S
141

Sperare nella scuola

Questo libro è l'espressione di dieci anni di ininterrotte ricerche ed esperienze sul campo, che hanno infine messo capo a un'organica teoria evolutiva della persona umana, come realtà inscindibilmente fisica e mentale che solo grazie a una corretta educazione può armoniosamente pervenire a se stessa e alla propria piena realizzazione. Presso le Editions L'Harmattan l'autore ha pubblicato il saggio *La science et la voix de l'événement. A la Recherche du sens* – prefazione di Alexis Philonenko – che affronta queste stesse tematiche dal lato più propriamente filosofico/epistemologico e storico. La preoccupazione resta tuttavia la stessa: non c'è problema più importante e urgente per l'umanità attuale che quello di riorganizzare dalle fondamenta i concetti e i metodi per una nuova pedagogia, perché il sapere venga rimesso al servizio degli uomini, di tutti gli uomini, che ne sono da sempre non solo il veicolo imprescindibile, ma anche l'ovvia destinazione.

Eduardo Caianiello, 42 anni, laureato in Filosofia in Italia e dottorato in Filosofia della mente e della matematica all'EHESS di Parigi, ha dapprima lavorato come professore e pedagogo specializzato in blocchi scolari dell'apprendimento, per poi creare il centro di educazione non formale Eironeia, Scuola di Filosofia (www.eironeia.eu).

La foto in copertina è di Nunzio Careri, Soverato

ISBN 978-88-548-2595-6

euro 15,00

Caianiello Sperare nella scuola

ARACNE

SAGGISTICA / 141

Eduardo Caianiello

SPERARE NELLA SCUOLA

UNA NUOVA EDUCAZIONE ALLA SCIENZA NEL SISTEMA DEI LICEI

Prefazione di
Bruno D'Amore
e Jean Dhombres

Eduardo Caianiello

Sperare nella scuola

Una nuova educazione alla scienza nel sistema dei licei

Copyright © MMX
ARACNE editrice S.r.l.

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

via Raffaele Garofalo, 133/A-B
00173 Roma
(06) 93781065

ISBN 978–88–548–2596–6

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.

Non sono assolutamente consentite le fotocopie senza il permesso scritto dell'Editore.

I edizione: aprile 2010

Indice

9 Prefazione

13 Nota introduttiva e ringraziamenti

17 Sinossi

25 Introduzione

I. La continuità analogica tra Primaria e Secondaria – II. Il problema della pedagogia della scienza – III. La genesi epistemologica del problema – IV. La natura ideologica e archetipica del problema – V. L'orizzonte

39 Capitolo I
Anni corti come giorni

1.1 La rotta – 1.2 La strategia fondamentale – 1.3 Visioni primarie del mondo secondario – 1.3.1 La modalità primaria… – 1.3.2 … di una stessa visione archetipa… – 1.3.3 … e il suo radicamento trascendentale. – 1.4 Primo incrocio di vuoto: q=+Ze

83 Capitolo II
Da una scienza del logos a una scienza dell'epos

2.1 I percorsi del senso (1): dalla «fedele riproduzione» dei vettori… – 2.1.1 Secondo incrocio di vuoto: $\vec{v}$ – 2.2 … alla favola del Movimento [LEZIONE] – 2.2.A La «mentis inspectio» del verso del moto – 2.2.B … e nacque dunque il Càos primissimo. – 2.2. C Si esauriscono i corpi in un fluire di tinte, queste in musiche

143 Capitolo III
Da una scienza che «risolve problemi» ad una scienza che ne crea

3.1 I percorsi del senso (2): dai numeri che risolvono problemi… – 3.1.1 Terzo incrocio di vuoto: ∅ – 3.1.2 Quarto (ed ultimo) incrocio di vuoto: √2 – 3.1.3 I due ordini dell'apprendimento – 3.2 … al problematico senso del Numero [LEZIONE] – 3.2.A La materia dei numeri – 3.2.B Il corpo dei numeri – 3.2.C Il senso musicale dei numeri

191 Capitolo IV
Dalla paura della scuola alla speranza nella scuola

4.1 "Ti kineitai" nell'esperienza assurda di Edoardo Amaldi – 4.2 L'illusione ottica della «displacement/separation school phobia» – 4.3 La speranza nella scuola

215 Bibliografia

228 Indice analitico

A zio Serse, professore di liceo,
che era lì quando non capivo.

Prefazione

Questa densa e multiforme opera di Eduardo Caianiello è una bella sfida intellettuale al tacito compromesso che spesso si raggiunge in aula, durante le ore di matematica.

In base agli Effetti "Topaze", "Dienes" e "Jourdain", così abilmente evidenziati da Guy Brousseau fin dagli anni '60, il contratto didattico regna sovrano e le incomprensioni di fondo diventano dominanti. Da un lato, lo studente sa che l'insegnante farà di tutto per sentirsi dire la frase attesa e che questo è il suo compito: pronunciarla; dall'altro, l'insegnante sa che lo studente si aspetta questo genere di spinta: non desidera apprendere la matematica, desidera avere l'approvazione. Il gioco al massacro comincia e la matematica sempre più s'allontana dall'aula. È un cane che si morde la coda: più riveli quel che vuoi ottenere, meno ottieni; meno pretendi che lo studente osi, meno questi oserà: si limiterà a ripetere le frasi che pensa essere attese e l'insegnante non potrà che accontentarsi di questo. Non può che chiedere questo, visto che è questo che chiede.

Di fatto, la matematica e la scienza in generale spariscono, dicevamo, e si riducono a banalità che chiunque deve essere in grado di controllare: calcoli, formule, algoritmi; mai discussioni concettuali o situazioni strategiche che richiedono inventiva, o discussioni sopra l'efficacia delle scelte comunicative o semiotiche. Lo studente candidamente ammetterà di non ricordare una certa dimostrazio-

ne, come se il verbo pertinente a "dimostrazione" fosse "ricordare"…

È certo che la storia della scienza obbligherebbe invece a questo tipo di discussioni, non foss'altro che perché offre modi alternativi di presentare gli stessi soggetti, ma è vero anche che la maggior parte delle presentazioni storiche che compaiono nei testi adottano la prospettiva di quello che si fa oggi, e fanno allora apparire gli scienziati del passato come degli inesperti, facendo perdere tutto l'interesse didattico di un simile approccio, che resta lettera morta.

Alla fine, tutto quel che ha a che fare con ardite richieste d'implicazione personale è bandito dall'azione d'aula; sempre e solo situazioni didattiche, mai adidattiche. Se il professore inconsapevolmente ci prova, lo studente le rifiuta perché non ne vede lo scopo diretto: quali esercizi devo risolvere, che frasi ci si aspetta che io dica? Ed è anche questa una ragione per cui la storia della disciplina interviene così poco: perché per sua natura obbliga a rimettere in questione l'insegnante stesso e lo costringe a riflettere apertamente ed esplicitamente sulle sue scelte. Le difficoltà dell'apprendimento della matematica sono molteplici e la didattica della matematica le stigmatizza e le denuncia. Non è il buon senso, non è l'esperienza: bisogna studiare.

Torniamo al libro di Eduardo Caianiello: la sua sfida è culturale, anzitutto; lui crede nel fatto che lo studente, se ben guidato, possa avere voglia di apprendere; lui crede nel fatto che lo studente abbia voglia di farsi idee proprie, ma solo se gli è concesso di sbagliare, specie se c'è qualcuno pronto a correggere la rotta, non a valutarlo negativamente per un errore. Ed è là che il taglio storico della sua presentazione diventa interessante: perché nel passato ci sono tanti errori commessi da eccellenti matematici e questo fatto rilassa tutti. Eduardo Caianiello abbandona così il preconcetto secondo il quale non bisogna tollerare

alcun errore nell'esposizione delle idee scientifiche, e la sua fonte diventa la matematica stessa, con i suoi interessi e le sue spigolosità. È questa, del resto, una delle più antiche tradizioni dei migliori insegnamenti di matematica: non celare le difficoltà e le rugosità della materia.

Così, invece di addolcirle e nasconderle, per offrire allo studente una disciplina facile e comunque abbordabile, spesso banale, Eduardo Caianiello preferisce affrontare le difficoltà, discuterle, mostrarle. Lui crede nello studente, nell'insegnante, nella scuola, nella cultura. E così propone argomenti che potrebbero chiamarsi difficili, ma che sono l'ossatura stessa della matematica, per quel che sono, non dolcificate ad usum delphini, ma belle nella loro fiera bellezza scientifica, ardue ma per ciò piene di fascino. Lui scommette su questa direzione, del tutto controcorrente, ed è per questo che ci piace.

In altri testi, studia anche problematiche più generali e complesse, ma in questo libro quel che domina è una specie di dialogo tra l'insegnante, che sa, e che riduce la trasposizione didattica a ben poca trasformazione, facendo del sapere da insegnare un'entità assai vicina al Sapere… e l'allievo, che non sa, che sa di non sapere, ma che vuole sapere. Eduardo Caianiello intende così, ad ogni lezione, ricreare l'universo mentale in cui sono nati i concetti fondamentali della nostra matematica e, per farlo, fa continuamente intervenire l'esperienza storica ed epistemologica dei matematici e degli scienziati che hanno saputo creare, facendo in questo modo partecipare ogni volta gli allievi – come soggetti attivi di questa stessa creazione – a una genesi sempre rinnovata.

Una sfida didattica, intellettuale e sociale che ci convince.

Bruno D'Amore (Università di Bologna)
Jean Dhombres (EHESS, Paris)

Nota introduttiva e ringraziamenti

SOCRATE: Proprio questo è il punto che mi blocca e che da solo non riesco a capire a sufficienza: cosa mai sia conoscenza. Sappiamo forse dirlo? Voi che ne dite? E chi di noi parlerà per primo? Chi sbaglia però, via via passa la mano e si rimette a sedere: "asino", come dicono i ragazzi che giocano a pallone. Chi invece riuscirà a non sbagliare, costui sarà nostro re, e potrà domandare tutto quello che vuole. Perché ve ne state in silenzio? O sono forse io... che amo troppo parlare e mi comporto da maleducato, desiderando che si dialoghi tra noi e si diventi amici? [Platone, Teeteto 146a]

Questo libro risponde a una domanda che Guy Brousseau si poneva nel 1997:

> «Si può sperare di ridurre sufficientemente il campo [della didattica] a poche situazioni fondamentali, necessarie all'acquisizione dei saperi principali? Quale economia locale o globale si può sperare?».

Si può sperare nella Scuola.

In quello stesso 1997 io mi sono laureato – titolo della tesi: "Newton e la rivoluzione scientifica nell'Illuminismo francese". Avevo trent'anni, e il mio soggiorno all'università era durato dieci anni. Oggi ho un bel sostenere che un corso di laurea in Filosofia dovrebbe *ufficialmente* durare dieci anni,

come per esempio accade per chi vuole diventare direttore d'orchestra: se fosse stato già così, probabilmente io ce ne avrei messi venti. La realtà è che a un certo punto mi sono fermato, in attesa, perché mi ero accorto che non ci stavo capendo più nulla, e che non riuscivo a ottenere neanche una risposta. Una volta laureato, sono partito per la Francia, dove nel 1999 ho preso un DEA all'EHESS di Parigi – titolo del *mémoire*: "La creazione della storia moderna in Voltaire" – per cominciare nel 2000 il mio dottorato in Epistemologia delle scienze sociali. Da allora tuttavia il titolo della tesi è cambiato e adesso è: "Il fatto genetico della matematica e la potenza dinamica della mente umana". La commissione è composta dai proff. Jean Dhombres (il mio direttore di studi), Bruno D'Amore e Gerard Vergnaud: tre studiosi di prima grandezza da sempre impegnati nella questione della scienza e delle dinamiche della sua evoluzione e trasmissione. Questo grande onore non cancella tuttavia che per finire mi ci sono voluti altri *dieci anni pieni*. Insomma la mia corsa è stata una vera maratona, che non si chiude finchè l'ultimo non è arrivato.

Durante questa seconda ampissima parabola ho però fatto qualcosa di più che semplicemente bloccarmi. Mi sono *deliberatamente* fermato ad aspettare, segnalando a chiunque incontrassi, che condivideva la mia condizione, che in ogni caso io sarei rimasto lì, a tenere acceso il lumicino del traguardo, finché l'ultimo scalcagnato concorrente non si fosse anche lui deciso ad attraversarlo. Ne è seguita la scoperta più importante della mia vita: che di filippidi come me, dimenticati sul percorso, ce n'è un pianeta intero, che non aspetta altro che di vedere riaccendersi la fiaccola della Conoscenza.

In tutto ciò, la cosa più essenziale è la verità letterale di quello che racconto: *io non capivo*, anche se i miei dubbi mi sembravano perfettamente chiari... Ed è questo che ha infine fatto di me un filosofo completamente dedito alla

questione dell'educazione, e in particolare dell'educazione alla scienza. Così ora sono certo di due cose.

La prima è che gli interrogativi degli allievi, *tutti* li capiscono. Dopo vent'anni seduto a bordo campo a contemplare perplesso – "asino" insieme a una quantità sempre crescente di altri esseri umani – i dribbling e gli schemi tattici realizzati dai grandi campioni della Storia, ora so che quando tutto manca, e veramente confessi che proprio non ti ci raccapezzi... è allora che scopri – chiunque tu sia, qualunque sia la tua provenienza o il tuo grado di istruzione – di essere un vero Maradona delle domande... e come per magia le luci si riaccendono, il tuo numero compare... e finalmente tocca a te giocare.

La seconda è che esiste un posto – una sorta di paese incantato – che per sua natura e da sempre è fatto per essere *essenzialmente* il luogo di questo miracolo. Il suo nome è non far niente (*skolé*) che non sia aspettare, in pura contemplazione, che qualcosa di comprensibile si produca nel tempo della nostra attesa: Scuola.

Qusta mia doppia, granitica certezza, fonda la mia risposta agli interrogativi di Guy Brousseau, in cui risuona l'eco delle domande più profonde che Immanuel Kant ci invia dal Secolo dei Lumi. Cosa possiamo sapere? Che si può sempre domandare! Cosa dobbiamo fare? Farlo! Cosa possiamo sperare? Possiamo *sperare nella Scuola*.

Dietro questo libro ci sono non solo gli ultimi dieci anni della mia vita, ma tutta una comunità di persone, che devo ringraziare. La mia famiglia, che m'ha somministrato come indiscutibili evidenze la totalità dei valori che difendo in queste pagine. La mia Adriana, che come me e con me vive nell'indiscutibile evidenza della nostra reciproca fedeltà. La sua famiglia. Il Tetraedro – Lorenzo Gasparri, Maria Laura ed Enrico Strini – che mi hanno sostenuto e difeso in momenti di grande, grandissima prova, ora

luminosamente superati grazie al loro aiuto. Valentina Narducci, che insieme a me e Adriana ha costruito – col sostegno prezioso della sua famiglia – la prima realtà di *Eironeia, Scuola di Filosofia*, a Viterbo.

Ringrazio ancora particolarmente il professor Jean Dhombres, che fin da subito ha dato credito e appoggio scientifico alle mie teorie, quando io stesso mi dibattevo tra l'Eretico e l'Inquisitore; e infine l'impareggiabile professor Bruno D'Amore, al cui sostegno intellettuale e morale devo moltissimo. Mi segue da anni, mi corregge le virgole, e il mio criterio è che quando non ha capito lui, in realtà non ho capito io.

Sinossi

Introduzione – I-II. Questa proposta di una nuova educazione alla scienza è interamente volta a risaldare la fratturata *continuità analogica* del processo educativo e si concentra su quella zona di passaggio, tanto istituzionale che logico/psicologica, che affonda le sue radici nella dimensione primaria della nostra mente, per elevarsi fino alla sua dimensione secondaria. Una zona – il cuore della mente umana – che al presente viene sorvolata nella *paura* e nella *fretta*. In III-IV, analizzo gli elementi tanto storico-culturali ("ideologici") che profondi ("archetipici"), responsabili dello stallo in cui ci troviamo, e li metto in relazione con i fenomeni della dispersione scolastica e della fobia scolare. In V, sottolineo l'insostituibile ruolo giocato in tutto questo dall'educazione formale – la scuola dell'obbligo – che è l'unica forza storica che possa rigenerare da se stessa (essendo nata per questo) una vera unificazione tra la dimensione filosofico/narrativa del sapere e la sua espressione scientifica: medicina e balsamo di sicuro successo per vincere contro la vera e propria *anoressia cognitiva* di cui è vittima l'uomo dell'epoca presente.

Capitolo 1. In apertura e § 1.1, traccio la rotta che bisogna percorrere, secondo i quattro elementi – *analogicità*, *scientificità*, *unità* e *dinamismo* del mondo esperienziale –, che il legislatore italiano pone come i punti cardinali su cui deve orientarsi il viaggio verso l'apprensione secon-

daria del mondo, una volta lasciata la riva sicura della sua dimensione primaria. Come criteri unici per stabilire se la traversata ha avuto successo, o se il giovane maturato è disperso in mare, pongo quelli della *speranza* e della *fede*: se il ragazzo alla fine del liceo ha scoperto «l'incompletezza di qualsiasi rappresentazione, iconica e/o logica, della realtà» e ciononostante crede ancora alla verità del mondo e della vita – se dunque ciò che è vero è ancora la vita e la realtà, mentre quelle del cinico disincanto e della cocente disillusione non sono che «incomplete rappresentazioni iconiche» e poetiche di questa stessa realtà – questo significa che il processo educativo è riuscito. Quanto alla strategia fondamentale da seguire (§1.2), riprendo ancora le parole del legislatore per cui è proprio la forza dogmatica della Scuola che, sola, può educare i giovani a mettere in questione le loro primarie «rappresentazioni del mondo», senza tuttavia perdersi nell'oceano delle immagini (*eidola*) che a quel punto cominciano a moltiplicarsi e rifrangersi davanti alla loro coscienza.

