

La candela

Come dicevo la volta scorsa, i miei commenti ad articoli apparsi sul n. 2 di NATURALMENTE non sono finiti: ora, come potevate facilmente prevedere, tocca a Marcello Cini. È un caso fortunato che questa rivista abbia pubblicato la sua relazione al Convegno ANISN 1998; altrimenti non avrei saputo che mi aveva fatto l'onore di citarmi ampiamente, anche se per dichiararsi in disaccordo con me.

Va da sé che su questo non ho obiezioni; il problema nasce però quando si va a guardare come viene rappresentato il mio punto di vista. A dire il vero forse Cini non pensa tanto a me, quanto ad altri; infatti scrive “non sono d'accordo con Fabri e con la maggior parte dei miei colleghi fisici” e più avanti: “I fisici sono abituati a pensare, con molta presunzione, che sia possibile ‘da un punto di vista di principio’ ricostruire tutta la realtà a partire dai loro modelli.” Ma è sicuro Cini che io penso questo? E soprattutto: è questo che io ho scritto nella puntata della “Candela” cui fa riferimento?

Vediamo. Quella puntata era tutta in polemica con Lazzara, ed era strettamente limitata a parlare di fisica. Il grosso problema di cui qui si parla non vi è assolutamente toccato, se si fa eccezione per un'unica frase, che riporto di seguito per risparmiare ai lettori (eventuali) il fastidio di ricercarla. Scrivevo:

“Voglio essere chiaro: non sto sostenendo che la biologia molecolare *si riduce* alla meccanica quantistica, ma solo che non la si può comprendere senza questa. Le proprietà delle proteine, come quelle del DNA, dipendono dal gioco e dalle interazioni degli elettroni atomici. La fotosintesi è un complicato (almeno per me) lavoro di elettroni che saltano da un livello energetico a un altro assorbendo fotoni, modificando legami chimici, ecc. ecc. E queste e le molte altre che non so neppure elencare sono situazioni in cui non c'è niente d'indeterministico: le energie di legame sono sempre quelle; le reazioni avvengono sempre allo stesso modo. . . ”

Dove si vedono due cose: 1) che lo scopo di quel paragrafo era di confutare l'idea (ahimé assai diffusa!) che caratteristica essenziale e dominante della meccanica quantistica sia l'indeterminismo, tesi che non ha nulla a che fare con l'argomento in discussione; 2) che secondo me *non è vero* che la biologia molecolare si riduca alla m.q.

Può darsi che Cini sia stato influenzato da poche parole, dove dico che la biologia molecolare non si può comprendere senza la m.q. Bene: logica vuole che scrivere questo sia molto diverso da scrivere che la m.q. *basta* per capire la biologia molecolare! Eppure è proprio la seconda tesi che Cini mi attribuisce. Anzi, poco prima scrive: “Entrambi [Lazzara e io] sia pure partendo da punti

di vista diversi, estrapolano indebitamente, elevandole a proprietà universali di tutto ciò che è reale, le forme caratteristiche di organizzazione della materia in settori parziali e limitati del mondo fenomenico, e arrivano a conclusioni arbitrarie, per non dire assurde, sulla natura della conoscenza scientifica e del suo rapporto con altre forme del sapere umano.”

Capperi! Non mi pronuncio per Lazzara, ma davvero Cini è riuscito a leggere tutto questo nelle poche righe che ho dedicato al problema? A me pare che chi davvero volesse sapere come la penso su argomenti così complessi, dovrebbe documentarsi molto meglio (ammesso che ne valga davvero la pena, vista la mia modestissima figura . . .). Tra l'altro non sarebbe facile, perché ho scritto assai poco in materia; in particolare non ho mai scritto libri, né credo che ne scriverò mai, perché non presumo di avere idee abbastanza profonde e originali da giustificare l'aggiunta di un altro libro ai tanti (troppi!) che già si pubblicano.

