis e poi con gli altri attori del territorio – è un elemento determinante per elevare la qualità della progettazione integrata. Gli enti locali devono avere gli strumenti e la forza per proporre e discutere con le scuole su obiettivi e strategie d'intervento e non semplicemente soddisfare le richieste delle scuole. Il fatto che Regione, Province e Comuni intervengano, soprattutto sui PIA, con finanziamenti consistenti, rende necessario che si dotino di strumenti che devono consentire di leggere i bisogni, analizzare gli esiti delle diverse strategie, valutare e monitorare gli interventi. Organizzare e far funzionare questo tipo di strutture per gli enti Locali, in questa fase di riduzioni di risorse, è compito non facile.

Nella programmazione integrata di area e più in generale in tutta la propria azione nel settore educativo, la Provincia ha voluto giocare un forte ruolo *perequativo*, compito che le è assegnato anche dalla legislazione statale (D. Lgs. 112/98). A tale riguardo, nella ripartizione di finanziamenti assegnati alle Zone si è deciso di non seguire un mero parametro proporzionale al numero degli alunni, ma si è introdotto un parametro di "densità scolastica" che ha premiato maggiormente la Val di Cecina, territorio scarsamente popolato, in cui le scuole sono presidi isolati e dispersi su un territorio molto vasto e che hanno grandi difficoltà a svolgere qualsiasi attività che richieda l'intervento di risorse esterne.

Il principio della perequazione territoriale cerca così di evitare i rischi di un servizio scolastico a diverse velocità, paventato da molti al momento della nascita dell'autonomia degli Istituti scolastici. Un altro caposaldo della politica della Provincia di Pisa in materia di istruzione è stato quello di non limitarsi all'erogazione di finanziamenti "per progetto", dato che questa modalità rischia di allargare le sperequazioni tra i diversi istituti. La politica fatta in questa legislatura dalla nostra amministrazione è stata quella di modificare questa logica investendo parte delle risorse su servizi di supporto alle scuole. Su questa base sono state create diverse strutture: alcune stabili come il Centro per la didattica della storia e i Laboratori didattico-scientifici, altre legate a specifici progetti, come il Comitato tecnico-scientifico del progetto sul biennio della scuola superiore.

Ad essi si aggiunge il nostro Osservatorio scolastico provinciale, attivo dal 1992, che rappresenta una struttura di supporto fondamentale per tutti gli attori che operano nel sistema scolastico.

La logica del non intervenire “per progetto” è stata altresì confermata con la decisione, durante questo mandato politico, di sostenere la Progettazione Integrata di Area “a monte” e non “a valle”, ossia modificando rispetto al passato i tempi di stanziamento delle proprie risorse, assegnandole alle Conferenze educative di zona fin dal momento della programmazione, dando quindi ad esse la possibilità di prendere decisioni ed adottare scelte con una certezza di risorse fin dall’inizio della progettualità.

Se vogliamo descrivere il procedimento di Programmazione Integrata di Area in atto nella Provincia di Pisa possiamo dire che esso si struttura, sinteticamente, nei seguenti momenti:

- Con l’assegnazione delle risorse da parte della Regione Toscana alle Province viene formulata la proposta di ripartizione delle risorse regionali e provinciali alle Conferenze educative di zona, nonché la proposta degli indirizzi e delle priorità provinciali che ovviamente integrano, o meglio approfondiscono, gli indirizzi regionali in funzione di bisogni o di esigenze peculiari del territorio di competenza (ad esempio nell’ultima programmazione è stato valutato necessario introdurre la priorità di investire risorse in progetti destinati alle scuole secondarie superiori o comunque di integrazione verticale con gli Istituti Comprensivi, avendo rilevato negli anni passati una certa marginalità degli interventi verso le scuole secondarie di secondo grado; si auspica che tramite l’integrazione in verticale le scuole possano affrontare anche gli aspetti disciplinari dell’insegnamento delle materie scientifiche). Bisogni ed esigenze del territorio che possono emergere anche dalle analisi del nostro Osservatorio Scolastico Provinciale. Le proposte formulate dalla Provincia sono sempre sottoposte preventivamente all’esame ed all’approvazione dei Comuni interessati in assemblea plenaria.
- Sulla base degli indirizzi approvati dalla Giunta provinciale e sulle assegnazioni effettuate le Conferenze di zona provvedono ad attivare azioni d’informazione e pubblicizzazione alle Autonomie scolastiche ed ai Comuni del proprio ambito sugli obiettivi, sulle modalità ed i tempi di presentazione dei progetti, nonché sui criteri di valutazione degli stessi. Ciascuna zona ha adottato meccanismi diversi di gestione di questa fase in linea con i rapporti maturati nel tempo tra i Comuni e le istituzioni scolastiche. In alcuni casi si assiste ad una progettualità comune tra Comuni e scuole. In altri casi sono le scuole che progettano autonomamente.
- A livello di zona si procede quindi alla valutazione dei progetti acquisiti in ordine alla corrispondenza con gli obiettivi e le priorità individuate nella programmazione regionale, provinciale e locale. Le Conferenze educative di zona

giungono quindi all'approvazione della graduatoria dei progetti ammessi al finanziamento conseguente alla valutazione, con la proposta di contributo finanziario di tutti i soggetti coinvolti (Regione, Provincia, Comuni, scuole, altri soggetti).

- Ciascuna zona trasmette quindi il proprio Piano Annuale dei Progetti Integrati di Area alla Provincia che provvede alla convocazione del Tavolo Provinciale di concertazione e programmazione che recepisce i Piani Annuali adottati da ciascuna Conferenza, ed approva in via definitiva il Piano Provinciale dei Progetti Integrati di Area. Compito del Tavolo è quello di verificare la coerenza con gli indirizzi della programmazione regionale e provinciale, l'esistenza di criticità nella progettazione, i bisogni formativi non soddisfatti, gli elementi di disagio scolastico affrontati con la progettazione e la verifica dei risultati e dell'efficacia degli interventi realizzati. Il Tavolo può richiedere informazioni e/o integrazioni sui singoli progetti.
- Il Piano Provinciale così approvato è inoltrato alla Regione Toscana ai fini della liquidazione dei finanziamenti regionali.
- I progetti approvati e finanziati sono sottoposti a posteriori ad attività di monitoraggio da parte delle Conferenze educative di zona che sono responsabili dell'esecuzione degli stessi, sulla base di un *format* uniforme su tutto il territorio provinciale.

La Provincia da alcuni anni elabora e approva un bando per l'assegnazione dei finanziamenti per i PIA nato nell'intenzione di rendere più chiari e trasparenti ai diversi soggetti coinvolti i vari passaggi che portano all'approvazione del Piano provinciale, nonché gli obiettivi e gli indirizzi che stanno alla base di detto intervento.

IL P.I.A. NELLA ZONA DI AGLIANA, MONTALE, QUARRATA, SERRAVALLE PISTOIESE (PIANA PISTOIESE)

PAOLO MAGNANENSI

Sindaco del Comune di Agliana (Pistoia)

I PIA hanno rappresentato e rappresentano da più di un decennio un importante strumento che ha contribuito a rafforzare la pratica della concertazione tra soggetti, e ha contribuito al «Superamento del settorialismo e della autoreferenzialità di coloro che operano nel campo dell'istruzione». Dobbiamo altresì riconoscere che da tempo sono emerse criticità in alcuni aspetti dei PIA, ed è stato quindi utile evidenziarle già durante gli incontri di qualche tempo fa in preparazione del PIGI, voluti dall'Assessore regiona-

le Simoncini. Sono stati incontri molto apprezzati, che hanno permesso un importante confronto tra tutti i soggetti interessati.