In §1.3, offro una prima panoramica – tanto rapida quanto coerente e unitaria – dello zodiaco di «già sedimentate visioni del mondo» che la scienza attuale propone alla mente degli uomini come l'etere in cui avviene la trasmissione dei suoi saperi.

Insisto, in questo caso (§1.3.1), sulla *natura simbolica profonda* che le immagini e le parole su cui viaggia la didattica attuale veicolano nell'animo del discente. La rassegna iconologica ed espressiva da me offerta è cioè da recepire come una teoria di *Urbilde* (immagini archetipiche nel senso di Husserl/Wittgenstein) e non semplicemente una serie di *topoi* didattici, peraltro universalmente noti e diffusi. Quello su cui insisto è che questi nostri archetipi scientifici descrivono il mondo – a tutti i livelli dell'educazione alla scienza – secondo il modo primario e dunque «sincretico» [Piaget], e per questo indiscutibile, di ciò che

veramente è, diseducando a crescere, anzi, peggio, educando alla paura di crescere.

Alla fine di questa rassegna (§1.3.2), definisco la nozione di "campo di precomprensione archetipica" come sistema di forze mentali che emanano direttamente (§1.3.3) dalla *fonte trascendentale* della coscienza: donde siamo capaci di dare/togliere senso non solo agli oggetti ordinari dell'esperienza, ma alle evidenze *apriori* della matematica e della logica. Questo campo è allora sia la potenza da contrastare che quella da utilizzare, perché è la dimensione in cui la nostra mente *decide*, liberamente e creativamente, il senso del mondo in cui si trova immersa. Si tratterà allora di risvegliare proprio questo spazio vitale e creativo, utilizzando gli "choc di contro-senso" che al presente si limitano a paralizzare i nostri allievi.

In §1.4, mostro infine lo "choc di contro-senso" cui vanno incontro i nostri studenti quando devono confrontarsi con la natura inesorabilmente *secondaria* delle verità scientifiche. Una mente del tutto impreparata a questa rivelazione è violentemente esposta al rischio dello *scandalo* e cioè al rischio di far coincidere – come direbbe Kant – l'idea di *rappresentazione* [*Erscheinung*] con l'idea d'*inganno* [*Scheinen*]. Da parte loro, i meccanismi fondamentali della nostra trasmissione del sapere scientifico fanno di tutto per nutrire questo scandalo, essenzialmente perché non preparano gli allievi al momento del trapasso e anzi li educano a riempire qualunque vuoto di comprensione della realtà, non con la consapevolezza critica della sua natura di rappresentazione, ma con una realtà immaginata ancora più incomprensibile e assurda e *sempre più primaria e infantile*. Lo scandalo, infatti, non è che questo: un'apprensione primaria e infantile (terrorizzata e fobica) della natura secondaria di un modello. In ciò che segue affronto concretamente il problema di come gestire questo pericolo: altissimo, dal momento che nell'epoca attuale

lo scherno e il disprezzo cinico e disincantato per la verità scientifica è un'attitudine che dà molto credito intellettuale agli scandalizzati *pusilli* che se ne gloriano.

Capitolo 2. In apertura mi muovo sul filo delle indicazioni del legislatore e affermo che, per affrontare la situazione, occorre fin dall'inizio [ri]unificare la *dimensione narrativa* della scienza e la sua *dimensione strumentale* e *calcolativa*, insistendo sul fatto (è il cuore stesso di questa proposta) che questa unificazione non deve essere un'opzione didatticamente estrinseca ai contenuti da apprendere, anche se culturalmente edificante. Essa deve al contrario radicarsi proprio A) nelle esigenze di senso potentemente avanzate dagli allievi stessi *durante* l'ora di matematica (fisica ecc.), quando si confrontano con la *primariamente* incomprensibile natura degli oggetti scientifici; B) nella natura stessa della scienza, che nei suoi meccanismi genetici non è che la narrazione di come il mondo, venuto il momento, manifesta alla nostra mente stupita la sua tessitura sottile e profonda. L'allievo perso davanti all'Insieme Vuoto o al Vettore Nullo è qui e ora un piccolo Socrate, Cartesio, Dedekind… ipnotizzati da quegli stessi enigmi che *solo poi* risolveranno. È allora proprio in questa fase di disorientamento che la narrazione scientifica realizzerà in classe l'evento "microstorico" della nascita della Scienza nella mente dell'Uomo. Così come Galileo ha mostrato che ogni movimento naturale ri-comincia da zero, allo stesso modo ogni operazione della mente è sempre un nuovo inizio e una nuova nascita. La *Schöpfung* dedekindiana – la creazione di un ente matematico di fronte a un vuoto di senso nel «mondo del pensiero» [*Gedankenwelt*] – diventa così l'operazione unificatrice tanto della scienza nel suo tutto che della sua didattica.

Appena prima di entrare nel concreto, descrivo le quattro fasi dinamiche di (0) blocco cognitivo, (–) decristallizzazione logica, (+) transizione narrativa e (1)

fissazione sperimentale, in cui si svilupperà il processo di apprendimento: un *gioco nuovo* che si svolge secondo il ritmo naturale di una *creazione continua*.

In §2.1, comincio col passare in rassegna gli *Urbilde* utilizzati per insegnare a usare il calcolo vettoriale, mentre in §2.1.1, mi soffermo sull'effetto di *paralisi cognitiva* che provoca questa immagine *primaria* del vettore una volta messa in funzione.

Nelle *Lezioni* (§2.2ABC), mostro come si può utilizzare proprio la forza di questa paralisi se essa viene trasformata nella prima fase (*fase 0*, di "caricamento" cognitivo) di un riorientamento gestaltico dei meccanismi di creazione/comprensione degli alunni.

Seguono le tre fasi A, B, C.

In A, gli allievi vengono messi di fronte alla natura puramente simbolica della freccia del vettore. In B, viene veramente *ascoltata* e *fatta parlare* la potente esigenza narrativa propulsa dalla loro stessa mente, obbligata dalla scuola ad accettare una freccia che dapprima viaggia in cerchio sul tetto di un'automobile, per poi venire riunita al centro di quello stesso cerchio insieme a tutte le altre frecce ("che sta succedendo?…"). È cioè l'allievo stesso che, ascoltato e fatto parlare in questo «incrocio di vuoto» [Chuang Tzu] tra processo primario e processo secondario, autonomamente trasforma la *storia della scienza* da contenuto disciplinare separato, in didattica delle nozioni in tal modo *generate* nel suo animo. La lezione ripercorre il vettore storico Aristotele → Galileo → Kant → Hamilton e cioè proprio la storia della nozione di *cominciamento* del moto che è l'essenza del calcolo dei vettori. In C, viene costruita in modo del tutto nuovo (e cioè effettivamente galileiano) l'evidenza sperimentale del Piano Inclinato e della sua musica interna, mai dimenticando di mostrare e far sentire che la scienza è la storia, il racconto, di un mondo musicale e sensato che ininterrottamente *parla* agli uomini che lo abitano.

Capitolo 3. Passo all'esempio dei numeri e degli *Urbilde* al cui interno vengono insegnati. In questo caso, la nozione sotto accusa non è quella di una scienza calcolativa e strumentale, bensì quella della scienza come *problem solving*, che io critico tanto in generale – la scienza è *creazione continua* di problemi mai pensati e impensabili, e nient'affatto l'impresa di risolvere problemi "dati" (*Da chi*? *A chi*? Dove lo ha trovato Pitagora, sotto il sole mediterraneo del VI secolo a.C., il problema *da risolvere* del rapporto tra l'ipotenusa e i cateti di un triangolo rettangolo?) – che per il modo surrealmente banalizzante in cui questa nozione si traduce in classe e sui testi. Questi ultimi, infatti, da un lato fanno succedere le solite immagini *primarie* di palline, pesciolini e torte da tagliare, mentre narrano nel frattempo che distribuire le tavolette di cioccolata e contare quanti pesci ci sono in un acquario vuoto… erano *questi* i "problemi da risolvere" che hanno generato i numeri razionali e la teoria degli insiemi. Preparato in questo modo, l'allievo si ritrova assolutamente impreparato davanti all'apparizione (§3.1.1) dell'acquario Ø e (§3.1.2) della tavoletta di cioccolato √2.

In §3.1.3, mi concentro sulla *totale disattenzione* che questa didattica riserva alla differenza / opposizione (costantemente reiterata dal legislatore) che separa l'«ordine psicologico» dell'apprendimento rispetto all'«ordine epistemologico» e sistematico delle nozioni già acquisite. Lo "choc di controsenso" generato dalle nozioni-cardine della matematica di tutto il percorso liceale ci offre anche in questo caso una sufficiente propulsione per ripetere, nelle *Lezioni* in §3.2ABC, il percorso organizzato nel caso dei vettori. La *narrazione* proposta dagli autori è, infatti, logicamente e cognitivamente inevitabile perché si deve per forza *raccontare* da dove spuntano fuori √2 o Ø in un mondo di pesciolini e torte dove andava tutto bene. Basterà allora raccontare *veramente* e correttamente le cose, fin dall'inizio.

In A, metto gli allievi davanti all'evidenza che la *rappresentazione* di un numero non ci dice di per se stessa la sua natura (il "segmento" *u* sulla retta dei numeri, e dunque la retta, non sono *grandezze* geometriche). Utilizzo a tal fine i segmenti *numerici* di Euclide per far vedere che non possono rappresentare grandezze, altrimenti tutti i numeri sarebbero pari. Mostro che da questa distinzione originaria tra numero e grandezza nasce l'idea di *insieme*, come molteplicità interna (materia, profondità) del numero.

In B, faccio all'opposto capire la nozione di Insieme Vuoto, non a partire dai simboli numerici, ma dal fenomeno *fisico* della rotazione, e dunque della nozione di "momento". Il vuoto interno al campo di rotazione di cui è portatore ogni corpo in quanto tale (il "corpo stesso") fa ben intendere cosa può significare il simbolo Ø (interno a ogni numero in quanto tale) e la nozione dedekindiana di *Zahlkörper* (corpo numerico).

In C, faccio riflettere sulla valenza musicale del numero razionale, nel *continuum* logico/espressivo, e dunque narrativo, del *melos*.

Capitolo 4. [§4.1] Metto di nuovo in luce l'orizzonte archetipico che governa la nostra civiltà da almeno due secoli, grazie a un esempio di duhemiana «esperienza assurda», preso da un testo classico di Edoardo Amaldi, e a un arbitrio nella traduzione di un passaggio della *Fisica* di Aristotele, compiuto da Barthélemy St.Hilaire. Faccio questo al fine di mostrare che questa dimensione in cui si può *forzare* il senso delle evidenze più evidenti, è proprio la dimensione in cui l'uomo può venire *educato* a dare un senso nuovo alla sua vita: il regno della scuola.

[§4.2] Mostro allora che la scuola è una realtà primordiale e archetipica della nostra mente e che per questo può fare così tanta paura: non come «per traslazione» fa paura una *realtà* che ci separa da un'altra *realtà* cui siamo attaccati (la prospettiva della «displacement/separation

anxiety» che inverte i termini del problema) ma come fa paura la presa di coscienza che ogni realtà può venire *interpretata* come il suo proprio simbolo, il che lascia l'uomo libero di agire, sapere, parlare, e cioè di crescere e uscire dalla minorità.

[§4.3] Così definita, la scuola si rivela infine come il seme più importante per generare un vero cambiamento e perché gli uomini ricomincino a sperare in un mondo nuovo.

Introduzione

I. La continuità analogica tra Primaria e Secondaria

Qualunque azione didattica e pedagogica veramente efficace si svolge interamente in quella dimensione/fase di passaggio in cui il "modo primario" e "ingenuo" di pensare la realtà e la conoscenza si trasforma nel "modo secondario", critico e razionale. Una trasformazione così radicale da avere, per il legislatore italiano, «il valore simbolico di una rottura»:

> Il passaggio dall'istruzione primaria all'istruzione secondaria, pur nella continuità del processo educativo che deve svolgersi secondo spontaneità e rispetto dei tempi individuali di maturazione della persona anche e soprattutto nella scuola, esprime, sul piano epistemologico, un valore simbolico di "rottura" che dispiegherà poi le sue potenzialità nell'istruzione e nella formazione del secondo ciclo.
> *La scoperta del modello*. Nell'età della Scuola Primaria, nonostante la ricchezza dei quadri conoscitivi elaborati nel corso del quinquennio, resta, in genere, ancora dominante la persuasione di una coincidenza tra realtà e conoscenza della realtà, tra la natura e le rappresentazioni che ce ne facciamo. Passare da un'istruzione primaria ad un'istruzione secondaria significa, invece, cominciare a maturare le consapevolezze che mettono

> in crisi questo isomorfismo ingenuo e scoprire in maniera via via più convincente e raffinata l'incompletezza di qualsiasi rappresentazione, iconica e/o logica, della realtà. Passare da un'istruzione primaria ad una secondaria di 1° grado, in questo senso, significa confrontarsi con il problema del *modello*. Qualsiasi modello della realtà, a partire da quello iconico fotografico per giungere a quello più astratto e formale, infatti, non comporta una trascrizione completa e fedele dell'oggetto che vuole rappresentare, bensì una selezione di certe qualità o scopi di esso. Conoscere in maniera "secondaria" vuol dire, allora, adoperare costrutti mentali esplicativi che si fondano su un uso appropriato dell'analogia. [MPI, DL04 C: 2]

Una vera azione didattica è tutta qui: [re-]insegnare alla mente dell'allievo un uso appropriato dell'analogia, creando nel suo animo uno spazio – un tempo! – abbastanza ampio e risuonante da generare da se stesso una visione autenticamente critica del mondo, e cioè consapevole dell'inesauribile ricchezza delle sue ragioni.

Questo tempo vuoto della *skolè* (*otium*, scuola) è assolutamente necessario per accogliere nel silenzio e nella riflessione la verità del mondo reale: la sua voce, molteplice, sottile e infine puramente simbolica… dunque apparentemente indominabile. Tuttavia, esso è attualmente occupato dall'ansia, la paura e la fretta. Dedicarsi a ristabilire una continuità in questa frattura che separa la realtà dal suo simbolo, e dunque il bimbo dall'adulto, significa allora dedicarsi a convincere i nostri allievi che non c'è niente di così terribile da temere e che vale la pena procedere verso il nuovo mondo, appena intravisto, sognato e temuto. Significa, in altre parole, *convincerli a cominciare*.

II. Il problema della pedagogia della scienza

Il dominio su cui concentreremo la nostra attenzione è quello della pedagogia della scienza, perché è lì che la

totalità dei sistemi educativi del nostro mondo sta sperimentando la massima difficoltà.

La sola rappresentazione logico/matematica dei fenomeni non è, infatti, di per sé sufficiente a farci capire l'universo che ci circonda. Al contrario, solo attraverso un profondo e silente ascolto della *voce* delle cose, possiamo attingere la luce più preziosa che irradia dai simboli della scienza:

> L'inesauribilità della realtà e il suo carattere aperto a più modelli rappresentativi spiega due altre dimensioni che accompagnano l'istruzione secondaria di 1° grado. La prima riguarda la necessità di modelli di rappresentazione degli oggetti, del mondo e della vita diversi da quelli scientifico-matematici: si tratta dei modelli di natura linguistico-letteraria, artistico-estetica, tecnologica, storico-sociale, etica e religiosa che tanta parte hanno avuto nella nostra tradizione, contribuendo con pari (quando non, in alcuni momenti storici, maggiore) dignità a ricercare la verità e a definire la nostra identità culturale. Infatti, dimensioni come l'affettività, il giudizio etico l'appagamento estetico, il senso del limite ecc., non trovano nei modelli matematici adeguati strumenti di rappresentazione. [Ivi: 3]

E tuttavia, sebbene la Conoscenza non sia che un frutto del mondo in cui l'abbiamo colta – di certo il più prelibato… – attualmente il Mondo stesso, in tutta la *primaria* e immensa infinità del suo giardino, è una fonte a cui la nostra scienza – e la sua pedagogia – hanno cessato di attingere per trarne un reale e vivo nutrimento. È questo, infatti, il punto debole – non legislativo ma epistemologico, e dunque didattico/pedagogico – di *tutti* i sistemi di educazione formale della nostra civiltà industrializzata: arricchita e resa potente da un *sapere* il cui *sapore* non riesce più ad attrarre gli esseri umani.

L'Europa stessa, nel suo tutto, si sta per questo occupando di riparare i danni creati da una pessima politica educativa. I bandi e gli appelli cominciano a susseguirsi…

> Nell'area del supporto dei giovani nella scienza, un'inchiesta è stata effettuata da un Gruppo di Esperti di Alto Livello (il "gruppo Rocard"). A seguito di questa inchiesta, i programmi di lavoro del 2008 e 2009 hanno sviluppato un approccio strutturato, che nelle scuole primarie e secondarie punta a incrementare l'uso di tecniche di apprendimento basate sull'indagine, e che permetterà di salvaguardare le conoscenze acquisite. All'origine di queste azioni v'è la caduta di interesse verso argomenti-chiave della scienza e della matematica, osservata in molti stati membri: fenomeno che è stato *legato al modo in cui queste materie vengono insegnate fin dalla prima infanzia*… [EC 2009. Mia trad. Corsivo mio]

… in un dominio in cui è tuttavia ancora tutto da fare, come appunto dice il «gruppo Rocard»:

> Mentre la comunità dell'educazione alla scienza è concorde sul fatto che le pedagogie dei "metodi basati sull'indagine" [*inquiry based methods*] sono le più efficaci, la realtà della pratica in aula è che nella maggioranza dei paesi Europei questi metodi semplicemente non stanno venendo implementati. Le iniziative in corso in Europa, che perseguono attivamente il rinnovamento dell'educazione alla scienza attraverso metodi basati sull'indagine, rappresentano una grande promessa, ma non hanno una portata sufficiente a determinare un impatto sostanziale, e non sono in grado di sfruttare a pieno il potenziale europeo di supporto alla loro diffusione e integrazione. Un'inversione della pedagogia dell'insegnamento scientifico, dai metodi deduttivi ai metodi basati sull'indagine, fornisce i mezzi per aumentare l'interesse nella scienza. [EC 2007: 2. Mia trad.]