Credo di aver avuto una sola occasione di approfondire un po' il tema della relazione fra le diverse scienze, della possibilità o no di ridurre una scienza all'altra. Si tratta della relazione da me tenuta al Congresso AIF 1981, pubblicata in *LA FISICA NELLA SCUOLA* **16**, 49 (1983) e intitolata “Progressi e problemi nella comprensione della realtà fisica.” Se Cini avesse avuto occasione di leggerla, penso si sarebbe accorto che la differenza fra i nostri punti di vista non è poi così netta come lui sembra credere, e comunque, se c'è, non sta dove a lui piace vederla.

Forse un punto di divergenza sta in questo: che Cini associa la complessità allo scambio d'informazione, e ritiene che qui sia il limite per i metodi d'indagine della fisica. A me invece l'enfasi su un concetto tutto sommato nebuloso, come l'informazione, convince poco, e sarei più propenso a vedere i diversi livelli della realtà (o meglio, direi io, dell'indagine scientifica sulla realtà) come un'esigenza soggettiva, del modo come noi, in quanto esseri pensanti, riusciamo a padroneggiare e strutturare le nostre conoscenze sul mondo.

Per riuscire più chiaro non posso che fare appello alla vostra pazienza, riportando qui di seguito un lungo brano della citata relazione:

“Partiamo da un'osservazione ovvia: i calcolatori sono strutture artificiali, fatte da noi. Per di più sono un'invenzione recente: fino al 1949 calcolatori strutturati come quelli di oggi non esistevano, tutto è avvenuto in appena trent'anni. In secondo luogo i calcolatori sono stati costruiti partendo da conoscenze elementari: i primi usavano le vecchie “valvole,” oggetti di cui conoscevamo benissimo il funzionamento: il catodo riscaldato che emetteva elettroni, e poi la griglia, la placca, ecc. Dopo sono venuti i transistor, dei quali non solo sappiamo bene come funzionano, perché li sappiamo ridurre alla fisica dei solidi, che è un campo della fisica largamente esplorato; ma sono anzi stati inventati proprio sulla base di una teoria fisica. Non è neppure il caso di parlare degli altri componenti, come resistenze o condensatori, che dal punto di vista fisico sono ancora più

banali. Dunque tutti i costituenti elementari dei calcolatori sono oggetti che ci sono perfettamente familiari, e sicuramente riducibili alla fisica.

“Dopo i transistor sono stati inventati i circuiti integrati, i quali però sono dei complessi di entità elementari miniaturizzate, costruite con tecniche diverse, ma sempre riducibili a transistor, resistenze, condensatori: quindi non sono concettualmente niente di nuovo. Anche i progressi più recenti, come i circuiti integrati a larga scala — microprocessori, memorie, ecc. — per quanto siano alla base della “rivoluzione informatica” non hanno introdotto dal nostro punto di vista alcuna novità.

“Tutto questo ci porta a una sola conclusione: è del tutto impossibile pensare che per spiegare il funzionamento, per quanto complesso, di un calcolatore si debba ricorrere a leggi speciali, magari a noi sconosciute.

“Nel frattempo però è accaduto qualcosa di molto importante su un altro piano: mentre la tecnica progrediva, si sono cominciati a introdurre dei concetti nuovi per parlare dei calcolatori, per ragionare su di essi: in primo luogo concetti come “flip-flop” o “rete logica,” poi altri come “registro,” “memoria,” “addizionatore”; cioè concetti generali che si riferiscono alle proprietà funzionali dell’oggetto e non alla sua costituzione fisica. Un registro è per definizione un qualcosa che si comporta in un certo modo ben precisato, e a questo punto non ha più nessuna importanza chiedersi come è fatto dentro; per capire a che cosa serve un registro in un calcolatore non c’è bisogno di sapere se è composto di valvole, di transistor, o di circuiti integrati: basta conoscerne il comportamento.

“Un altro passo decisivo è stata l’invenzione dei “linguaggi di programmazione,” inizialmente semplici e vicini al funzionamento del calcolatore, poi sempre più evoluti e sofisticati, e sempre più astratti. Oggi io posso usare un calcolatore mediante un linguaggio di programmazione di alto livello, come il BASIC o il FORTRAN o altri anche più evoluti — APL, LISP, PASCAL ... — senza avere la più pallida idea di come il calcolatore che esegue il mio programma sia fatto; o addirittura senza vederlo, perché io sto seduto a un terminale video con la sua tastiera, e il calcolatore può stare nella stanza accanto o anche a centinaia di chilometri di distanza, collegato per cavo telefonico. Tuttavia io “adopero” il calcolatore in un senso molto concreto: interagisco con esso, gli comunico istruzioni e dati, gli faccio fare operazioni, ottengo risposte, e così via.