Da tempo, alcune perplessità riguardo al funzionamento dei PIA si erano fatte avanti. Ricordo i risultati di una ricerca dell'IRPET, dedicata all'analisi delle politiche per il diritto allo studio. Più in particolare si volevano ricavare indicazioni relativamente al funzionamento di alcuni dei PIA attivati in Toscana. La ricerca, che prendeva in esame anche il nostro PIA dell'anno scolastico 2000/01, evidenziava «risorse utilizzate per obiettivi diversi da quelli originari; assenza di processi di verifica e di monitoraggio, eccessiva frammentazione dei progetti» – e aggiungerei: anche la scarsa visibilità delle varie iniziative.

Volutamente, sono partito da così lontano per sottolineare che quest'indagine ha avuto il merito di accendere una profonda riflessione, e quindi di spingere a cambiare. In questi ultimi anni il modo di progettare nella nostra zona è stato ripensato, cercando di realizzare una maggiore coerenza degli interventi, con gli indirizzi indicati dalla Regione. Nello stesso tempo, almeno per quanto ci riguarda come territorio, è cambiato anche il tenore dei rapporti tra gli Enti e le Istituzioni Scolastiche.

L'autonomia scolastica, anche se con tutti gli anacronismi, le carenze, la difficile applicazione, ha per certi versi, favorito rapporti meno autoreferenziali. Inoltre, il trasferimento agli Enti, di poteri relativi la programmazione delle reti scolastiche, e la normativa Regionale (L.R. n. 32) hanno ricondotto ai tavoli di concertazione, nei vari processi di *governance territoriale*, scuole ed Enti. Un esempio che ci riguarda in prima persona è l'unificazione, dopo un lungo confronto, delle due Istituzioni Scolastiche del nostro territorio, in un unico Istituto Comprensivo. A proposito, ricordo che il processo di *governance territoriale* che riguarda l'istruzione risulta, nella nostra provincia (Pistoia), ben avviato; da alcuni anni le "Conferenze Zonali" approvano, con atti ufficiali, procedure riguardanti il dimensionamento scolastico, i benefici per il diritto allo studio, la Programmazione Integrata di Area e si confrontano su molti altri aspetti legati ai problemi dell'istruzione sul territorio.

Dal punto di vista organizzativo, tramite l'*equipe* operativa, nella fase di programmazione, abbiamo da tempo previsto momenti di confronto con le scuole, attraverso incontri con dirigenti scolastici e insegnanti, in modo da condividere in maniera stringente, le indicazioni vincolanti a livello di territorio. Per quanto riguarda l'aspetto gestionale, del monitoraggio e del controllo delle varie azioni, abbiamo provveduto a nominare un "coordinatore didattico", il quale effettua una verifica del progetto in itinere e una finale, elaborando una relazione che permette di valutare sia gli aspetti quantitativi dei progetti (Istituti coinvolti, Insegnanti, alunni, esperti, documentazione ecc.) sia la loro rispondenza in linea con gli indirizzi regionali e territoriali. La nomina di questa "figura" è risultata fondamentale, oltre alla verifica e alla valutazione, migliora e rafforza i legami e i contatti facendo da tramite tra i vari soggetti.

Il Comune di Agliana è "capofila" del PIA della Piana pistoiese già dal 1994. Sono coinvolte nel progetto tutte le otto Istituzioni Scolastiche dei comuni di Agliana, Montale, Quarrata, Serravalle Pistoiese per un totale di circa 65 mila abitanti.

Anche se territorialmente i PIA sono calati sulle zone socio-sanitarie, da sempre il nostro progetto è apparso come legato a quello di Pistoia (stessa zona), ma diverso dal punto di vista organizzativo e gestionale. Resta il fatto che le due realtà da tempo lavorano per rafforzare e sostenere azioni tese ad integrare al massimo le attività scolastiche dei due territori.