III. La genesi epistemologica del problema

Data la natura stessa della nostra mente, una volta passata la prima età scolare, l'apprensione "primaria" e l'apprensione "secondaria" della realtà divengono due dimensioni sempre *simultaneamente* presenti nell'animo

di un individuo, "per tutto l'arco della sua vita". Mancare di una corretta capacità di gestire il passaggio vivente dall'una all'altra – restando dei bambini-non-adulti e degli adulti-non-bambini – significa allora non potersi nutrire della *ricchezza analogica* dell'esperienza, condannandosi a una percezione bidimensionale di noi stessi e del mondo. Del mondo dei "grandi" – mai stati piccoli – come di quello dei "piccoli", che non cresceranno mai.

Il problema sta proprio qui: che al presente, il cammino che dal "primario" porta al "secondario" viene percorso in una sola direzione, che vede nell'«isomorfismo ingenuo» del bambino, precedente alla «scoperta del modello», una condizione della mente piagettianamente ricca, coerente ed influente…

> Si può dire che [i fanciulli che entrano nella Scuola Primaria] abbiano maturato in famiglia, nei rapporti con gli altri e con il mondo, nella scuola dell'infanzia non soltanto una "loro" fisica, chimica, geologia, storia, arte ecc. "ingenue", ma che abbiano elaborato anche una "loro" altrettanto "ingenua", ma non per questo meno unitaria, organica e significativa visione del mondo e della vita. […] Gli allievi "accomodano" sempre i nuovi apprendimenti e comportamenti con quelli già interiorizzati e condivisi, e il *ricco patrimonio di precomprensioni*, di conoscenze e abilità tacite e sommerse già posseduto da ciascuno influisce moltissimo sui nuovi apprendimenti formali e comportamentali. [MPI DL04 B: 3. Corsivo mio]

… ma in ogni caso (e anche qui *piagettianamente*) da superare definitivamente, nella direzione di un pensiero scientifico/razionale che non ha più nessuna irrinunciabile ricchezza da trarre dal «ricco patrimonio di precomprensioni» che animano il mondo dell'infanzia, non più di quanto un ragazzo di liceo possa divertirsi a giocare con l'orsacchiotto:

> Perché le cose diventino realmente degli *oggetti*, bisogna che il bambino comprenda il "come" della loro apparizione e spari-

> zione, e che rinunci così a credere possibile la loro apparizione misteriosa nel posto in cui sono spariti e dove l'azione propria li ha ritrovati. In breve, bisognerà che al fenomenismo della percezione immediata e al dinamismo dell'efficacia pratica subentri un razionalismo propriamente geometrico**.** [Piaget 1937: 60. Mia trad.]

Ora, è proprio questo definitivo abbandono nel passato della dimensione infantile, «sincretica», «magica», «animistica», «ingenua»… e cioè *nascente e creativa* del pensiero umano, che ottunde infine una vera trasformazione delle credenze primarie del fanciullo in un sistema dinamico, aperto e pluridimensionale di modelli formali «ritenuti soddisfacenti da chi si è posto il problema di comprenderli e di comunicarli universalmente senza cadere in equivoci» [MPI, DL04 C: 3].

In realtà, e al contrario di quello che afferma Piaget nel passaggio citato, «oggetti» come t^2 (un quadrato fatto di tempo puro) $\aleph_\emptyset$ (un numero innumerevole) o $\sqrt{2}$ (un numero pari e dispari allo stesso tempo) sono, per la nostra ragione, delle entità *rigorosamente impossibili* – proibite! – prima che dei bambini come Galileo Galilei, Georg Cantor o Richard Dedekind osino pensare possibile la loro «misteriosa apparizione» nell'universo della scienza. E, in effetti, è proprio così che, secondo il legislatore, le cose dovrebbero andare, quando afferma che il linguaggio matematico dovrebbe essere il ponte e il mediatore tra il mondo – luogo della realtà e dell'esperienza – e l'anima dell'uomo, voce della pura possibilità e dunque delle sue massime potenzialità:

> *Il modello matematico-scientifico***.** In questo contesto, particolare importanza è attribuita alle modalità attraverso le quali si elabora la descrizione scientifica del mondo, concentrando soprattutto l'attenzione sul *processo di matematizzazione* degli oggetti fisici e sulla conseguente costituzione di un modello che rimpiazza in senso letterale gli oggetti reali. *Il modello*

> *matematico*, per i suoi pregi di oggettività e di intersoggettività, diventa *elemento di congiunzione, vero e proprio "interfaccia"* tra la realtà e la dimensione delle scienze sperimentali. Si avvia, a partire dalla Scuola Secondaria di 1° grado, un processo iterativo che modifica e raffina i modelli ottenuti attraverso l'analisi, in forma sempre più logicamente organizzata, della complessità dei dati reali e la successiva verifica condotta alla luce delle prove sperimentali disponibili. Il processo continua sino a quando i risultati ottenuti su una classe significativa di dati empirici non siano ritenuti soddisfacenti da chi si è posto il problema di comprenderli e di comunicarli universalmente senza cadere in equivoci. [MPI, DL04 C: 3. Corsivi miei]

E tuttavia le cose hanno da tempo preso tutta un'altra piega. Nel nostro cielo, costantemente rabbuiato da Buchi e Corpi Neri, sembra che le nuove generazioni non vogliano più andare a vedere se qualcosa di *veramente nuovo* possa ancora prendere luce e vita. È dunque proprio nella dimensione *sottile* e di «interfaccia» del pensiero umano – dove pulsa il suo cuore più vero ed essenziale – che le cose proprio non riescono ad andare – in nessun paese del nostro mondo attuale – così come il nostro legislatore vorrebbe che andassero. In questo dominio terzo – la zona intermedia tra la dimensione "primaria" e la dimensione "secondaria" della nostra mente – solo un attento e meditato lavoro di «presa di coscienza» [Piaget 1974] può far sì che il passaggio (tanto sincronico che diacronico) dalla prima alla seconda (e viceversa) prenda effettivamente e non solo illusoriamente *un corpo*, una vita, una consistenza.

Ora, da una parte, è verissimo che, in concorrenza con l'antipedagogica prospettiva freudiana, tutta l'opera di Piaget ha avuto il grandissimo merito di concentrarsi proprio su questa terza dimensione – genetica, dinamica e irriducibilmente diveniente – della nostra evoluzione mentale, dove la *forza agente* e propulsiva è quella della coscienza/io piuttosto che dell'inconscio/es, e che è tanto "primaria"

quanto il mondo fatato e «sincretico» dell'infanzia [Piaget 1923, 1924, 1926] e tanto "secondaria" quanto il mondo critico e «sintetico» dell'età della ragione:

> Freud arriva fino a paragonare la coscienza a un "organo di senso interno", sul presupposto – secondo questa prospettiva – che la sensazione si limita a ricevere una materia esterna, senza essere suscettibile di trasformarla. Tuttavia, nessuno ha contribuito più di lui a farci considerare l'"inconscio" come un sistema dinamico in continua attività.
> Le nostre ricerche conducono a rivendicare dei poteri analoghi in favore della coscienza stessa. In effetti, precisamente nella misura in cui si desidera marcare e conservare delle differenze tra inconscio e coscienza, bisogna bene che il passaggio dall'uno all'altra esiga delle ricostruzioni, e non si riduca semplicemente a un processo di rischiaramento: è per questo che ognuno dei nostri capitoli ha mostrato che la presa di coscienza di uno schema d'azione lo trasforma in un concetto, questa presa di coscienza consistendo dunque essenzialmente in una concettualizzazione. [Piaget 1974: 61. Mia trad.]

D'altra parte però, al cospetto di questa sottilissima regione della nostra esperienza, anche il sistema piagettiano ha mostrato da tempo e con chiarezza i suoi limiti, e la didattica della scienza su di esso fondata si è rivelata incapace di parlare dei propri oggetti in modo realmente «soddisfacente» per chi – si tratti di un bambino delle elementari, di un fanciullo delle medie, di un giovane liceale o universitario, o di un adulto da [ri-]scolarizzare… – si è effettivamente «posto il problema di comprenderli e di comunicarli universalmente senza cadere in equivoci».

La conseguenza ne è che non c'è *un solo paese del nostro mondo* in cui le cose vadano effettivamente come vorrebbe il testo della nostra programmazione scolastica, e quello che sta per fortuna capitando è che ora le *istituzioni* di questo stesso mondo cercano di correre ai ripari intervenendo sulle proprie politiche didattiche ed educative.

IV. La natura ideologica e archetipica del problema

La questione da affrontare non ha tuttavia solo una provenienza genericamente teorica, ma più profondamente *ideologica* ed in ultima analisi *archetipica*.

Ideologica. L'epistemologia di Piaget è stata la voce di un'intera epoca e dei suoi modelli culturali profondi – i suoi archetipi storici – che sono, come tali, meglio espressi da questo passaggio autobiografico – una sorta di *apologia antisocratica* – che dalle migliaia di pagine d'indagini che ne sono seguite:

> All'età di dieci o undici anni, subito dopo essere entrato al "collegio latino", decisi d'essere più serio. Avendo scorto un passero parzialmente albino in un parco pubblico, inviai un articolo di una pagina, a un giornale di storia naturale di Neuchâtel. Il mio articolo fu pubblicato, ed io ero "lanciato"! […] Questi studi, per prematuri che fossero, furono nondimeno molto utili alla mia formazione scientifica; in più essi funzionarono, se posso dire, come *strumenti di protezione contro il demone della filosofia*. Grazie ad essi, ebbi il raro privilegio d'intravedere la scienza, e ciò che essa rappresenta prima di subire le *crisi filosofiche dell'adolescenza*. Aver avuto l'esperienza precoce di queste due problematiche ha costituito, ne sono convinto, *il movente segreto* della mia successiva attività in psicologia. Tuttavia, invece di proseguire tranquillamente la carriera di naturalista, che mi appariva così normale e semplice dopo queste felici esperienze, subii tra i quindici e i venti anni una serie di crisi dovute insieme alle condizioni familiari e alla curiosità intellettuale caratteristica di quest'età così produttiva. [Piaget 1976a: 3]

La prima di queste crisi adolescenziali è religiosa, ed è proprio il «démone della filosofia» che soccorre il giovane Piaget oppresso dal Dogma. Patteggiare con Mefistofele non è tuttavia un'impresa esente da rischi...

> Così una nuova passione s'impadronì di me: la filosofia. Ne seguì una seconda crisi. Il mio padrino, Samuel Cornut, un

> uomo di lettere, m'invitò, all'incirca a quest'epoca, a passare le mie vacanze con lui al lago d'Annecy. […] Mi parlava dell' *Evoluzione Creatrice* di Bergson. Fu la prima volta che sentii parlare di filosofia da qualcun altro che non era un teologo; lo choc fu immenso, devo ammetterlo.[…] In primo luogo fu uno choc emotivo; mi ricordo di una sera di rivelazione profonda: l'identificazione di Dio con la vita stessa era un'idea che *mi agitò quasi fino all'estasi* perché mi permise da allora di vedere nella biologia la spiegazione di ogni cosa e della mente stessa. In secondo luogo, fu uno choc intellettuale. Il problema della conoscenza (propriamente parlando, il problema epistemologico) mi apparve improvvisamente in una prospettiva interamente nuova e come un argomento di studio affascinante. Ciò mi fece prendere la decisione di consacrare la mia vita alla spiegazione biologica della conoscenza. [...] Fui abitato dal desiderio di creare, e cedetti alla tentazione. Tuttavia, *per non compromettermi nel dominio scientifico* aggirai la difficoltà scrivendo – per il grande pubblico, e non per gli specialisti – una specie di romanzo filosofico – *Ricerca* – di cui l'ultima parte conteneva le mie idee (1917). *La mia strategia si rivelò efficace: nessuno ne parlò* se non uno o due filosofi indignati. Rileggendo ora questi diversi scritti, che segnano la crisi e la fine della mia adolescenza – e che avevo interamente dimenticato fino al momento di riaprirli per quest'autobiografia – vi trovo con sorpresa idee che mi sono ancora care e che non hanno cessato di guidarmi nelle mie imprese più diverse. [Ivi: 3-8. Mia trad. Corsivi miei]

Insomma se Socrate *parlava* di quello che il *daimon* negativamente gli diceva di *non* fare[1], Piaget ha, a suo dire, vissuto *non parlando* di quello che «segretamente» il suo demone filosofico gli diceva *di fare* … pur facendolo!

Queste parole di Piaget esprimono in modo luminoso la natura ultima di quello che milioni di manuali di didattica delle scienze da un secolo a questa parte *evitano* accuratamente di fare a ogni passaggio – ad ogni «incrocio di vuoto» – in cui l'unica – rigorosamente l'unica – possibilità aperta al didatta per farsi capire dagli allievi è illuminare con esplicita franchezza e pedagogica responsabilità l'orizzonte *filosofico* di provenienza e interpretazione degli

oggetti di cui sta parlando. Al contrario, in una sorta di continuum più esorcistico che scolare, il «dèmone della filosofia» è costantemente azzittito nella completa denegazione di quello che sta tuttavia avvenendo: e cioè che l'insegnante *non crede* a una parola di quello che dice, e l'allievo men che meno.

Questo tacito accordo tra docente e discente nel non credere alle proprie parole fa paura a tutti: fa fuggire e rimuovere i problemi (*veri*) piuttosto che spingere a "risolvere" i non-problemi proposti in classe, e tutto questo ha un nesso intrinseco col pervasivo fenomeno della dispersione scolastica e con le manifestazioni acute delle sindromi da fobia scolare. È *la scuola che fa paura* – chiunque *ha* paura *fa* paura – nel momento in cui, invece di esortare i ragazzi a crescere e ad acquisire coscienza, diventa il luogo fondamentale della denegazione e del "si fa così".

Un mondo di valori violentemente anti-filosofici popola il nostro immaginario culturale, spesso fino allo scherno e all'irrisione degli stessi creatori delle teorie insegnate: si tratta Euclide come il portatore di una "verità" virgolettata e obsoleta, mentre si insegna la sua geometria; si trattano con condiscendenza il *cogito* di Cartesio o le *monadi* di Leibniz, sulle stesse pagine dedicate alla geometria analitica o al calcolo integrale; si schernisce Cantor e la sua definizione «filosofica» di insieme, mentre si insegnano gli insiemi^2 ecc. ecc. ecc.

In queste condizioni pesantemente ideologizzate, una vera pedagogia della scienza «inquiry-based» è mutilata alla radice, dal momento che non c'è *un solo oggetto scientifico* di quelli che gli insegnanti hanno l'obbligo di insegnare con questi metodi, che non sia nato da una *inquiry* pienamente e coscientemente filosofica, così come appunto ci confessa alla fine della sua vita Jean Piaget nella sua anti-Apologia.

Archetipica. Nessuna rigidità ideologica è d'altra parte possibile, se non come espressione storica di un modello

mentale più profondo e originario. Questi modelli mentali errati – antichi come la mente, se v'è una mente – sono i *paralogismi* confutati da Aristotele e da Kant, gli *eidola* presi di mira da Platone e Bacone, gli *ostacoli epistemologici* indicati da Bachelard… e devono comunque essere segnalati e isolati nella loro più semplice manifestazione etico/pragmatica, estetica, logica e iconologica, se si vuole avere una qualche efficacia nel contrastare l'ideologia che se ne fa veicolo.

Le sezioni §1.3-4, §2.1, §3.1 e §4 hanno innanzitutto lo scopo di portare alla luce queste "visioni" fondamentali della nostra apprensione scientifica del mondo: il sistema di costellazioni cognitive che come uno zodiaco delimita il *campo di precomprensione archetipica* al cui interno la nostra scienza, praticata e insegnata, dà o toglie senso ai suoi oggetti.

È su questa base che si può intendere la natura e il senso di questa proposta didattica, che essenzialmente mira a *liberare alla radice le energie mentali degli allievi*. Mi permetto dunque di insistere a che quelle pagine vengano lette con questa attenzione simbolica profonda piuttosto che solo dal punto di vista della loro efficacia/non efficacia nei domini didattici – i testi di riferimento – donde traggo le parole e le immagini che passo in rassegna.

V. L'orizzonte

Quello che io sostengo è che se non si riconosce e interloquisce *direttamente* quest'origine universale e pre/proto-culturale degli «ostacoli epistemologici» che impediscono l'accesso alle fonti vere e vitali del pensiero scientifico, non si potrà intervenire nella prassi effettiva dell'insegnamento delle scienze. Le due concrete proposte di didattica alternativa (§2.2 e §3.2) realizzano dunque

un *riorientamento primario* dei metodi di trasmissione del sapere, al fine di rivitalizzare le radici dell'albero dell'educazione alla scienza, che è ai miei occhi l'unica forma di vita di cui un'*ecologia* responsabile (della natura o della mente) dovrebbe, in effetti, occuparsi.

Ora, il mondo della didattica della scienza ha messo largamente a tema la conformazione logica e mentale delle «situazioni» pedagogiche [Brousseau] che si sono venute a creare proprio su queste basi ideologiche e culturali. Analogamente, le riflessioni della scuola pragmatico/ecologica di Palo Alto o della psichiatria fenomenologica di Ronald Laing sulla struttura sistemico/simbolica della mente e dei suoi processi di crescita e risanamento offrono preziosi strumenti di lettura per parlare con rigore delle diverse dimensioni comunicative e meta-comunicative coinvolte nei dispositivi didattici attualmente attivi: per questo io dialettizzo ininterrottamente con queste prospettive.