“Volendo possiamo distinguere ancora un altro livello: per mezzo di programmi sufficientemente sofisticati si possono ottenere da un calcolatore dei comportamenti altrettanto sofisticati. Un calcolatore, come ben sapete, non è un oggetto che fa soltanto dei calcoli, nel senso di risolvere equazioni o fare integrali; può fare molte altre cose: per es. — un esempio ormai scontato — un calcolatore può giocare a scacchi. Per inciso, un calcolatore può giocare a scacchi sicuramente molto meglio di me; e la cosa curiosa è che può giocare meglio di me anche un calcolatore programmato da me: io sono più bravo come programmatore di un calcolatore che come giocatore di scacchi.

“Ora quando un calcolatore gioca a scacchi, a me viene spontaneo interagire col calcolatore dimenticando che cosa c’è dall’altra parte; sono portato a descrivere il comportamento del calcolatore con lo stesso linguaggio che userei se avessi davanti un avversario umano: “ah, guarda, adesso lui ha capito che mi preparavo a sviluppare questo certo attacco e mi contrasta in questa tale maniera.” E questo non capita solo a me: per quanto ne so, succede a chiunque.

“Un altro esempio: voi potete impiegare un calcolatore come unità di comando di un “robot,” cioè di una di quelle macchine che vengono usate attualmente nelle fabbriche più moderne per certe operazioni e lavorazioni, anche complicate. Un robot è, ad es., capace di misurare un pezzo, accettarlo o scartarlo a seconda che rientri o no nelle tolleranze; può portare un utensile a contatto del pezzo, fare un determinato foro, controllare se il foro è venuto bene. Un robot può anche montare un congegno complesso a partire dalle parti staccate, stringere le viti, ecc.

“Di nuovo, quando studiate il comportamento di un robot voi non pensate più al programma che c’è dentro, non pensate ai registri, e tanto meno ai circuiti integrati o ai transistor: voi avete davanti un oggetto il cui comportamento, se volete capirlo, richiede di essere descritto a un livello molto elevato, cioè in termini di movimenti degli “arti” del robot, di risposte dei suoi sensori, e così via.

“6. *Il problema del riduzionismo: ipotesi di soluzione*

“E ora finalmente posso spiegare il perché di questa digressione sui calcolatori. A parte la constatazione che strumenti a un tale grado di sofisticazione esistono e dobbiamo comunque tenerne conto, per cui le idee che ho sommariamente richiamato sono oggi elementi necessari della nostra cultura, quello che importa per la nostra discussione è che i calcolatori sono sicuramente riducibili a componenti la cui fisica conosciamo perfettamente. Ma ciò non toglie che se noi pretendessimo di capire un calcolatore che gioca a scacchi riportandoci ogni volta a tutto quello che sta succedendo in ogni singola giunzione di ogni transistor, al moto di tutti gli elettroni e a tutte le correnti che ne risultano, non arriveremmo a niente, diventeremmo semplicemente pazzi.

“Di qui si vede che è una necessità nostra — del nostro modo di pensare, di come noi siamo capaci di affrontare la comprensione della realtà — il fatto di dover *astrarre*, cioè di abbandonare un certo livello di descrizione e portarci su un altro livello (più astratto) in cui certi dettagli si dimenticano, s’ignorano, e tutte le proprietà del livello inferiore si riassumono in comportamenti generali che diventano le leggi del livello superiore. Noi descriviamo un calcolatore in cui stiamo facendo girare un programma in termini del linguaggio di programmazione: d’istruzioni, di variabili, di procedure, ecc.; e non in termini di transistor, di resistenze, di correnti. Ma questo lo facciamo noi: il calcolatore è sempre lui, non cambia assolutamente di una virgola se io invece di essere un ingegnere elettronico che lo sta provando, sono un matematico che lo sta usando per

un calcolo; cambia soltanto il livello di descrizione. Se il calcolatore, a causa di un errore nel programma, non si comporta come dovrebbe, sarebbe stupido tentare di “ripararlo” cambiando qualche integrato, e viceversa: anche un errato funzionamento va visto a diversi livelli.