Nell'anno scolastico 2007/2008 i Comuni e le Istituzioni Scolastiche afferenti al PIA Piana pistoiese, stando ai dati rilevati, hanno realizzato percorsi didattici con gli obiettivi fissati dal Progetto "Un territorio solidale, verso l'integrazione reciproca" e in linea con gli indirizzi regionali. Nella relazione finale delle attività svolte, si evidenziano alcuni di forza che sono:

1. I progetti in rete e la ricerca-azione
2. I progetti per star bene a scuola, per sviluppare la comunicazione e l'espressione
3. Il rapporto con il territorio

I gruppi di ricerca-azione sono costituiti in rete tra le tutte le scuole del territorio, partecipano a questi gruppi anche insegnanti della zona pistoiese, il Comune di Agliana ne è capofila. Sono attivi da anni e costituiscono occasione di formazione in servizio degli insegnanti. Vengono realizzati percorsi di sperimentazione didattica nell'ottica del curriculum verticale di matematica, italiano e musica. Per queste attività, ogni anno, a seguito di incontri programmatici, vengono sottoscritti protocolli di intesa, con i quali, i soggetti partecipanti, si impegnano ad impiegare le necessarie risorse economiche e professionali. I Comuni impiegano le risorse PIA per la retribuzione degli esperti, del coordinatore, per i materiali necessari alla documentazione; le scuole utilizzano il Fondo d'Istituto per incentivare gli insegnanti che partecipano ai gruppi di ricerca-azione.

In particolare mi preme sottolineare l'importanza delle esperienze di formazione in servizio degli insegnanti, punti di forza del nostro progetto. Per il metodo di lavoro e i risultati raggiunti questo modello a parer mio positivo, può risultare esportabile anche in altre realtà. La strategia utilizzata è quella della Ricerca-Azione, nel nostro caso di matematica e musica.

Il progetto di ricerca-azione di matematica è stato attuato da ottobre 2007 a maggio 2008, ha registrato il coinvolgimento anche di insegnanti provenienti da scuole di Pistoia, Montemurlo, Prato e si è rivelato occasione di scambio e fucina di idee per tutti coloro che hanno partecipato. Noi consideriamo quest'attività quanto mai necessaria visto che molti addetti ai lavori reputano la matematica "una emergenza didattica nazionale"; alla fine dello scorso anno scolastico, ben il 45,7 % dei ragazzi ammessi al corso successivo doveva recuperare un debito in matematica.

L'organizzazione, l'attuazione e la verifica del Progetto della Piana Pistoiese è frutto di un lungo lavoro che ha, nel tempo affinato e rafforzato modi e regole di lavoro, un percorso con alti e bassi, dovuti più che altro alle deboli o alle forti motivazioni degli

insegnanti. Da sottolineare è anche la forza delle reti che si sono create, ma ricordiamoci che le reti sono sostenute principalmente da insegnanti motivati. Per questo, gli elementi di debolezza del Piano stanno ancora nel fatto che non tutte le attività, anche se sottoposte a monitoraggio, risultano realizzate in rete.

Emergono elementi da potenziare in rete, come le azioni relative all'intercultura; vale la pena ricercare e organizzare azioni comuni, come i momenti di formazione degli insegnanti. Sul versante dell'integrazione e l'inserimento degli alunni diversamente abili, le azioni realizzate lo scorso anno scolastico risultano, a parer mio insufficienti e da potenziare. Occorre quindi rafforzare la progettualità, con le stesse modalità delle altre azioni, attivando momenti di confronto anche con i servizi sociali degli Enti. Su questo aspetto mi preme sottolineare che si registra una certa lentezza a recepire e far passare nella pratica, le indicazioni regionali, spetta tutti noi sostenere e valorizzare progetti il più possibile rispondenti a questi indirizzi.

Infine, di fronte alle "novità" nel campo della scuola, introdotte per decreto e approvate (L.137/08), non posso che esprimere una forte preoccupazione. In particolare, il ritorno al maestro unico riporta la scuola italiana indietro di trenta anni, si vanifica lo sforzo di approfondimento delle competenze disciplinari portato avanti in questi anni dagli insegnanti. Specialmente nella scuola primaria in questi anni si è rafforzato il sistema di lavoro collegiale tra gli insegnanti facendo dell'accoglienza e dell'inclusione sociale «Il tratto costitutivo della identità formativa e della riconosciuta identità professionale degli insegnanti che vi operano. In tutti questi anni si è modificato e sicuramente rafforzato il rapporto tra scuola e territorio la scuola primaria è vissuta dai cittadini e dalle famiglie come la scuola della comunità, particolarmente nelle realtà più decentrate». In particolare il Tempo Pieno ha caratterizzato i nostri territori come simbolo di buona scuola e buone pratiche ed ha permesso ed aiutato specialmente le donne, ad uscire ed inserirsi nel mondo del lavoro, per tutto questo ritengo che una politica di soli tagli di risorse e quindi, in pratica di "tempo scuola", sia utile solamente a destrutturare e dismettere una organizzazione didattica che ha funzionato bene.