Resta, però, un punto che va detto così come è, e cioè va semplicemente *messo a nudo* come qualunque altro re: l'ora di matematica *non è* l'ora di filosofia e la scuola è diventata il suo proprio contrario nel momento in cui s'è trasformata nel garante supremo di questa separazione, della quale è *vietato* veramente, e dunque *affidabilmente*, parlare.

Su questo punto quelle stesse prospettive – psichiatriche, antropologiche, ecologiche, cognitiviste, epistemologiche … – hanno infine mancato il loro oggetto ultimo. I vuoti nel linguaggio matematico sono ascoltati unicamente dalle orecchie della filosofia – Kant direbbe: se esiste una matematica pura, allora esiste una filosofia pura – e la scuola è nata nella storia e nella mente umana come l'auditorium di questo dialogo ininterrotto e, soprattutto, inevitabile. Un dialogo che dunque in ogni caso *avviene* – gli autori dei manuali scientifici non la smettono un momento di inanellare filosofemi sui loro oggetti, mentre sui manuali di filosofia non si fa che parlare di scienza – …

ma nella denegazione generale di un'evidenza semplice e chiara: questi due segmenti di sapere tra loro incommensurabili, non sono in realtà che la diagonale e il lato di uno stesso quadrato, che si chiama appunto *Scuola*.

Le pagine che seguono si propongono dunque di affrontare il problema *a partire da questa sua radice profonda* e contengono tanto il suo inquadramento teorico e istituzionale, quanto delle proposte concrete e operative destinate ai dirigenti scolastici dei licei italiani e a tutti gli operatori dell'educazione formale e informale, della pedagogia e della psicologia, che le riterranno degne di attenzione.

Il fine fondamentale di questa proposta didattica è quello di rimettere la Speranza nel cuore stesso della scienza e cioè nella mente di chi è incaricato di trasmetterla e di chi è obbligato a riceverla.

Note

[1] «Dunque, o giudici, – e bene a ragione vi chiamo giudici – m'è avvenuta una cosa meravigliosa: la solita voce profetica, quella del demone, che fin'oggi io ho udito molto frequentemente contrariarmi anche in piccole cose se non stavo per far bene ora invece che, come voi vedete, mi succedono cose ben più importanti, che si crederebbero e si credono mali estremi, non mi ha contrariato né stamane, quando sono uscito di casa, né quando sono venuto da voi in tribunale, né mentre pronunziavo la mia difesa, qualunque cosa fossi io per dire, nonostante altre volte mi avesse fermato la parola a mezzo. Qualunque cosa, insomma, io stessi per dire o per fare durante l'intero processo, tale voce mai mi contrariò. Che cosa debbo dunque arguire? Ve lo dirò: mi pare, cioè, che quel che è avvenuto a me sia un bene, e quanti di noi pensano che il morire sia un male, pensano stoltamente. E la prova è che il segno consueto non poteva non contrariarmi se stavo per fare cosa che non fosse buona». [Platone *Apologia*: 40a]

[2] Su questo, *cf.* §3.1.1

Capitolo I

Anni corti come giorni

Se vogliono passare l'esame di maturità, i nostri studenti devono imparare a parlare delle nuvole come Amaldi e Montale. Nuvole fatte di atomi…

> Tutte le cose che ci circondano sono il risultato della combinazione di un centinaio di atomi diversi. […] [Fig. 1] – Secondo l'ipotesi granulare della materia, tutti i corpi sono costituiti da grani invisibili (per esempio atomi e molecole).
> I grani di un gas o di un vapore, come il vapore acqueo in una nuvola, sono molto mobili. Quelli di un corpo solido, come il ghiaccio, sono praticamente fissi. I "grani" di un liquido come l'acqua hanno una mobilità intermedia tra quella dei solidi e quella dei gas. [U. Amaldi 2003 I: T4]

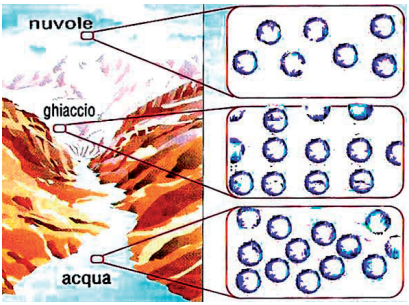

Figura 1

…ma anche «le belle sorelle che si guardano viaggiare»:

> Eravamo nell'età verginale in cui le nubi non sono cifre o sigle / ma le belle sorelle che si guardano viaggiare. D'altra semenza uscita / d'altra linfa nutrita / che non la nostra, debole, pareva la natura. In lei l'asilo, in lei / l'estatico affisare; ella il portento / cui non sognava, o a pena, di raggiungere / l'anima nostra confusa. Eravamo nell'età illusa. [E. Montale, *Fine dell'infanzia*]

Siamo alla fine dell'ultimo anno di liceo. Nell'epoca lontana dell'«età illusa», un «ricco patrimonio di precomprensioni» ha nutrito e animato il sentire delle cose in questi stessi ragazzi e la scuola se n'è servita proprio per portare quell'«estatico affisare» al suo punto di rottura. L'insegnante ha stimolato nella mente dell'allievo «le consapevolezze che mettono in crisi il suo isomorfismo ingenuo», per condurlo infine a «scoprire in maniera via via più convincente e raffinata l'incompletezza di qualsiasi rappresentazione, iconica e/o logica, della realtà». Ma se la «scoperta del modello» è di certo il più «procelloso» degli eventi…

> ...Volarono anni corti come giorni. / Sommerse ogni certezza un mare florido / e vorace che dava ormai l'aspetto / dubbioso dei tremanti tamarischi. / Un'alba dové sorgere che un rigo / di luce su la soglia / forbita ci annunziava come un'acqua; / e noi certo corremmo / ad aprire la porta / stridula sulla ghiaia del giardino. / L'inganno ci fu palese. Pesanti nubi sul torbato mare / che ci bolliva in faccia, tosto apparvero. / Era in aria l'attesa di un procelloso evento. / Strania anch'essa la plaga / dell'infanzia che esplora / un segnato cortile come un mondo!/ Giungeva anche per noi l'ora che indaga. / La fanciullezza era morta in un giro a tondo. [*Ibid.*]

…il naufragio definitivo è praticamente certo, se chi appare ad annunziarlo sono *nuvole*… fatte di atomi… «privi di senso» perché *in realtà*… fatti di nuvole…

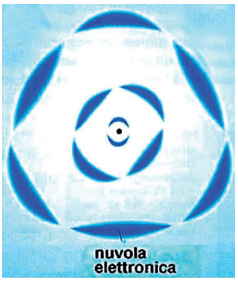

Figura 2. Poiché *non ha senso* parlare di traiettoria per le particelle subatomiche, non si può descrivere il moto dell'elettrone come quello di una pallina che gira intorno al suo nucleo. Secondo la meccanica quantistica, al posto delle orbite *è meglio immaginare delle nuvole sottili in cui l'elettrone è disperso*. Sono nuvole stazionarie, nel senso che al loro interno non c'è nulla che ruoti intorno al nucleo. [U. Amaldi 2003 II: F49. Corsivi miei]

Riconoscere le voci differenti di Amaldi e Montale, e apprezzarle entrambe, significa essere maturi per l'«ora che indaga». *Confonderli*, al contrario, significa essersi dispersi come un elettrone tra le nuvole, anche se si è in possesso di un diploma.

Per lo più, gli autori dei testi in uso non aiutano a evitare un simile completo disorientamento e la fatica più grande ricade sulla scuola e le persone in carne ed ossa che la fanno vivere. Tutto quello che segue è rivolto a chi di loro sente l'enorme responsabilità di una simile missione e cerca vie nuove e percorribili per portarla a compimento.

1.1. La rotta

Ed elli a me: "La tua preghiera è degna / di molta loda, e io però l'accetto; / ma fa che la tua lingua si sostegna. / Lascia parlare a me, ch'i' ho concetto / ciò che tu vuoi; ch'ei sarebbero schivi, / perch'e'fuor greci, forse del tuo detto". [Dante, Inferno XXVI]

Il rischio della crescita è *uno solo* e da sempre noto: che il passaggio alla consapevolezza non si trasformi in

altro che in un viaggio senza ritorno verso l'assurdo e il disinganno.

Chi traccia la rotta di questa navigazione iniziatica via dalle acque sicure del "primo ciclo" è la scuola del "secondo ciclo", e la massima responsabilità del Virgilio/docente nei confronti dei ragazzi e le ragazze che stanno per proiettarsi nel "terzo ciclo" di questa loro dantesca vicenda sta nel più sottile dei compiti: far capire che la natura *in realtà* non «inganna i figli suoi»… perché questa è *una metafora poetica*. O altrimenti detto: far capire che Leopardi, Sartre, Dalì e Duchamps… hanno usato analogie e modelli per dire un inganno *metaforico* e non piuttosto delle metafore per dire in modo più convincente e letterale un inganno *vero*. Tutto qua. Se «il fine specifico dei percorsi dei licei è la *theorìa*» [MPI,DL05 C: 2], un «percorso liceale» riuscito non è che questo: che il tempo del pensiero consenta di arrivare col cuore intatto all'età della ragione.

Il legislatore descrive con profondità e accuratezza i quattro ingredienti di questa duplice e unitiva trasformazione della verità in modello, e del modello in verità.

> [I] Dal sapere dell'analogia…
> *Consapevolezza dell'analogicità del concetto di scienza* – Le discipline umanistiche rivendicano una scientificità analoga a quella delle discipline esatte e naturali, anche se, ovviamente, sono diversi i criteri e le condizioni attraverso i quali possono affermare la fondatezza e l'affidabilità dei propri contenuti. Scientificità, infatti, è "rendere ragione" in modo pubblico e rigoroso della realtà che si studia e problematizzare, sul piano logico e sociale, posizioni e ipotesi rispetto alla stessa, con serietà metodologica e atteggiamento critico. [MPI, DL05 C: 3]

> [II] …all'analogia del sapere:
> *Promozione dell'interdisciplinarità*. Se è utile ordinare il sapere per discipline, non è meno utile ricordare l'impossibilità di

affrontare una disciplina a prescindere dalle altre. Fare matematica implica, infatti, anche correttezza linguistica, sensibilità storica, estetica, tecnico-operativa, morale ecc. In tale quadro, non è produttivo un insegnamento autoreferenziale e segmentato delle singole discipline. [*Ibid*.]

[III] «Secundum unitatem…»
Ricerca dell'unità della cultura. Ogni percorso liceale non mira a una semplice collazione, ancorché sistematica, di «saperi». La sua ambizione è piuttosto di trasformare, grazie alla mediazione educativa e didattica dei docenti, i «saperi» in "sapere" e le "singole discipline" in "cultura". [*Ibid*.]

[IV] «…inter generans et genitum»[1].
L'abitudine a trasferire strumenti e schemi concettuali da un contesto disciplinare ad un altro, la scoperta del carattere fortemente generativo del punto di vista extradisciplinare, il riconoscimento della complessità dei metodi e dei concetti che danno maggior senso alla realtà e alla vita individuale e sociale diventano, quindi, una costante dell'intenzionalità formativa. [*Ibid*.]

L'unità analogica delle cose, *sentita* durante la prima infanzia e *assaporata* durante la fanciullezza, deve ora essere *saputa*, trasformandosi così da analogia del mondo e dell'esperienza ad analogia della scienza. Per far questo, la mente deve imparare a muoversi e a dinamizzarsi, trasformare il movimento dei fenomeni in movimento del pensiero, generativo di un senso sempre nuovo nell'unitaria e sapiente natura delle cose. Lo studente diventerà così un «autonomo costruttore di se stesso», cosciente che «è proprio dell'uomo ricercare un significato alla propria vita» [MPI, DL05 A: 4].

Questi dunque sono i punti cardinali della rotta da percorrere, a destinazione età della ragione. E se questa è la rotta, sta solo allo studente volere *veramente* ascoltare le sirene del disinganno senza lasciarsi tentare, mentre sta all'insegnante spiegargli come si evita il naufragio. Come fare?

1.2. La strategia fondamentale

Il legislatore suggerisce la più antica delle strategie (l'unica possibile): usare la voce di quelle stesse sirene per uscire dal labirinto. Le ingenue credenze dell'età illusa si sono ora trasformate in «pratiche sociali automatiche e visioni del mondo già sedimentate» contro le quali la scuola ha partita persa, a meno che, con un vero e proprio *judo* pedagogico, non riusciamo ad usare quelle stesse forme pietrificate come base per un innalzamento critico del pensiero:

> Proprio perché nemmeno il sistema dei licei può competere con gli apprendimenti informali e non formali, con la trasmissione di pratiche sociali automatiche e di visioni del mondo già sedimentate in modi di pensare, fare e agire, è opportuno che in esso si abituino i giovani alla distanza e al controllo critico. In questo senso, nel sistema dei licei si creano le condizioni culturali, metodologiche, emotive e relazionali perché gli apprendimenti formali, non formali e informali siano esaminati e vagliati criticamente sul piano logico, etico-sociale ed estetico. [MPI, DL05 C: 2]

Questa trasformazione dell'«ostacolo epistemologico» in un sapere$_1$ *contro* cui costruire il sapere$_3$ di una nuova conoscenza criticamente controllata risponde allo schema dinamico della teoria broussoiana delle «situazioni didattiche»:

> [OSTACOLO = SAPERE$_1$] – La nuova conoscenza, vera, o valida in un dominio più vasto, non si stabilisce "a partire" dalla vecchia conoscenza ma *contro* di essa. […] Queste conoscenze non sono costruzioni personali variabili. Esse sono delle risposte "universali" a dei domini precisi. Appaiono dunque quasi necessariamente nella genesi di un sapere. […] di conseguenza è vano ignorare un ostacolo. Occorre respingerlo esplicitamente, integrare la sua negazione nell'apprendimento della nuova conoscenza, in particolar modo sotto forma di

> contro-esempio. In questo senso, esso è costitutivo del sapere. [Brousseau 1997a: 18. Mia trad.]

La fase di passaggio $\text{sapere}_1 \rightarrow \text{sapere}_3$ – diventata così il *milieu* dinamico e il cuore stesso di ogni vero apprendimento scolare – fa del campo d'*istituzionalizzazione* il secondo ingrediente necessario – il sapere_2 – al raggiungimento dell'altra riva:

> [DOGMA ISTITUZIONALE = SAPERE_2] – Forse perché i lavori di Piaget mostravano che esistono dei processi naturali di sviluppo delle conoscenze e lasciavano sperare che ogni nozione matematica avrebbe posseduto una sorta di epistemologia naturale o spontanea [...] ho commesso l'errore di credere nella possibilità di una didattica "costruttivista" in senso letterale. [...] I fatti innanzitutto, e poi i ragionamenti sui quali torneremo subito, hanno mostrato la vanità di questa speranza, e la necessità di fasi d'istituzionalizzazione che danno a certe conoscenze lo statuto culturale indispensabile di "saperi". [Ivi: 9. Mia trad.]

Questo significa che durante questa fase di passaggio *l'istituzione deve mettersi contro se stessa* (sapere_1 *contro* sapere_2 *in vista del* sapere_3). Una contraddizione che esiste tuttavia solo per testimoniare della natura diveniente e dinamica di qualunque processo d'apprendimento:

> Questi paradossi non sono che delle contraddizioni formali. Essi indicano solamente il fatto che l'insegnamento e l'apprendimento si realizzano tramite processi che non sono mai in equilibrio stabile. Devono essere compresi come una successione di 'correzioni' locali alcune delle quali non possono essere giustificate isolatamente. [Ivi: 34. Mia trad.]

Altrimenti detto: l'*essenza stessa della scuola* sta nel farsi coscientemente carico di quest'auto-contraddizione. Le pagine che seguono si propongono da un lato di analiz-

zare gli elementi logici, epistemologici e culturali che compongono lo stallo educativo e storico che si tratta di affrontare, e dall'altro di proporre concreti esempi di un'alternativa pedagogica e didattica percorribile, e delle vie internazionali già aperte per poterla percorrere.

1.3. Visioni primarie del mondo secondario

Diamo innanzitutto una presenza concreta alle «visioni del mondo già sedimentate in modi di pensare, fare e agire» di cui dovremo servirci per chiamare alla veglia lo spirito critico e il rigore logico degli studenti.

Abbiamo visto che il legislatore si preoccupa di allargare il concetto di «scientificità» al di là dei confini delle scienze «esatte», rivendicando lo statuto di scienza anche alle discipline umanistiche come la letteratura o la storia dell'arte… ma la situazione si presenta, ormai da tanto, ironicamente e drammaticamente capovolta. È, infatti, almeno dai tempi di James Clark Maxwell che la "scienza esatta" delle industrie nazionali ha programmaticamente rinunciato alla coerenza logica del discorso, trasformando il susseguirsi analogico dei concetti in un impressionistico giustapporsi di immagini (i "modelli" dell'elettrodinamica post-faradayana e della "matematica moderna"). L'effetto finale è quello di una teoria – decisamente monocorde – di visioni *artistiche*, piuttosto che un succedersi di concezioni teoriche, così come s'esprimeva (un secolo fa!) Pierre Duhem:

> Queste diverse teorie parziali, di cui ciascuna si sviluppa isolatamente, senza preoccupazione di quella che l'ha preceduta, ricoprendo talvolta una parte del campo che questa ha già coperto, s'indirizzano ben meno alla nostra ragione che alla nostra immaginazione. Sono quadri, e l'artista, componendo ognuno d'essi, ha scelto con completa libertà gli oggetti da

> rappresentare e l'ordine nel quale raggrupparli. Poco importa se uno dei suoi personaggi ha già posato, in un'attitudine differente, per un altro ritratto; il logico non deve scandalizzarsi: una galleria di quadri non è una concatenazione di sillogismi. [Duhem 1906: 126. Mia trad.]