“Ora l’ipotesi che io volevo proporvi è che in generale il problema della riduzione delle scienze sia dello stesso tipo: passando da una scienza all’altra non cambia la natura dell’oggetto che si studia, né interviene qualche entità metafisica. Accade però che di fronte a sistemi abbastanza complessi abbiamo noi la necessità di astrarre da tanti dettagli e complicazioni, d’introdurre leggi generali che ci permettono d’ignorare quei dettagli e quelle complicazioni, e di vedere le cose in modo più sintetico a un altro livello. E da questo livello può poi essere necessaria una ulteriore astrazione, che ci porta a un livello più alto, ecc. In questo senso a mio giudizio si spiega l’esistenza e l’importanza delle diverse scienze. Non solo le scienze sono storicamente diverse, hanno avuto ciascuna la propria evoluzione, costruito propri linguaggi e proprie tecniche sperimentali; esse sono anche necessarie perché corrispondono a diversi livelli di approccio allo studio di una realtà che è estremamente complessa. Tuttavia non si tratta di differenze di principio, che comportino irriducibilità: tanto è vero che tutte le scienze sfumano l’una nell’altra, i loro ambiti specifici si modificano; talora due scienze si fondono in una, più spesso nascono nuove scienze nelle zone di confine.

“È dunque chiaro che questo punto di vista non nega la riducibilità, e mostra che il nostro atteggiamento verso il problema deve essere duplice: da un lato riconoscere che la realtà è sempre riducibile da un livello a quello inferiore, ma dall’altro accettare che il nostro modo di comprendere scientificamente la realtà richiede la descrizione a diversi livelli, e che i vari livelli non possono essere tenuti presenti simultaneamente. Siamo noi che non ne siamo capaci: il nostro cervello non ci riesce.

“L’errore filosofico cui accennavo prima è di vedere quella che è una nostra necessità mentale come una struttura obiettiva della realtà: è cioè un errore d’ipostatizzazione, uno dei molti che sono stati commessi nella storia della filosofia.”

Con questo credo di aver scritto abbastanza riguardo al problema di cui parla Cini, e di aver dato qualche idea del mio punto di vista in merito, che come ognuno vede, è assai diverso da quello che Cini mi attribuisce. Perciò chiudo su questo, e passo ad altro argomento.

* * *

Parliamo quindi delle ombre colorate, su cui ragionano Lucilla Ruffilli e Anna D’Attilia. Chi segue questa rubrica può facilmente capire perché l’articolo mi abbia interessato: tocca infatti il problema della percezione dei colori, che mi è accaduto di sfiorare qualche tempo fa. L’inizio dell’articolo mostra però subito che l’interesse delle autrici è più vasto: siamo in un campo che non saprei neppure ben definire, se non vagamente come psicologia cognitiva.

Leggo una frase che mi piace: “Ma quanto, in un contesto scolastico, si discute dei presupposti, della natura dei modelli e dei metodi scientifici? Quanto nel corso del curriculum lo studente costruisce la capacità di percepire la natura della conoscenza?”

Ho detto “mi piace,” ma debbo spiegarmi meglio. Mi piace, perché mette in rilievo quello che ritengo un obiettivo didattico importante e spesso trascurato. Però debbo anche aggiungere che per altro verso mi preoccupa, perché temo sia troppo facile illudere e illudersi di aver soddisfatto all’esigenza enunciata, quando invece si è fatto tutt’altro. La difficoltà è che secondo me quello dei presupposti, modelli, metodi, natura della conoscenza scientifica è un obiettivo terribilmente difficile da perseguire da parte di chi non abbia un’adeguata esperienza preventiva su come opera la scienza.