In questo scenario mi chiedo come potremo, nei nostri territori, mantenere e sostenere le attività di formazione degli insegnanti, promuoverne il ruolo attivo nella ricerca e nell'innovazione, a fronte di cambiamenti così dirompenti.

WORKSHOP 9 - SINTESI DEI LAVORI

EMANUELA CAROTI

Assessore Istruzione, Beni e Attività Culturali, Turismo della Provincia di Arezzo

Il lavoro di gruppo sulla progettazione integrata tra scuola e territorio è stato ricco di riflessioni e di spunti interessanti. La partenza non poteva non essere quella dell'analisi sulla situazione di sconcerto che sta scompaginando la scuola, per i tagli in corso, alla quale il gruppo è stato concorde nell'affermare che l'unica risposta possibile è quella di una didattica di qualità, che richiede l'impegno quotidiano dei docenti nel ripensare il curriculum e le metodologie di insegnamento.

Gli Enti locali possono contribuire a questo processo, sostenendo i percorsi più innovativi, attraverso i finanziamenti previsti dai piani integrati d'area, che dovrebbero esservi destinati per almeno il 40%. È stato ribadito il ruolo centrale delle Conferenze dell'Istruzione, come sedi fondamentali per realizzare la *governance* territoriale e le buone pratiche di integrazione. A questo proposito è risultata interessante la relazione del Sindaco di Agliana che ha illustrato l'esperienza della Piana Pistoiese che prevede un coordinatore didattico dei Progetti PIA che non solo media i rapporti tra scuole ed enti locali, ma co-progetta, verifica in itinere e monitora i percorsi nel campo della sperimentazione didattica in matematica e in musica.

Tutti i presenti hanno convenuto che le scuole con l'autonomia (D.P.R. 275/1999) hanno visto riconosciuti ampi spazi di flessibilità per innovarsi sia sotto il profilo organizzativo che sotto quello didattico, anche se spesso non sono state dotate di adeguate risorse. Le reti, per esempio, sono strumenti che possono essere di grande supporto nel sostenere la formazione dei docenti in servizio, nell'allargare la riflessione sul curriculum, nel far circolare le esperienze di buone pratiche – (Dogliani), ma ancora sono poco diffuse.

I rapporti tra scuole e territorio non sempre sono semplici e di collaborazione: sono rapporti che richiedono tempi lunghi di lavoro comune, riconoscibilità e valorizzazione reciproca, non si improvvisano. Tuttavia sono fondamentali per rispondere ai bisogni educativi che richiedono nuove tecnologie, nuovi ambienti di apprendimento, nuove pratiche laboratoriali, utilizzo integrato delle strutture culturali (musei, biblioteche, archivi, etc.), nuove collaborazioni con l'Università, supporto alla ricerca-azione dei docenti e ai dipartimenti disciplinari, documentazione e diffusione di buone pratiche. Tutto questo è possibile solo se siamo capaci di integrarci di più in un quadro sistemico con riferimento a contesti territoriali specifici.

Razionalizzando le risorse su obiettivi condivisi che puntano all'innovazione educativa favoriremo anche la diffusione di una cultura scientifica in equilibrio tra teoria e pratica tra dimensione gnoseologica e sperimentale, in una prospettiva storica. C'è bisogno di un forte cambiamento di metodo e di atteggiamento culturale che può provenirci dal

mondo scientifico, che attraverso le ipotesi, le prove e la loro verifica, produce pensiero critico, fondamentale per l'esercizio di una reale cittadinanza e per lo sviluppo effettivo della democrazia stessa.