Nelle pagine che seguono compiremo una breve ma suggestiva visita guidata in questa galleria d'arte scientifica, con lo scopo di metterne in risalto due tratti essenziali: la *primarietà* dei modi in cui ogni singolo quadro viene presentato e recepito, e l'*archetipicità* del messaggio complessivo così veicolato. Si distillerà così l'origine *trascendentale* della sua – altrimenti incomprensibile – eccezionale forza di persuasione.

In sintesi: I) a differenza di una qualunque mostra d'arte – che si dichiara per quel che è: un insieme di metafore – le "visioni" della nostra scienza sono offerte nella più radicale delle modalità *primarie*: i suoi "modelli" descrivono come il mondo *è*… un mondo all'occorrenza assurdo e insensato, ma *certamente* il mondo nella sua più piena realtà letterale; II) si tratta sempre delle stesse visioni, e dunque, in ultima analisi, di *una stessa* visione archetipa, che immediatamente rinvia alla sua radice pre-logica e pre-culturale, dal momento che è così potente da imporsi *distorsivamente* sulle stesse evidenze apriori delle scienze esatte; III) una dimensione della mente capace di dominare in modo così incontrastabile le verità fondamentali della matematica deve dirsi *trascendentale*.

1.3.1. *La modalità primaria…*

Sempre e comunque i numeri *sono* cose da accumulare, inscatolare, introdurre in recipienti e marchingegni. Alle scuole elementari impariamo a contare i pesci nell'acquario:

Consideriamo l'insieme dei pesci dell'acquario di Bea. Classifichiamo gli elementi in base a due attributi: "essere piccolo" ed "essere azzurro".

Rappresentiamo la classificazione con il diagramma di Eulero-Venn

Figura 3 [da Lelli 2004]

Alle medie «costruiamo» i numeri accumulando «stupidi» 1 in scenari surreali, o inscatolando onnipervadenti palline colorate:

> Si direbbe che 1 e 0 sono numeri stupidi… perché contano poco. È vero che non sono importanti? Vediamolo. COMINCIAMO DA 1. *L'1 nell'addizione e nella sottrazione.* Se si parte da zero e si aggiunge 1 e 1 e 1… si costruiscono tanti numeri; quanti? Quanti se ne vuole. Si può immaginare di costruire infiniti numeri; non c'è un ultimo numero.

Figura 4

> Invece, se si parte da un numero qualunque e si sottrae 1, e poi 1, e poi ancora 1… non si sfugge alla legge: a furia di togliere 1 si ritorna al numero 0! [Castelnuovo 1988a]

> SOMMA DI DUE NUMERI – Una scatola contiene quattro palline ed un'altra scatola ne contiene tre. Versiamo le palline contenute nelle due scatole in una terza scatola vuota: quest'ultima viene cosi a contenere sette palline. […] Versando le biglie delle due scatole in una terza scatola vuota, abbiamo praticamente eseguito l'unione dei due insiemi A e B, ottenendo l'insieme C, costituito di sette biglie: A U B = C. [Mariscotti 1980: 28-29]

Figura 5

Alle superiori, la scatola/somma che come aritmetici riempiamo di addendi, diventa la scatola/lettera che come algebristi riempiamo di numeri attraverso operatori-macchina.

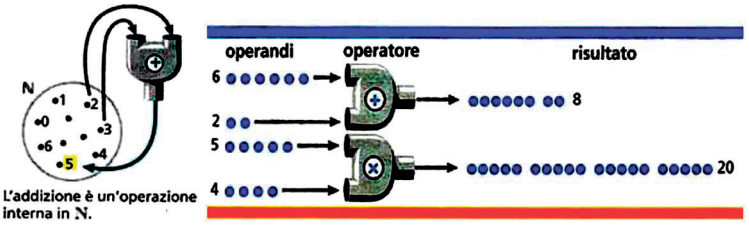

Figura 6 [Da Bergamini 2004b: A5 e A+21]

L'IMMAGINE DELLA SCATOLA – Prima di fornire la definizione di variabile, proponiamo un'immagine, che aiuta a capirne meglio il concetto: l'immagine della scatola. Possiamo immaginare una variabile come una scatola dotata di un'etichetta, sulla quale è scritta una lettera: questa lettera corrisponde al nome della variabile.

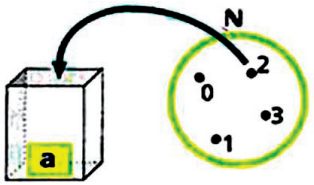

Figura 7

> Quando sostituiamo un numero a una lettera, diciamo che *assegniamo un valore alla variabile*. Nell'immagine della scatola, questo significa immettere quel numero nella scatola che ha quella lettera come etichetta. [Bergamini 2004b: $A^{+}32$]

A questa visione del mondo matematico corrisponde un'identica e indiscernibile visione del mondo fisico/chimico, in cui la stessa scatola/somma/lettera che come matematici riempiamo di palline/numeri si riempie ora – ora che siamo scienziati della natura – di palline/atomi/molecole rimbalzanti con traiettorie indicate… da quegli stessi numeri/palline[2].

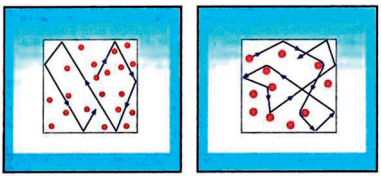

Figura 8a. Nel modello che stiamo costruendo le molecole del gas perfetto non si scontrano mai tra loro. Esse urtano soltanto contro le pareti e, tra un rimbalzo e l'altro si muovono di moto rettilineo uniforme.
Figura 8b. Le molecole di un gas reale, oltre a rimbalzare contro le pareti, interagiscono anche tra di loro. Quando esse passano l'una accanto all'altra, le loro traiettorie vengono modificate dall'azione delle forze intermolecolari [U. Amaldi 2003 II: T45]

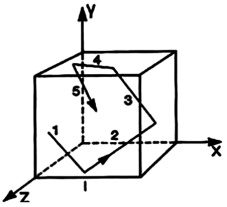

Figura 9. Urti di una molecola che si muove in un recipiente cubico. I numeri indicano le traiettorie rettilinee tra un urto e il successivo. [E.R. Caianiello 1970]

Nonostante i flebili e incoerenti richiami alla loro natura di modelli, l'apprensione *primaria* di questi turbinii di palline come dell'effettiva verità del mondo ha inverato le più cupe preoccupazioni del citato Pierre Duhem:

> Ormai non si tratta più di sapere se gli spiriti forti tollereranno che gli immaginativi facciano uso di rappresentazioni e di modelli, ma di sapere piuttosto se essi stessi conserveranno il diritto di imporre alle teorie fisiche l'unità e la coordinazione logica. In effetti, gli immaginativi non si limitano più a pretendere che l'impiego delle figure gli è indispensabile per comprendere le teorie astratte: essi affermano che creando per ciascuno dei capitoli della Fisica un modello meccanico o algebrico appropriato, senza legame col modello che è servito a illustrare il capitolo precedente o che servirà a rappresentare il capitolo successivo, si dà soddisfazione a tutti i desideri legittimi dell'intelligenza. [Duhem 1906: 147. Trad. di Adriana Strini]

Da tanto tempo oramai, per tutti i paesi dell'OCSE, il mondo è *primariamente fatto* in questo modo. Nessun dubbio: le stesse parole e gli stessi disegni, ripetuti dall'asilo alla maturità, ci dicono come il mondo *primariamente è* e se la programmazione scolastica prescrive che si avverta «il lettore» che non si tratta che di «modelli», una volta arrivati all'università ogni remora viene lasciata cadere.

Richard Feynman rilancia, infatti, le parole d'apertura di Ugo Amaldi, con *cataclismatica* perentorietà affermando come *di fatto* la materia *è fatta* e come essa si manifesterebbe ai nostri occhi se potessimo osservarla direttamente, anche se – aggiunge – nessuno l'ha mai vista, né mai potrà vederla:

> LA MATERIA È FATTA DI ATOMI – Se, in un cataclisma, ogni nostra conoscenza scientifica dovesse essere distrutta e una sola frase passasse alle generazioni future, quale afferma-

zione conterrebbe il massimo d'informazione nel minimo di parole? Io penso che sia l'ipotesi atomica (o il fatto atomico, o qualsiasi altro nome che gli vogliate dare), che tutte le cose sono fatte di atomi – piccole particelle che si muovono in movimento perpetuo, si attirano reciprocamente a piccola distanza le une dalle altre e si respingono quando si vuole farle compenetrare. In questa sola frase vedrete che c'è una quantità enorme di informazioni sul mondo, se gli applicano semplicemente un pochino d'immaginazione e di riflessione.

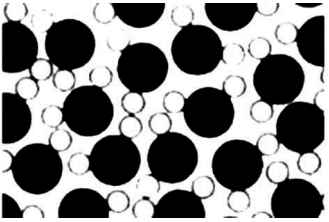

Figura 10. Per illustrare la potenza dell'idea atomica, supponete di avere una goccia d'acqua di un centimetro di lato. Se la guardiamo da molto vicino non vediamo che dell'acqua – d'apparenza omogenea e continua.

Anche se ingrandissimo con il miglior microscopio ottico utilizzabile – approssimativamente di 2000 volte – allora la goccia d'acqua sarebbe press'a poco larga 20 metri e avrebbe la dimensione di una grande stanza, e se riguardassimo di nuovo da molto vicino, vedremmo ancora dell'acqua relativamente uniforme – ma qua e là delle piccole cose a forma di pallone da football che nuotano di qua e di là. Molto interessante. Sono i parameci. [Feynman 1964 I:1. Mia trad dall'ed.franc.]

Alonso e Fynn, anch'essi assicurano che «attualmente» l'universo è composto di particelle.

LA NOSTRA VISIONE DELL'UNIVERSO – Attualmente consideriamo la materia come composta da un pugno di particelle fondamentali (o elementari) e tutti i corpi, che siano viventi o inerti, come formati ugualmente dalla riunione e dalla disposizione di queste particelle. […]

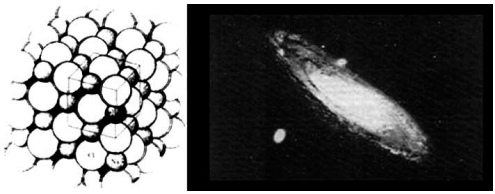

Figura 11. La struttura cristallina del cloruro di sodio. Gli atomi sono disposti in una rete geometrica regolare che si estende su un volume relativamente grande. A destra, la grande nebulosa di Andromeda, chiamata anche M-31.
Il sistema solare è un insieme di più corpi enormi, chiamati pianeti, che ruotano attorno ad una stella, chiamata sole. Uno di questi pianeti è la nostra terra, che contiene circa 10^{51} atomi. Il sole è composto da circa 10^{57} atomi [Alonso & Fynn 1972. Mia trad. dall'ed.franc.]

D'altra parte, i testi delle superiori riproducono senza sosta questa stessa fraseologia primaria, a commento d'immagini che possono essere, naturalmente, solo disegnate. Nel testo che segue ci viene detto che il feynmaniano viaggio fantastico all'interno di una goccia d'acqua è *rigorosamente irrealizzabile* – irrealizzabile cioè sia in pratica che in linea di principio – …e che tuttavia una simile avventura «ci lascerebbe attoniti» mostrandoci come «in realtà» è fatto il *nostro* mondo:

> *La termologia* – Inizieremo ad esporre alcune considerazioni di carattere qualitativo, descrivendo i fenomeni che si manifesterebbero se noi potessimo studiare i corpi mediante un "microscopio ideale" che consentisse di osservare addirittura le molecole e gli atomi stessi che costituiscono la materia. *É tuttavia opportuno sottolineare a questo punto che ciò non è in realtà fattibile*; anche con i più moderni microscopi a nostra disposizione, siamo ancora ben lungi dal riuscire ad osservare fenomeni in una scala così piccola; *pure con un microscopio che ingrandisse gli oggetti di un miliardo di volte* (un tale ingrandimento sarebbe necessario se volessimo esplorare la materia al livello atomico), *incontreremmo difficoltà non sormontabili nemmeno in linea di principio* (come lo studente apprenderà dai cenni di fisica moderna che gli saranno presentati in seguito), che renderebbero

irrealizzabile il nostro desiderio. […] *Supponiamo dunque di osservare* con il nostro superpotente microscopio una goccia d'acqua immobile su un piano. *Resteremmo subito attoniti, vedendo che in realtà le molecole d'acqua sono in realtà animate* da un caotico e frenetico moto a scatti in tutte le direzioni, attraverso la regione di spazio che noi sappiamo essere occupata dalla goccia e con diverse velocità. [E.R. Caianiello II: 62-63. Corsivi miei]

I disegni di queste stesse entità mai raggiunte e giammai raggiungibili si colorano poi di tinte accese e dimensioni impossibili…

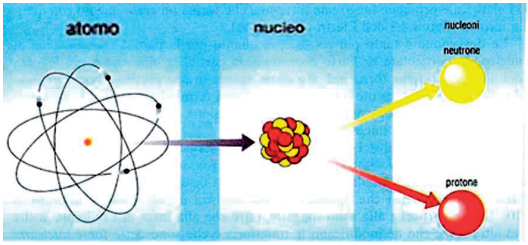

Figura 3.2. Atomo, nucleo e nucleoni. L'atomo è rappresentato secondo il modello corpuscolare ma le proporzioni non sono corrette. In realtà il nucleo è molto più piccolo rispetto alla dimensione delle orbite degli elettroni. Il nucleo è fatto di protoni e neutroni. Queste particelle, sono dette «nucleoni».

Figura 12

…per diventare palline da ping pong disegnate dentro qualunque cosa, vuota o piena, liquida, solida o gassosa:

Per capire meglio le leggi dei gas ci conviene anticipare un concetto che svilupperemo più avanti: quello di molecola. *Tutte le sostanze sono fatte di molecole.* I gas non fanno eccezione, e *possiamo immaginare le molecole dei gas come palline piccolissime in continuo movimento* [Figura 13].

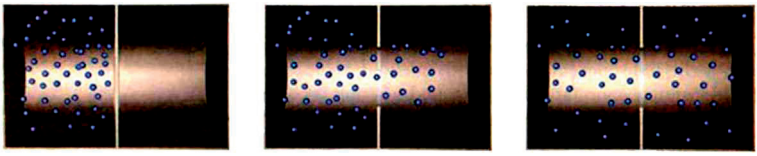

Figura 13

> *Se ogni molecola, quindi "ogni pallina" venisse ingrandita* di circa 10 milioni di volte, l'aspetto di un campione di gas sarebbe simile a quello dell'esperimento che segue. Un apparato su larga scala molto efficace come modello delle molecole in un gas è il seguente. È necessaria una scatola, o cassa, di legno, cubica, con il lato di almeno 50-60 cm. Sostituite uno dei lati con vetro o plastica trasparente in modo che si possa osservare l'interno. Montate sul fondo della cassa un ventilatore con le pale orizzontali. Sopra di esso fissate una reticella metallica a maglie strette, in modo da dividere la scatola in due scomparti. *Riempite lo scomparto in alto con 50-100 palline da ping-pong. Quando il ventilatore è in funzione le palline da ping-pong si muoveranno disordinatamente*, simulando bene il moto costante e caotico delle molecole di un gas. [Brustolon 1996: 81-82 e 116-117. Corsivi miei]

Quest'incontrollato – ma estremamente monotono – caleidoscopio di enunciazioni/immagini dà complessivamente corpo a quella che Claparède (1909) e Piaget (1923) hanno chiamato una rappresentazione *sincretica* del mondo, la cui unità globale non è cioè né quella di una metafora artistica, né quella di un senso razionalmente controllato, e la cui onirica coesione è tanto più potente in quanto risponde a esigenze primarie e profonde (indiscutibili e indiscusse) di verità *letterale*.

In sintesi, l'insieme di queste pratiche allo stesso tempo narrative, esplicative e ludiche costruisce un mondo logicamente privo di ogni controllo "secondario". Dato il succedersi di parole e immagini – immutato per vent'anni, dalla prima elementare alla laurea – il risultato finale è il sogno primordiale di un universo *fatto* di sferette sfrenate e colorate, subito pronte (come abbiamo visto e vedremo) a perdere ogni orientamento e senso, per dissolversi in ineffabili nubi di statistica.

1.3.2. *…di una stessa visione archetipa…*

Ora, se dal punto di vista fisico ci troviamo nel pieno di una serie di duhemiane «esperienze fittizie», «irrealiz-

zabili» e «assurde»[3], questo rende tanto più tangibile e palpabile la realtà con cui stiamo effettivamente avendo a che fare: nient'altro che *modelli* certo… ma non del mondo materiale, bensì della nostra stessa mente, per questa profondissima ragione dotati di una straordinaria potenza ipnotica.