Di fatto fin troppo spesso mi accade di leggere, da parte di epistemologi, psicologi, pedagogisti, considerazioni o addirittura teorizzazioni che a me appaiono del tutto insostenibili, e che posso spiegare soltanto con l’insufficiente conoscenza che gli autori hanno della realtà del lavoro scientifico. Perciò credo che l’insegnante che volesse avventurarsi in questo terreno dovrebbe andare estremamente cauto, dal momento che i suoi allievi *per definizione* sono inesperti in materia di scienza. Occorre quindi guardarsi bene da quello che potrebbe essere l’esito più facile, ma negatore dell’assunto iniziale: ottenere che gli allievi riescano solo a ripetere a pappagallo alcune formule verbali, solo perché le hanno sentite dall’insegnante. Insomma, le solite “chiacchiere,” che mi avete sentito condannare fino alla noia...

Ma torniamo alle ombre colorate; o meglio, non ancora, perché le Autrici ci presentano prima uno strumento che poi useranno, a titolo di esempio, sull’argomento che dà il titolo all’articolo. Sto parlando della “V” di Gowin. Confesso subito la mia ignoranza: non ne avevo mai sentito parlare, e sicuramente non ho capito bene, per colpa mia, il valore di un simile strumento. Ma desidero esprimere una mia diffidenza “metodologica” di fronte a espedienti come questo (o come, tanto per indicarne uno molto diverso, ma anche molto più diffuso, le “mappe concettuali”).

Ho l’impressione che anche nella ricerca pedagogica ci siano delle mode (e perché non dovrebbero esserci?); sì che chi non fa uso di certe tecniche e strumenti viene visto come irrimediabilmente arretrato, o per dir meglio, semplicemente “out.” A me pare invece che codesti strumenti possano essere di qualche utilità in certi casi, e se usati con discernimento, ma che troppo spesso vengano presentati dai loro inventori come chissà quali fondamentali scoperte, e usati dagli adepti entusiasti come l’unica, la sola, la vera maniera di affrontare questo o quel problema. Espresso il mio scetticismo, passo oltre, perché in effetti anche nell’articolo di cui sto parlando il vero problema non sta nell’uso delle V di Gowan.

Sta invece nell'interpretazione del ben noto fenomeno delle ombre colorate. Quando si proietta su uno schermo la luce di due lampade di colori diversi (bianca e rossa nell'esempio fatto nell'articolo) e s'interpone nei fasci di luce un oggetto, si hanno due ombre. Però queste, anziché mostrare ciascuna il colore della lampada non coperta, appaiono un po' diverse. Sempre restando all'esempio, l'ombra che dovrebbe essere bianca acquista una tonalità verde-azzurra (complementare al rosso dell'altra lampada). Questo è solo un esempio di quelli che si chiamano fenomeni di "contrasto": un colore viene visto *anche* in relazione al suo contrasto con altri colori presenti nel campo. Oltre a essere un effetto ben noto, è perfettamente riproducibile: ha quindi carattere in certo senso universale, tutt'altro che soggettivo.

E proprio qui sta il punto. Che cosa si legge nell'articolo di Ruffilli e D'Attilia?

"... Siamo abituati a pensare che il colore sia una qualità degli oggetti e della luce da loro riflessa, così se vedo verde deve essere perché al mio occhio giunge luce verde, cioè di una certa lunghezza d'onda. Se prendiamo uno strumento per misurare la composizione della luce, scopriamo che in realtà non c'è predominio delle lunghezze d'onda chiamate verdi o azzurre nell'ombra che vediamo verde-azzurra e troviamo solamente la distribuzione tipica della luce bianca... Stati di attività neuronale (come quelli legati al verde) possono essere innescati da perturbazioni luminose diverse (come quelli che permettono di vedere le ombre colorate), è possibile mettere in relazione i colori con stati di attività neuronale e non con lunghezze d'onda. Gli stati di attività neuronale innescati dalle diverse perturbazioni sono determinati, in ciascuna persona, dalla sua struttura individuale e non dalle caratteristiche dell'agente perturbatore."

Questa in realtà è una citazione di secondo ordine, perché non si tratta di parole delle Autrici, bensì di H. Maturana e F. Varela: due autori oggi molto citati nell'ambito psico-pedagogico. Meglio così: la mia polemica si rivolge verso autori "illustri," anche se le Autrici fanno proprie quelle parole senza nessuna critica nè distinguo.