È, infatti, senz'altro vero che questo modo *primario* di parlare dei nostri stessi disegni come della *verità del mondo* risponde a quella che per Guy Brousseau è la «prima idea fondatrice» di un'«ingegneria didattica» priva di moderazione…

> La prima idea fondatrice è molto diffusa: le conoscenze si manifestano essenzialmente come strumenti di controllo (dei dispositivi dunque) delle situazioni. Di qui a progettare di modellizzare queste situazioni e inventariarle non c'è che un passo… del quale è meglio tuttavia ignorare provvisoriamente l'ambizione, perché modellizzare le situazioni che fanno utilizzare o scoprire le conoscenze agli uomini, è *voler modellizzare non solo il mondo – il mondo reale e il mondo delle idee – ma anche la sua storia* (vasto programma!) [Brousseau, 1997: 3. Mia trad, corsivo mio]

…e su questo del resto la critica di Brousseau alla didattica della matematica e quella di Duhem alla didattica della fisica sono concordi. Una simile pedagogia della scienza risponde innegabilmente a moventi di controllo sociale ed economico ben visibili e descrivibili:

> Queste cause [seguire la «moda di Londra»] non avrebbero tuttavia potuto assicurare il successo di cui oggi gode la fisica inglese, se le esigenze dell'industria non vi si fossero aggiunte. L'industriale è spesso uno spirito ampio, […] per contro è quasi sempre uno spirito debole; le sue occupazioni quotidiane lo tengono lontano dalle idee astratte e i principi generali. Poco a poco le facoltà che costituiscono la forza di spirito si sono atrofizzate in lui, come capita a organi che non funzionano più. Il modello inglese non può dunque mancare

> di apparirgli come la forma di teoria fisica meglio appropriata alle sue attitudini intellettuali. Naturalmente, egli desidera che la Fisica sia esposta sotto questa forma a quanti avranno da dirigere ateliers e officine. D'altra parte, il futuro ingegnere reclama un insegnamento di corta durata: ha fretta di battere moneta con le sue conoscenze; non si metterà a prodigare un tempo che per lui è denaro. […] [Ma,] il male non ha attaccato solo i libri e i corsi dedicati agli ingegneri. Esso è penetrato ovunque, propagato dal disprezzo e i pregiudizi della folla, che confonde la scienza con l'industria; che, vedendo passare l'automobile poderosa, sfiatante e puzzolente, la prende per il carro trionfale del pensiero umano. L'insegnamento superiore è già contaminato dall'utilitarismo, e l'insegnamento secondario è in preda all'epidemia. Nel nome di quest'utilitarismo, si fa tabula rasa dei metodi che fino ad oggi erano serviti a esporre le scienze fisiche; si rigettano le teorie astratte e deduttive; ci si sforza di creare negli allievi delle visioni induttive e concrete; non si vuol più mettere nei giovani spiriti delle idee e dei principi, ma dei numeri e dei fatti. [Duhem 1906: 134-136. Trad.di Adriana Strini]

Resta tuttavia che, perché un modello pre-logico e puramente immaginativo a tal punto disgregante possa trasformarsi nella storia vera del mondo sublunare, uranio e iperuranio diffusa per un secolo e mezzo a livello planetario, occorre che il suo affondo sia ben più antico e originario di qualunque congiuntura storico/politica, economica, o culturale. Non si può trasformare *l'intero cosmo* – tanto materiale che ideativo – in un'industria di cuscinetti a sfera, se la mente umana non possiede una prioritaria e originaria disponibilità a farlo. È dunque già intuitivamente chiaro che nella nostra teoria di modelli (*paradéigmata*) le immagini che si succedono non si limitano a *illustrare* il senso che esse veicolano (*paràdeigma* come esempio), trattandosi piuttosto di visioni che *orientano* la nostra mente (*paràdeigma* come archetipo) imperativamente e dal profondo. Possiamo però fare di più, e accertare analiticamente l'esistenza del sistema di forze

cognitive – del *campo di precomprensione archetipica*. – che qui e ora genera davanti alla nostra coscienza un simile caleidoscopio didattico/culturale.

Diamo innanzitutto un criterio di decisione, dicendo che l'azione efficace di un *campo di precomprensione archetipica* si manifesta attraverso due caratteri fondamentali:

1) le visioni profonde di cui esso si sostanzia dànno o tolgono senso – dunque realtà – alle parole e alle proposizioni che nel suo seno prendono forma, senza tuttavia mostrare con chiarezza il criterio di discrimine tra avere e non avere senso, e anzi opponendosi alla critica messa in luce di un simile criterio;
2) tra le parole/proposizioni in tal modo investite o deprivate di senso, vi sono le evidenze *apriori* della matematica e della logica.

Su questa base, consideriamo una successione tipica e universalmente diffusa su tutti i testi di matematica elementare della nostra epoca e civiltà:

a) $2 \times 0 = 0 + 0$ fa *evidentemente* 0; così come $2 + 2 = 2 \times 2 = 2^2$ fa *evidentemente* 4;
b) *dunque* $2^0 = 1$ *evidentemente* non ha senso, ma decidiamo di darglielo;
c) *invece* 0^0 non ha senso e *non* decidiamo di darglielo, mentre $2 / 0$ è *evidentemente* impossibile, perchè $n \times 0 = 0$.

La sintesi *a*)-*b*)-*c*) mostra in diretta la presenza agente di una forza ermeneutica che *orienta il senso* delle espressioni della nostra scienza, *curvando* – e ormai irreversibilmente *distorcendo* – i movimenti spontanei della mente che apprende, così come il campo gravitazionale di un pianeta ancora non noto si manifesta nelle perturbazioni d'orbita

di un pianeta noto. In questo caso, la fede nel numero-pallina e nell'operazione matematica come accumulo di palline numeriche è più potente e fondamentale di qualunque esigenza di senso che irradi dall'interno dell'operazione stessa.

Data la perfetta libertà con cui in *b*)-*c*) attribuiamo/togliamo senso alle nostre formule, nella *b*) potremmo infatti (e dunque dovremmo) rinunciare senza esitazioni al numero-cuscinetto-a-sfera immaginato per appoggiare l'evidenza della *a*). Si potrebbe allora riascoltare congiuntamente il *senso* degli enunciati *a*) «$2^2 = 4$» e *b*) «$2^0 = 1$», che nella loro presenza puramente crittogrammatica (e cioè non immediatamente immaginativa) sono fin dall'inizio (da quando abbiamo imparato a leggere) *l'unico* fenomeno veramente aritmentico con cui siamo confrontati. In effetti, le palline e le scatole le abbiamo disegnate noi accanto a quei simboli, e non verranno *mai* usate per fare le addizioni: potremmo dunque senz'altro farne a meno. Si decide invece di lasciare la *a*) lì dove è, e di dire che in *b*) è *l'evidenza matematica stessa* a non avere senso, piuttosto che andare a smuovere i nostri modelli immaginativi di supporto (*Bilde*), i quali in questa loro *strapotenza* mostrano infine – con evidenza sperimentale – di agire come induttori archetipici di realtà, verità, significato (*Ur-bilde*)[4].

1.3.3. *...e il suo radicamento trascendentale*

Dal punto di vista *topico*, una forza di precomprensione così individuata (sequenza *a*)-*b*)-*c*) di *annichilimento del senso* di un'evidenza matematica, resa in tre frasi definitivamente impotente a opporsi alla nostra tirannia interpretativa) agisce in quella dimensione della mente in cui Kant colloca la «consapevolezza trascendentale», cioè nei centri di meta-cognizione dove noi cogliamo certe verità

(principi) come *fonti* delle evidenze apriori già e da sempre universalmente accettate:

> Mostrare come un certo concetto è un principio che spiega la possibilità di altre conoscenze sintetiche apriori, ecco ciò che chiamo farne un'esposizione trascendentale. Bisogna dunque, a questo scopo, 1. che conoscenze di questa natura derivino dal concetto dato; 2. che queste conoscenze non siano possibili che sotto la supposizione di una spiegazione di questo concetto. [Kant 1787: B 40]

Che un simile campo d'azione esista e debba esistere è imposto chiaramente dal pervasivo fenomeno non solo della patologica distorsione, ma della sana e fisiologica *trasformazione* matematica.

Intervenire sul senso – orientarlo, trasformarlo, attribuirlo, toglierlo… – di un'evidenza *tecnicamente impossibile* (così come sembra esserlo $2^0 = 1$) dato l'intero sistema di evidenze *tecnicamente accettate* (come $2 \times 0 = 0$) *deve*, infatti, essere possibile, *se la matematica è possibile* nella sua intrinseca natura evolutiva e diveniente. Riflettiamoci: tutte le più importanti nozioni matematiche di cui oggi si fa uso sono state respinte per lunghi secoli come assurde e irrazionali (uno fra tutti, il numero *irrazionale*, dunque assurdo, dunque inammissibile) prima che potessero venire accettate nel dominio ovvio dell'abitudine operatoria. Si dà dunque necessariamente un orizzonte spazio/temporale non *tecnico*, di libera interpretazione, a partire dal quale la nostra *mente* [*Sinn*] proietta il suo *senso* [*Sinn*]… e cioè se stessa, sulla totalità di oggetti che abitano il suo mondo, facendoli diventare necessari, da impossibili che erano solo un istante prima, o all'opposto deprivando di senso evidenze fino a un istante prima universalmente accettate.

Che dunque esista e sia attivissima, qui e ora vivente e agente, la dimensione *trascendentale* di creazione, sviluppo e trasformazione del senso in apparenza più evidente

– $2 \times 0 = 0$ – ma proprio per questo più enigmatico – $2^0 = 1$ – delle verità scientifiche, si mostra per contrasto proprio in questi esempi arcinoti e ineludibili.

Ora, è importante sottolineare che in questo spazio – che è rigorosamente e irriducibilmente *trascendentale*, cioè legislatore del senso dell'apriori matematico – né la riflessione "olista" di Pierre Duhem né quella genetico/epistemologica del suo allievo Jean Piaget sono volute entrare, preferendo piuttosto denunciare l'orgoglio della Metafisica [Duhem 1906,1908] e *Le Illusioni della Filosofia* [Piaget 1965] che quella *Crisi delle scienze europee* che invece preoccupava il kantiano Edmund Husserl.

È, infatti, lampante che qualcosa di *esageratamente* ottimista e sordo all'evidenza della storia e del quotidiano risuona in queste parole di Duhem sulla matematica, il suo insegnamento e la sua provenienza:

> V'è una scienza in cui la logica attinge a un grado di perfezione che rende l'errore facile da evitare e facile da riconoscere quando è stato commesso: questa scienza è la scienza dei numeri, l'Aritmetica, con l'Algebra che ne è il prolungamento. Questa perfezione essa la deve a un linguaggio simbolico di un'estrema brevità. Questo linguaggio rapido e preciso assicura all'Algebra un progresso che ignora, o quasi, le opposizioni dottrinali e le dispute delle scuole. […] In geometria, dove le chiarezze del metodo deduttivo si congiungono direttamente alle evidenze del senso comune, l'insegnamento può venire dato in un modo interamente logico: è sufficiente che un postulato sia enunciato perché lo studente colga subito i dati della conoscenza comune che si trovano condensati in un simile giudizio; non c'è bisogno, per questo, di conoscere la via attraverso la quale questo postulato è penetrato nella scienza. La storia della matematica è certamente l'oggetto di una curiosità legittima, ma essa non è affatto essenziale all'intelligenza della Matematica. [Duhem 1906: 158. Trad. di Adriana Strini][5]

Purtroppo, la didattica della scienza dello scorso secolo si è infine generata da un letale incrocio tra questa *integrale*

assenza di ogni preoccupazione storica quanto alla sua verità ultima (incapacità e indisponibilità a coglierne il senso), l'«opportunismo» e la «comodità» di Henri Poincaré, lo strutturalismo insistentemente antifilosofico di Jean Piaget e l'immaginazione algebrico/elettrodinamica degli «spiriti deboli» [Duhem 1906:89] Lord Kelvin e J.C. Maxwell, ideo/epistemologi dell'industrializzazione pesante.

Ne è risultato un manifesto pedagogico di sintesi che suonerebbe più o meno così: "Non so se non misuro; non misuro se non capisco; non capisco se non immagino palline, glicerina, tubi e cavi dentro scatole e marchingegni; ogni domanda di chiarimento che non comporti una misura di qualcosa, fatela al prof. di filosofia, che non vi saprà rispondere". Questo manifesto ha infine popolato di trivialità multicolori quei cerchi ed ellissoidi della «matematica moderna» che di Leonard Euler e John Venn portano solo i nomi fossilizzati, come targhette sulle panche di una chiesa vuota.

Ben diversa quanto alla profondità e gravità del problema, è la consapevolezza del citato Edmund Husserl – matematico d'origine – che all'opposto di Pierre Duhem vede nell'evidenza matematica «il più profondo di tutti gli enigmi». Un enigma che *proprio per questo* rivela, come unica affidabile dimensione del suo senso – che *deve* essere presente qui e ora, se la matematica è qui e ora tra noi – quella della sua trasmissione vivente e continua:

> Tutte le evidenze naturali, quelle di *tutte le scienze obiettive* (comprese la logica formale e la matematica) rientrano nel regno dell'"ovvietà" e *hanno in realtà un sottofondo d'incomprensibilità*. *Qualsiasi evidenza è il titolo di un problema*.[…] Non importa garantire le nozioni obiettive, quello che conta è comprenderle. Bisogna riuscire finalmente a capire che nessuna scienza esatta e obiettiva spiega seriamente, né può spiegare, qualcosa. Dedurre non equivale a spiegare. L'unica reale spiegazione è la comprensione trascendentale. […]

> La deduzione procede aderendo all'evidenza logica formale; ma senza la facoltà effettiva e reale del *riattivamento delle attività originarie* rinchiuse nei concetti fondamentali, e quindi anche del che cosa e del come dei loro materiali pre-scientifici, la geometria sarebbe una tradizione svuotata del suo senso; se a nostra volta fossimo privi di questa facoltà, non potremmo nemmeno sapere se essa abbia, o abbia mai avuto, un senso autentico, effettivamente reperibile. Che tutti i nuovi prodotti esprimano una reale verità geometrica è certo a priori, a condizione che i fondamenti della costruzione deduttiva siano stati realmente prodotti in un'evidenza originaria, che siano stati obiettivati e che quindi siano diventati un prodotto accessibile a tutti. *Deve essersi prodotta una continuità da persona a persona, da tempo a tempo* […].
> Disgraziatamente è proprio questa la nostra situazione, nostra e di tutta l'epoca moderna. […] Come si realizzi di fatto la vivente tradizione della formazione di senso dei concetti elementari, lo vediamo dai modi in cui avviene *l'insegnamento elementare della geometria e nei libri di testo; essi insegnano semplicemente a utilizzare, attraverso una metodica rigorosa, proposizioni e concetti già conclusi*. I concetti vengono resi sensibilmente intuitivi mediante le figure disegnate, ma ciò sostituisce l'effettiva riproduzione delle idealità originarie. Il resto è opera del successo - non il successo di una visione evidente che vada al di là dell'evidenza propria del metodo logico, bensì il successo della geometria applicata, la sua *enorme utilità pratica, enorme anche se incomprensibile*. [Husserl 1936: 215, 393. *Corsivi miei*]

Facciamo allora ben attenzione: l'immediata incomprensibilità di un'espressione «di enorme utilità pratica» come $2^0 = 1$, ma candidamente dichiarata senza senso nello stesso capoverso in cui $2 \times 0 = 0$ è propinata secondo la più ovvia ed evidente scontatezza, disvela in negativo la verità eccezionalmente responsabilizzante affermata Husserl. Quale? *Che niente è più forte del rapporto vivente tra docente e discente*, perché questo rapporto pesca in un mare più originario, potente e ampio di qualunque evidente sintassi di simboli, altrimenti una stringa manifestamente assurda non potrebbe essere resa accettabile per il solo fatto che il professore ha detto che si fa così.

In altre parole, se una volta a scuola la nostra mente assimila *qualunque cosa* le venga proposta, questo può accadere perché accanto a un'evidenza ovvia ci sarà sempre e comunque una contro-evidenza perfettamente contraria e perfettamente incomprensibile, e la forza che *nel tempo* veicola e sostiene questa sintesi ineffabile tra senso e contro-senso non può certo provenire dalla sua semplice ed enigmatica presenza. Di questa forza è fatta la scuola, e questa forza *è nelle mani degli insegnanti*.

È *questo* dunque lo spazio trascendentale e archetipico di cui parlo – dapprima rigorosamente *sincretico*, poi dolorosamente assurdo e contraddittorio, finché non diventa polare, dinamico e diveniente – in cui nasce e si nutre tanto l'insegnamento che la creazione scientifica. Se questo spazio cessa di essere vitalizzato ed energetizzato, come ormai è accaduto, l'albero della scienza si dissecca e i suoi frutti si pietrificano.

1.4 Primo incrocio di vuoto: q = + Ze

> *La mia musica si ferma qualche volta alle cose finite, e qualche volta prende lo slancio per l'infinito. Rifletto su questo senza riuscire a comprenderlo; lo guardo senza vederlo, lo inseguo senza riuscire a raggiungerlo. Incurante mi adagio ad un incrocio di vuoto e, appoggiato a un'eleococca secca, canto: la mia visione è troppo limitata per vedere, la mia forza troppo indebolita per continuare, per questo non posso raggiungerlo. Riempito di vuoto, riesco a possedere un potere di adattamento perfetto: è questo che ti ha disteso.* [*Chuang Tzu*]

Ora, nel giro di un trimestre, il mondo – come esso *è* – diventa un altro mondo. Dopo aver contemplato la meta-

morfosi di numeri, lettere, corpi solidi, oceani, montagne di stelle, nebulose celesti e nuvole terrestri… in un immenso turbinare di palline, eccoci ora a confessare che tutto quello che è stato fin qui detto, in realtà *non ha alcun senso*. La trasformazione avviene in un istante e dalle nuvole fatte di atomi, eccoci in un mondo di atomi fatti di nuvole[6]:

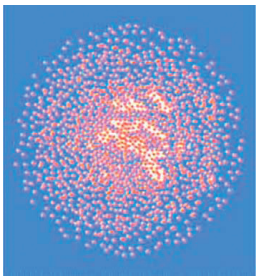

Figura 14. *N*ube di probabilità elettronica dell'orbitale 1*S* dell'idrogeno. Dal sito internet www.atuttascuola.it

… nuvole immobili e sottili, dove ogni scheggia urtante non può più rimbalzare da nessuna parte… se non per smarrirsi chissà dove. La trasformazione-in-nuvola irradia in ogni direzione… le onde fatte di atomi si rivelano ora atomi fatti di onde… che diventano onde e nuvole fatte di numeri:

> LE ONDE DI PROBABILITÀ E IL DUALISMO ONDA-CORPUSCOLO – In determinate condizioni, le particelle materiali mostrano un comportamento del tutto simile a quello delle onde elettromagnetiche. Ma mentre sappiamo che in un'onda elettromagnetica vibrano il campo elettrico e il campo magnetico, che cosa vibra in un'onda di materia? La risposta a questa domanda è stata data dalla fisica quantistica […] Secondo questa teoria ciò che vibra in un'onda di materia è una grandezza di cui non è possibile dare un'interpretazione classica. Questa grandezza si chiama *ampiezza di probabilità* e, di solito, è indicata con la lettera greca ψ. [U. Amaldi 2003: II F46]

Insomma, le «belle sorelle che si guardano viaggiare» sono tornate… *a chiederci ragione* del nostro modo di raccontare il mondo. Perché è certo che a questo punto *tutti* le stiamo vedendo apparire come «pesanti nubi sul torbato mare» che separa il docente – tenuto a «trasformare tutti questi "saperi" in "sapere"» [DL04] – e l'alunno, nelle cui orecchie già cantano (e anche quelle, *tutti* le sentiamo…) le voci delle *sirene del disinganno*.

Come abbiamo già visto, i testi tentano flebilmente di mettere una toppa. Le parole che seguono chiudono il corso di fisica dei licei:

> FISICA CLASSICA E FISICA MODERNA – Negli ultimi due capitoli abbiamo presentato una delle più grandi avventure del pensiero umano: la rifondazione di tutta la fisica avvenuta durante il primo quarto del secolo ventesimo con la teoria della relatività e la teoria quantistica. Per riuscire a descrivere la struttura degli atomi e rendere comprensibile l'origine dei legami chimici, è stato necessario rinunciare a due idee classiche fondamentali: il tempo assoluto e la natura corpuscolare delle particelle subatomiche. […] Ma allora è necessario rigettare tutto quello che la fisica classica ci ha insegnato? Certamente no, perché le leggi della meccanica classica sono più che sufficienti per spiegare il moto dei corpi ordinari, come gli oggetti che cadono oppure i satelliti artificiali lanciati in orbita con i razzi. [U. Amaldi, 2003: II F51]

Il re dei modelli tuttavia resta nudo e l'epistemologia degli autori dei manuali non è certo sufficiente a colmare l'abisso tra «gli ultimi due capitoli» e *tutto* quello che precede, e che ricomincerà, *perfettamente immodificato* all'università. Tutto quello che precede *è, infatti, niente di meno che come il mondo è*, mentre la «grande avventura» della Fisica del novecento è stata in realtà una resa incondizionata della scienza all'arbitrio logico, immaginativo, iconologico, semantico, politico, industriale… e cioè il contrario rigoroso di una rifondazione.

Chiamati esplicitamente e vivamente solo ora (alla fine dell'ultimo anno) a «scoprire l'incompletezza di qualsiasi rappresentazione, iconica e/o logica, della realtà», e provenendo da un mondo o *banale e intuitivo* (come solo può esserlo una pallina che rimbalza) o assurdo (come una pallina che mentre rimbalza è penetrata da un'altra pallina, anch'essa rimbalzante) o *assurdo ma comodo e convenzionale* (come una pallina elevata ad esponente zero) o surreale e dadaista (come una nuvola di calcoli statistici in cui gli elettroni si disperdono)… gli studenti dovrebbero dunque, con la stessa rapidità con cui nuvole e atomi si scambiano di ruolo, imparare a «trasferire strumenti e schemi concettuali da un contesto disciplinare ad un altro» per attingere quel «riconoscimento della complessità dei metodi e dei concetti» che darà «*maggior senso* alla realtà e alla vita individuale e sociale» [MPI, DL05 C].

È chiaro tuttavia che, totalmente impreparati a questo evento – cresciuti fin dall'inizio nel mondo *primario* delle palline urtanti/numeranti – quello che nei ragazzi si produce non è l'unità sapienziale tra *generans* e *genitum*… ma solo smarrimento e cinismo. Analogamente, gli insegnanti restano totalmente spiazzati e, in una simile doccia fredda epistemologica, il massimo che riescono a proporre è un broussoiano «contratto debolmente didattico» e «adultista» [Brousseau 1997a] in cui è «l'allievo che detiene la responsabilità principale, quella della realizzazione effettiva della comunicazione»:

> Il suo istruttore gli procura gli enunciati principali della teoria, circondati di lemmi e corollari, dei problemi d'applicazione di diversi tipi, degli esercizi d'esposizione o di allenamento e dei mezzi di valutazione. L'insieme costituisce un mezzo fittizio ma formale messo a disposizione del discente da parte del docente. [Brousseau, 1997a: 30. Mia trad.]

La sostanza logica di questo movimento dalla *verità* al *non-senso*, e dalla parola dell'essere-che-è a quella del

così-assurdamente-ma-comodamente-si-dice, è infine quella di un *double bound* pedagogico – "sappiamo tutti e due che non è vero, ma nessuno deve dirlo *veramente*" – che Bateson stesso aveva denunciato nella sua accusa all'idea ingegneristica della comunicazione del sapere. Fatalmente, infatti, nella dimensione di profondità del «deutero-apprendimento», l'allievo recepisce meglio *i trucchi* che le conoscenze che per il loro tramite gli vengono impartite:

> Il pianificatore sociale potrà, all'inizio, avvalersi positivamente dei trucchi insegnati ai bambini, ma il successo finale del suo piano può essere annullato dalle abitudini mentali che sono state apprese insieme ai trucchi. […] A quanto sembra, abbiamo a che fare con un tipo di processo che scaturisce collateralmente al processo di apprendimento. [Bateson 1972: 307]

Gli stessi *autori* che tentano di tranquillizzare lo studente – ormai disperso tra metafore brutte e triviali peggio che un elettrone tra le nuvole – non possono, infatti, resistere a quell'attrazione del surreale e del non-senso che la cultura occidentale ha vissuto – e sotto la quale è crollata – proprio negli anni in cui la nostra scienza diceva incessantemente, cinicamente e spudoratamente, il suo completo disorientamento.

Figura 15. [dalla prima copertina di U. Amaldi 2003]

I manuali scientifici, e non solo, si popolano allora d'immagini, certo, ma che *non* servono a rafforzare la mente degli alunni nel difficilissimo viaggio verso il distacco critico e il rigore responsabile del controllo di ciò che si sta dicendo.

Figura 16. Immagini di Richard Feynman, Albert Einstein e Raymond Queneau da vari testi/siti di fisica e di letteratura per i licei.

Se correndo in aiuto dell'icona irridente di Albert Einstein, Raymond Queneau (stesso anno della maturità, stesso periodo) non aiuta certo a prendere maggiormente sul serio la «scientificità del modello letterario», la storia dell'arte di questa stessa fase fornisce una visione del mondo in cui il passaggio da un modello a un altro, semplicemente (e cioè primariamente!) coincide con le

parole del fisico che parla di nuvole immobili e sottili e di elettroni che ci si smarriscono: e cioè con la semplice e pura perdita di senso.

> Nella teoria geometrica generale di Riemann tutto ciò è sistemato e dimostrato in maniera rigorosa. In particolare, per ogni spazio si può definire una proprietà intrinseca che si chiama *curvatura*. Gli spazi con geometria ellittica hanno curvatura positiva, mentre quelli con geometria iperbolica hanno curvatura negativa. Nel complesso, tali spazi si dicono *curvi*. Spazi come lo spazio di Euclide hanno curvatura nulla. Essi si dicono *piatti*.

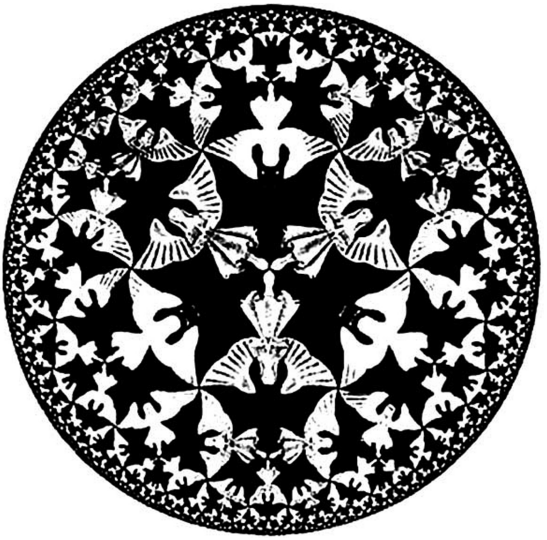

Figura 17. M.Cornelis Escher (1898- 1972), Limite del cerchio IV. Opera del 1960, rappresenta in modo visivo un modello di piano iperbolico proposto dal matematico francese Henri Poincaré (18541912). Il modello di Poincaré, anche se occupa soltanto una parte finita del piano euclideo (un cerchio privato della circonferenza che gli fa da borda), è un modello dell'intero piano iperbolico infinito. L'opera di Escher è fatta in modo che tutte le figure, pur divenendo sempre più piccole secondo la geometria euclidea, abbiano le stesse dimensioni iperboliche. Così lo «sfumare» delle figure quando ci si avvicina al bordo del cerchio suggerisce che esse siano contenute in numero infinito nel piano iperbolico. [Amaldi U. 2003 II: F26]

Agli stormi di colombe / pipistrelli escheriani – qui sopra evocati da Ugo Amaldi a popolare le dimensioni nascoste e iperboliche dello Spazio Curvo, dopo che l'orologio liquefatto di Dalì ha relativizzato il Tempo di Einstein – fa eco un'immaginazione pittorica in cui la Metafisica dechirichiana coincide con la *deformazione* dello spazio classico:

Figura 18. La città ideale di Piero della Francesca (1420-1492) e alcune opere di Giorgio de Chirico (1888-1978).

Quello che in realtà è cominciato, nell'epoca in cui l'"uomo europeo" s'è semplicemente *perso* tra una linguaccia e una bomba atomica… tra il ritmo dei bonghi e il progetto Manhattan, non è stato il prodursi di una nuova e fondativa coscienza critica sulla natura dei modelli, ma un doloroso viaggio in quella che Montale chiamava la «cupa storia che non si racconta».

Le proporzioni del mondo si sono allora invertite: la mela di Newton è negli occhi di Magritte [Fig. 19, destra] diventata più assurdamente immensa del suo cenotafio [Fig. 19, sinistra], e la scienza ha cessato tanto di *saper* quanto di *voler* dire qualcosa di sensato agli uomini che dovrebbero impararla.

Figura 19. Da sinistra: Il progetto del cenotafio di Newton ad opera di Etienne-Louis Boullée 1784. Una raffigurazione di Newton; la mela di René Magritte (1898-1967).

So ist alles Heuchelei! «Ma allora non era vero niente!» Grida nel *Flauto Magico* il principe Tamino di fronte alle porte sbarrate del Tempio del Sapere. Così: "Cosa è vero?". È ora la domanda di *tutti* gli studenti attoniti di fronte a questo spettacolo. Non si tratta affatto di dar loro una risposta sulla teoria atomica – se sia vera o falsa – … perché da un lato non è questa la funzione della scuola (che deve educare a crescere, *non* dire come il mondo è) e dall'altro sono *loro* che dovranno darcela.

Si tratta invece di operare *veramente* quella «mediazione» tra la loro mente e il mondo, per far sì che l'inevitabile confronto con l'inganno che ogni uomo che cresce deve affrontare, non riduca l'età della ragione all'età della cinica disillusione, ma significhi piuttosto il silenzioso arrivo dell'«ora che indaga».

Note

[1] Duns Scoto: 220

[2] Su queste fantasmagorie disneyane a diffusione planetaria vale la pena riportare più distesamente alcuni passaggi de *La théorie Physique* di Pierre Duhem, introducendoli tuttavia con una preliminare osservazione di contenimento e messa in guardia. All'accoramento pedagogico, culturale e religioso di Pierre Duhem non ha fatto riscontro un'architettura filosofica in grado di sorreggere (anche solo *logicamente*) l'enormità del baratro così chiaramente descritto, e questo per delle ragioni più profonde di quanto siamo ancora disponibili ad ammettere. Se la debolezza dell'«olismo» storicista di Duhem e della sua pascaliana (*non* kantiana!) *fede* nella Logica si mostra con evidenza nel modo in cui egli tratta la spinosissima questione della matematica e della sua didattica (cf.§1.3.3), si deve ricordare che il religioso Duhem ha con violenza respinto l'unica via d'uscita che chi scrive considera percorribile: la scienza si insegna *da dentro la filosofia*. Ora è proprio quella *violenza* che va ascoltata nella sua ultima origine. Dopo aver incitato gli studenti cattolici francesi all' «arma vendicatrice» contro l'Invasore tedesco…

> «Per salvare e proteggere la terra di Francia i vostri fratelli maggiori, cari studenti, la bagnano d'un sangue che non può venire mercanteggiato. […] Un vero francese non è pienamente felice di compiere il suo dovere che quando la cosa è molto pericolosa. E voi, i loro cadetti, vedo a volte le vostre mani serrarsi, perchè voi sognate l'arma vendicatrice, e credete di starla già impugnando…» [Duhem 1915: 3. Mia trad.]

...l'uomo di fede Pierre Duhem così si esprimeva per motivare l'assalto:

> Cosa è la *Critica della Ragion Pura?* Il commentario più lungo, più oscuro, più confuso, più pedante all'adagio di Pascal: « La nostra impotenza a dimostrare è più invincibile di qualunque dogmatismo». [Ivi: 17. Mia trad.]

Denegare l'essenza *filosofica* e *pacificatrice* dell'impresa della scienza e della sua pedagogia è stata in realtà l'opera di tutta intera la Civiltà Europea del 20° secolo. Lo scritto di Pierre Duhem *La Science Allemande* fa seguire a queste parole di disprezzo verso Immanuel Kant un *grido di*

guerra contro l'Impero Tedesco che oggi ci fa accapponare la pelle… ma che è fondamentale tener *presente*. Solo una civiltà veramente cosmopolita e illuminista – come ora vuole ridiventare la nostra *Europa della Conoscenza* – potrà, infatti, superare la paralisi ideologica ed epistemologica che ha bloccato alla radice qualunque politica educativa effettivamente coerente con le parole duhemiane che seguono, pur così lucide e profetiche (sulla vera schizofrenia di questa giustapposizione di toni in Pierre Duhem, cf. il mio Caianiello 2010a: §4.6):

> [SULLA MOLECOLA MATERIALE, L'ETERE, IL SEGNO ALGEBRICO…] Si tratta di rappresentare i caratteri d'elasticità in un corpo cristallizzato? La molecola materiale è rappresentata da otto sfere massicce che occupano i vertici di un parallelepipedo e che legano gli uni agli altri un numero più o meno grande di molle a spirale. È la teoria della dispersione della luce che si tratta di rendere percebile dall'immaginazione? La molecola materiale si ritrova composta da un certo numero di involucri sferici, rigidi, concentrici, che delle molle a sfera mantengono in una simile posizione. Una moltitudine di questi piccoli meccanismi è disseminata nell'etere. Quest'ultimo è un corpo omogeneo, incomprimibile, rigido per le vibrazioni molto rapide, perfettamente molle per le azioni di una certa durata. Assomiglia a una gelatina o a della glicerina. Si vuole un modello adatto ad imitare la polarizzazione rotatoria? Le molecole materiali che seminiamo a migliaia nella nostra "gelatina" non saranno più costruite sullo schema che abbiamo appena descritto; saranno piccoli involucri rigidi in ciascuno dei quali un girostato ruoterà rapidamente intorno ad un asse legato all'involucro. Ma questa una è disposizione troppo grossolana, una "rozza molecola girostatica"; presto un meccanismo più perfetto la sostituirà; l'involucro rigido non contiene più soltanto un girostato, ma due girostati ruotanti in senso contrario; delle articolazioni a biglie e bussolotti li legano l'uno all'altra e alle pareti dell'involucro, lasciando un certo gioco ai loro assi di rotazione […].
>
> Tra questi diversi modelli, esposti nel corso delle *Lezioni sulla Dinamica molecolare*, sarebbe molto arduo scegliere quello che rappresenta meglio la struttura della molecola materiale; ma quanto più imbarazzante sarà questa scelta se passiamo in rivista gli altri modelli immaginati da W. Thomson [Lord Kelvin] nel corso dei suoi diversi scritti! Qui, un fluido omogeneo, incomprimibile, senza viscosità, riempie tutto lo spazio; certe porzioni di questo fluido sono animate di persistenti movimenti vorticosi; queste porzioni

rappresentano gli atomi materiali. Là, il liquido incomprimibile è rappresentato da un insieme de sfere rigide che legano le une alle altre delle barre convenientemente articolate. Altrove, è alle teorie cinetiche di Maxwell e di Tait che si fa appello per immaginare le proprietà dei solidi, dei liguidi e dei gas.