Chi abbia letto le mie considerazioni sul colore può forse a prima vista pensare che dovrei essere d'accordo: non ho anch'io più volte ricordato i quattro giocatori, uno dei quali è il cervello? Dunque anch'io concordo che quando vedo verde non è detto che nei miei occhi sia arrivata luce verde... Invece il modo di trattare la questione che usano Maturana e Varela non mi soddisfa: perché?

Prima di tutto, io non direi mai "luce verde," se non con molta cautela. Che cos'è la luce verde di un fisico? Può essere solo una cosa: una radiazione monocromatica o quasi, col massimo d'intensità attorno a 500 nm. Ma qualunque fisico sa benissimo che né un semaforo, né le foglie degli alberi, rimandano luce così fatta: perciò starà bene attento a non usare a sproposito la dizione "luce verde." Invece Maturana e Varela partono da questo presupposto ultraingenuo ("se vedo verde deve essere perché al mio occhio giunge luce verde, cioè di una

certa lunghezza d'onda"). Si tratta della solita tecnica: ci s'inventa un avversario di comodo perché è più facile combatterlo.

Ciò che preme è poter introdurre un elemento soggettivistico ("costruttivista," nella moda corrente): la percezione del colore non ha carattere oggettivo: "Gli stati di attività neuronale innescati dalle diverse perturbazioni sono determinati, in ciascuna persona, dalla sua struttura individuale *e non* dalle caratteristiche dell'agente perturbatore" (corsivo mio). Badate bene: non si dice quello che io direi, ossia che "gli stati di attività neuronale" sono determinati *insieme* dagli stimoli esterni e dalla struttura e condizionamento dell'organismo che li riceve. No: l'"agente perturbatore" sembra del tutto ininfluenza (il colore delle lampade non conta proprio niente?); ma soprattutto si parla di struttura *individuale*, quasi che ogni singolo che faccia l'esperienza potesse vedere cose allegramente diverse.

A che serve tutto ciò? e perché mi preme entrare in polemica con queste concezioni? Ecco: la "diversa idea della conoscenza" che viene proposta consiste in una "modalità di reazione a eventi problematici. Dove il termine 'eventi' non indica fatti 'oggettivi,' che ci vengono incontro dall'ambiente esterno, quanto effetti della nostra *autonoma e parziale* attribuzione di senso a *perturbazioni* del nostro sistema cognitivo causate da stimoli mai dotati di significato univoco" (i corsivi sono dell'autore citato: S. Manghi).

L'ho già fatta abbastanza lunga, e debbo perciò tagliar corto e concludere. Il punto essenziale sta nell'uso epistemologico e soprattutto pedagogico che viene fatto di simili asserzioni, che di per sé, se prese con opportune molle, e nelle opportune circostanze, non sarebbero assolutamente da respingere. Ma se ne deduce ad es. che non può esistere una verità scientifica accertata e quindi da proporre agli allievi: essi debbono essere portati a "costruirsi" la propria. Poi nella pratica si può essere più o meno estremisti, ma leggete tante elaborazioni su caratteri, obbiettivi, metodi dell'insegnamento scientifico che oggi riempiono i documenti ministeriali e le riviste di didattica, e potrete vedere da voi le implicazioni.

Gli esseri viventi sono composti da cellule? Gli atomi sono formati di elettroni e nucleo? Le stelle emettono luce grazie a reazioni di fusione nucleare? La legge della rifrazione permette di spiegare il funzionamento di un microscopio? Africa e Sud America erano uniti insieme qualche centinaio di milioni di anni fa? L'enorme varietà delle molecole organiche dipende in primo luogo dalla struttura ($2s^22p^2$) degli orbitali di valenza del carbonio e dalla loro ibridazione? Ho preso alcune frasi a casaccio, ma provate a metterle nelle mani di un costruttivista intransigente...

A questo punto debbo proprio farla finita. Alla prossima puntata, che uscirà nel 2000. Anno nuovo senz'altro, ma non nuovo secolo né millennio, anche se tanti ne sono convinti...