Ci sarà forse più facile definire la costituzione che W. Thomson attribuisce all'etere? Quando W. Thomson sviluppava la sua teoria degli atomi-vortice, l'etere era una parte di questo fluido omogeneo, incomprimibile, privo di ogni viscosità, che riempie tutto lo spazio, e rappresentato dalla parte di questo fluido che è esente da ogni movimento vorticoso. Ma presto, al fine di rappresentare la gravitazione che porta le molecole materiali le une verso le altre, il grande fisico complicò questa costituzione dell'etere; riprendendo un'antica ipotesi di Fatio de Duilliers e di Lesage, egli lanciò attraverso del fluido omogeneo un intero sciame di piccoli corpuscoli solidi mossi in tutti i sensi con una velocità estrema. […] Questa collezione di apparecchi e di meccanismi sconcerta il lettore francese che cercava una successione coordinata di supposizioni sulla costituzione della materia, una spiegazione ipotetica di questa costituzione. Ma una tale spiegazione, in nessun momento M. Thomson ha avuto l'intenzione di darla. Senza sosta, il linguaggio stesso che impiega mette in guardia il lettore contro una tale interpretazione del suo pensiero. I meccanismi che propone sono «dei modelli grossolani», delle «rappresentazioni brutali». […] Per quanto rivestito di forma matematica, il *Trattato dell'elettricità e del Magnetismo* di Maxwell non è un sistema logico più di quanto lo siano le *Lezioni sulla Dinamica molecolare* di W. Thomson. Come queste lezioni, si compone di una successione di modelli, di cui ognuno rappresenta un gruppo di leggi, senza preoccupazione degli altri modelli che sono serviti a raffigurare altre leggi, le quali talvolta hanno rappresentato queste stesse leggi o qualcuna di esse. Senonché questi modelli, al posto di essere costruiti con dei girostati, delle molle a sfera e della glicerina, sono delle concatenazioni di segni algebrici. [Duhem 1906: 119-126. Trad.di Adriana Strini]

Un simile *bad trip* della scienza europea si radica per Duhem (oltre che, quanto ai francesi, nell'amore esotico per la «moda di Londra») in una *debolezza* dello spirito scientifico, incapace di confrontarsi con la dura legge che pretende che si *sospenda il giudizio* fin quando il mondo non si rivela secondo un senso logicamente difendibile. Di questa debolezza, Lord Kelvin è l'espressione eminente, inetto a cogliere altrimenti che con

un'immagine materiale – da lui stesso detta «brutale» e «cruda» – il *significato* di fenomeni apparentemente inesplicabili, così come candidamente lui stesso confessa:

> [LORD KELVIN: CONOSCERE È IMMAGINARE] "Mi sembra che il vero senso di questa questione: comprendiamo o non comprendiamo tale soggetto della Fisica? è questo: possiamo costruire un modello meccanico corrispondente?" – "Non sono mai soddisfatto" – dice ancora W. Thomson in un altro passaggio – "finché non ho potuto costruire un modello meccanico dell'oggetto che studio non capisco; se posso fare un modello meccanico, capisco; se non posso fare un modello meccanico, non capisco". [Ivi: 102. Trad.di Adriana Strini]

Uno «spirito forte» dovrebbe in realtà *rinunciare* a dire "capisco", quando l'unica cosa che può dire è che non sta capendo, mentre lo «spirito debole» fa la scelta di disgregarsi e frammentarsi in turbinanti vortici di sferette e gelatina piuttosto che ritrovarsi in un intollerabile vuoto immaginativo:

> [SPIRITI FORTI E SPIRITI DEBOLI] Quando l'inanità di questi sforzi ebbe chiaramente provato che una tale spiegazione era una chimera, i fisici, convinti che era impossibile soddisfare insieme le esigenze della ragione e i bisogni dell'immaginazione, dovettero fare una scelta; gli spiriti forti e giusti, sottomessi prima di tutto all'impero della ragione, cessarono di domandare la spiegazione delle leggi naturali alla teoria fisica, al fine di salvaguardarne l'unità e il rigore; gli spiriti deboli, condotti dall'immaginazione, più potente della ragione, rinunciarono a costruire un sistema logico, al fine di poter mettere i frammenti della loro teoria sotto una forma visibile e tangibile. [Ivi: 152. Trad.di Adriana Strini]

Tuttavia, non è solo la fobica mancanza d'immagini di supporto, né solo la «moda inglese» a produrre il diffondersi, *come un'epidemia*, di questo male epocale, ma anche l'immensa forza esercitata dalla destinazione economico-industriale di quelle stesse gallerie surrealiste:

> [L'INDUSTRIA BATTE CASSA] Queste cause, tuttavia, non avrebbero potuto essere sufficienti ad assicurare la moda di cui gioisce oggi la Fisica inglese, se le esigenze dell'industria non vi si fossero aggiunte. L'industriale è molto spesso uno spirito ampio; la necessità

> di combinare meccanismi, di trattare affari, di gestire uomini, l'ha infine abituato a vedere chiaramente e rapidamente insiemi complicati di cose concrete. D'altro canto è quasi sempre uno spirito molto debole; le sue occupazioni quotidiane lo tengono lontano dalle idee astratte e dai principi generali; poco a poco, le facoltà che fanno la forza mentale si sono atrofizzate in lui, come capita a degli organi che non funzionano più. Il modello inglese non può dunque mancare di apparirgli come la forma di teoria fisica più appropriata alle sue attitudini intellettuali. Naturalmente, egli desidera che la Fisica sia esposta in questa forma a quelli che dovranno dirigere degli ateliers e delle fabbriche. Del resto, il futuro ingegnere pretende un insegnamento di breve durata, ha fretta di batter moneta con le sue conoscenze; non vuol certo prodigare un tempo che, per lui, è danaro. Ora, la Fisica astratta, preoccupata, prima di tutto, dell'assoluta solidità dell'edificio ch'essa eleva, ignora questa fretta febbrile; intende costruire sulla roccia e, per raggiungerla, scavare tanto a lungo quanto sarà necessario. Da coloro che vogliono essere suoi discepoli, essa esige una mente avvezza ai differenti esercizi della logica, ammorbidita dalla ginnastica delle scienze matematiche. Come coloro che si preoccupano dell'utile, e non del vero, potrebbero mai sottomettersi a questa rigorosa disciplina? Come non preferirebbero i procedimenti più rapidi delle teorie che si rivolgono all'immaginazione? Coloro che hanno la missione di dare l'insegnamento industriale sono dunque vivamente spinti ad adottare i metodi inglesi, ad insegnare questa Fisica che, anche nelle formule matematiche, non vede che dei modelli. [Ivi: 134. Trad.di Adriana Strini]

Il grosso problema è che lo spirito pratico dell'industriale ha da sé prodotto un costume a rapida diffusione, quello per la *derisione e il disprezzo* verso ogni richiesta di logica coerenza del discorso:

> [IL DISPREZZO E LA DERISIONE] A questa pressione, la maggior parte di loro non oppone nessuna resistenza; ben al contrario, essi esagerano ancora il disdegno dell'ordine e il disprezzo del rigore logico che avevano professato i fisici inglesi; al momento di ammettere una formula nelle loro lezioni o loro trattati, non domandano mai se questa formula è esatta, ma soltanto se è comoda e se parla all'immaginazione. A quale grado questo disprezzo di ogni metodo razionale, di ogni deduzione esatta, si trova portato in più di uno scritto consacrato alle applicazioni della Fisica, è cosa appena credibile per chi non ha avuto la penosa incombenza di leggere

> attentamente tali scritti; i paralogismi più enormi, i calcoli più falsi vi si mostrano in piena luce; sotto l'influenza degli insegnamenti industriali, la Fisica teorica è divenuta una perpetua sfida alla giustezza di spirito. [*Ibid*. Mia trad. Il titolo tra le quadre è mio]

Ne nasce un'arringa tanto accorata quanto – ormai possiamo purtroppo ben dirlo – del tutto inascoltata:

> [IL MALE] … poiché il male non raggiunge certo solo i libri e i corsi destinati ai futuri ingegneri. È penetrato dappertutto, propagato dagli sbagli e dai pregiudizi della massa, che confonde la scienza con l'industria; che vedendo passare la vettura automobile polverosa, ansimante, puzzolente, la prende per il carro trionfale del pensiero umano. L'insegnamento superiore è già contaminato dell'utilitarismo, e l'insegnamento secondario è in preda all'epidemia. Nel nome di questo utilitarismo, si fa tabula rasa dei metodi che erano serviti, fino ad ora, a esporre le scienze fisiche; si rigettano le teorie astratte e deduttive; ci si sforza di aprire agli allievi delle vedute induttive e concrete; non si intende più mettere nelle giovani menti idee e principi, ma numeri e fatti. Queste forme inferiori e degradate delle teorie d'immaginazione, non ci attarderemo a discuterle. Agli snobs, faremo notare che, se è facile scimmiottare i difetti di un popolo straniero, è più arduo acquisire le qualità ereditarie che lo caratterizzano; che essi potranno ben rinunciare alla forza dello spirito francese, ma niente affatto alla sua ristrettezza; che rivaleggeranno facilmente quanto a debolezza con lo spirito inglese, ma non quanto all'ampiezza; al punto che, si condanneranno a essere degli spiriti insieme deboli e ristretti, cioè spiriti falsi. Agli industriali che non hanno cura della giustezza d'una formula purché sia comoda, ricorderemo che l'equazione semplice, ma falsa, è presto o tardi, per una rivincita inattesa della logica, l'impresa che fallisce, la diga che si sfonda, il ponte che crolla; è la rovina finanziaria, quando non è il sinistro che falcia vite umane. Infine, agli utilitaristi che credono di formare uomini pratici non insegnando che cose concrete, annunciamo che i loro allievi saranno tutt'al più manovratori abitudinari, che applicano meccanicamente ricette incomprese; perché, soli, i principi astratti e generali possono guidare la mente in regioni sconosciute e suggerirle la soluzione di difficoltà impreviste. [*Ivi*: 136. Trad.di Adriana Strini]

È senz'altro impressionante ascoltare l'afflato pedagogico di queste pagine duhemiane, accanto al peana che chiama questi stessi allievi alla

vendetta e al sangue nazionalista contro… Immanuel Kant! Non c'è tuttavia migliore prospettiva per rendersi conto del cammino che *ancora* abbiamo da percorrere.

[3] «[L'ESPERIENZA FITTIZIA] – Tra le tare che segnano queste esposizioni, la più grave per le idee false che essa depone nell'intelligenza degli allievi, è l'esperienza fittizia. Obbligato a invocare un principio che non è stato affatto preso dai fatti e ottenuto con l'induzione, ma rifiutandosi d'altra parte di proporre un simile principio per quel che è, e cioè come un postulato, il fisico immagina un'esperienza che, se fosse eseguita e riuscisse, potrebbe condurre al principio che si desidera giustificare. Invocare una simile esperienza fittizia, è dare un'esperienza da fare come un'esperienza fatta; è giustificare un principio non grazie a fatti osservati, ma con fatti di cui si predice la realizzazione, e questa predizione non ha altro fondamento che la credenza nel principio in base al quale la si invoca. Un tale procedimento di dimostrazione trascina chi vi si affida in un circolo vizioso, e colui che lo insegna senza precisare che l'esperienza descritta non è stata fatta, commette un atto di malafede».

«[L'ESPERIENZA IRREALIZZABILE] Ma c'è di peggio. Spesso, l'esperienza fittizia che si invoca non è soltanto non realizzata, ma irrealizzabile. Essa suppone l'esistenza di corpi che non esistono nella natura, di proprietà fisiche che non sono mai state osservate. Così Gustave Robin, per dare dei principi di meccanica chimica un resoconto induttivo così come desidera, crea dal nulla, sotto il nome di corpi testimoni, dei corpi che, con la loro sola presenza, sono capaci di arrestare una reazione chimica. Mai l'osservazione ha rivelato ai chimici dei corpi di questo tipo [Duhem 1906: 306-7. Trad.di Adriana Strini. I titoli tra le parentesi quadre sono miei]

Sull'«esperienza assurda» Edoardo Amaldi, *cf.* §4.1»

[4] Insisto sulla natura del tutto letterale – allo stesso tempo fisica e logico/cognitiva – di questa mia nozione di « campo », su cui sto lavorando al presente e che arricchisce i « campi concettuali » moltiplicativi di Gérard Vergnaud (1980, 1983, 1990) della dimensione irriducibilmente *pre*-moltiplicativa, e squisitamente logica, dell'operazione di elevamento alla potenza. Sul piano operatorio soppianto lo schema didattico/aritmetico universalmente praticato delle "quattro operazioni" che pone la potenza come una moltiplicazione (e dunque un'addizione) abbreviata, con un modello tridimensionale e bipolare addizione/sottrazione, moltiplicazione/divisione, potenza/radice. È dunque al livello operatorio in cui nulla di *già* moltiplicabile è ancora apparso davanti alla nostra mente, che faccio intervenire la nozione dedekindiana di *Ab-bildung* (« applicazione » di una

cosa nella sua propria immagine) e la nozione wittgensteiniana di *Ur-bild* , *archetipo logico*, inteso come la struttura originaria immanente ad ogni già distinguibile immagine delle cose:

> 3.315 Se trasformiamo una parte costitutiva d'una proposizione in una variabile, v'è una classe di proposizioni le quali tutte sono valori della proposizione variabile così nata. Questa classe dipende ancora in generale da ciò che noi, per convenzione arbitraria, intendiamo per le parti di quella proposizione. Ma se trasformiamo tutti quei segni, il cui significato fu determinato arbitrariamente, in variabili, v'è pur sempre una tale classe. Ma ora questa non è più dipendente da una convenzione, ma solo dalla natura della proposizione. Essa corrisponde a una forma logica – a un archetipo logico [Wittgenstein 1918]

Wittgenstein distilla con queste parole una dimensione puramente dinamica e potenziale dell'espressione significante (*hermenéia*, intenzione, interpretazione…) che kantianamente «deve poter» sussistere al di qua di qualunque determinata "cinematica" operatoria, altrimenti nulla potrebbe garantire la continuità di senso – l'identità «tautologica» – del nostro discorso, che resta l'innegabile fenomeno di partenza. Altrove Wittgenstein scrive: «un segno possibile deve poter significare» [1914b:85]. A questo livello dunque, noi pre-comprendiamo il senso dei fenomeni che colpiscono la nostra attenzione (comprendiamo *che* essi hanno un senso) altrimenti non potremmo neanche, semplicemente, nominarli.

Dal punto di vista formale, la mia nozione di "campo di precomprensione" significa che per moltiplicare A × B ottenendo il monome/gruppo AB occorre aver già "compreso" (George Boole (1847) direbbe: «elected») A e B come due *nomi* distinti. Questa *pre*-comprensione di A avviene dunque nell'irriducibile profondità della mente operatoria, che in quanto tale è stata del tutto trascurata dallo strutturalismo di Piaget, e donde sgorga il *nome* "A" quando esso compare sul foglio (tanto del bimbo che impara a leggere "questo è A" che del logico che enuncia "A è A") come simbolo dotato di una propria distinta identità, e dunque come argomento di una qualunque funzione $a = f(a)$. [Sul rapporto tra la forma generale della dedekindiana «Ab-bildung» $a = f(a)$, la booleana «Index Law» $a \times a = a$ e la già aritmetica (che io chiamo «pitagorica») $a \times a = a^2$, cf. il mio Caianiello 2010b, mentre sulla dimensione di profondità del corpo fisico, cf. il mio Caianiello 2010].

Ora in tutto questo, è di somma importanza ricordare che all'origine della nozione wittgensteiniana di «immagine logica» come archetipo di qualunque evento di comprensione del mondo, stanno proprio le medita-

zioni di Wittgenstein sull'eccezionale potere di *persuasione ipnotica* di cui appaiono dotati i modelli [*Bilde*] meccanici di Maxwell e Thomson:

> 15.11.1914 – Proiezione dell'immagine sulla realtà. (Il metodo di Maxwell dei modelli meccanici). Non preoccuparsi di ciò che già s'è scritto! Ricominciare a pensare nuovamente, come se nulla fosse avvenuto. Quell'ombra che l'immagine, direi, getta sul mondo: come afferrarla esattamente? È un mistero profondo. [Wittgenstein 1914b: 119-120]

[Su questo, e sulla differenza tra Wittgenstein e Duhem, *cf.* la nota 49 al mio Caianiello 2010a]. Quello che io sostengo è dunque che lo strapotere dei vortici di palline e marchingegni che infestano i nostri libri di scienza deriva loro dalla più pura potenza dinamica della nostra stessa mente, congiunta a una costante e sistematica opera di rimozione e denegazione di questa loro origine effettiva: quel fondo della psiche umana a partire dal quale siamo in grado di cristallizzare/decristallizzare qualunque dato di realtà, semplicemente riplasmando la nostra interpretazione del mondo.

[5] Per un diretto controesempio a questa visione disincarnata della matematica e della sua storia, cf. qui sotto §3.1.3. Quanto alla pessima fine che lo stile dell'idealità matematica ha fatto nella seconda metà del 20° sec. Cf. 3.1.1

[6] A proposito degli entusiasti di questa pratica della perfetta e dichiarata incoerenza, che *di capitolo in capitolo* fa succedere «modelli» strettamente incompatibili gli uni rispetto agli altri, e della responsabilità storica che pesa sul decisore politico in merito all'educazione alla scienza, Duhem si chiedeva angustiato: «*Cosa risponderemo a queste persone quando, incollerite, dissuaderanno ogni ricerca di coerenza come una vana e "filosofica" perdita di tempo*»? Cento anni di didattica conforme hanno già riposto: niente. A queste affermazioni non è stato risposto *niente*.

Quanto a un'intellezione psicodinamica e cognitiva di questo emanare "modelli" che procede *di contrario in contrario*, la mia idea è la seguente. La psicoastenia degli «esprit faibles» che trasmettono la scienza come un susseguirsi di tavole surrealiste, genera *necessariamente* un'*inversione gestaltica* nella struttura delle immagini utilizzate (da nuvole fatte di atomi ad atomi fatti di nuvole) perché questa inversione figura/sfondo non è che l'altra faccia di una stessa condizione cognitiva: quella della mente *sincretica*, che l'olismo duhemiano di Jean Piaget (1923,1924) ha opposto alla natura *sin-*

tetica propria dello psichismo adulto e razionale. Una *mente sincretica* non ha il controllo logico necessario a stabilizzare i componenti polarmente opposti dei suoi stati di credenza. Così, se nel dominio dell'affettività [Cf. Abraham, e Piaget 1945] l'ambivalenza interna al rapporto con l'oggetto investito dà luogo a comportamenti tra loro strettamente contraddittori di amore/odio, e come tali *accettati* e *promossi* fin quando la mente non sviluppa i propri equilibratori di sintesi razionale (il sistema dell'Io) analogamente, nel dominio della cognizione, il trapasso da un'evidenza di verità all'evidenza contraria non comporta – nella fase pre-razionale della nostra esistenza – alcuna revisione di sintesi, definendo piuttosto l'altro estremo di una incontrastabile e immanente oscillazione. Nel nostro caso, dopo che il testo delle superiori ci informa che le cose dette finora non avevano senso, i testi universitari ricominceranno a parlare esattamente come i testi delle elementari e delle medie: di come tale dichiaratamente insensato mondo *veramente è*.