

3:IL PROBLEMA DELLA COMUNICAZIONE NELL'INSEGNAMENTO- APPRENDIMENTO DELLE SCIENZE

(A.Frati)

1:Presenza di posizione sotto forma di premessa

Il neolaureato che sceglie di lavorare nella scuola non tarda a rendersi conto che è venuto a trovarsi tra due mondi i quali, nella opposizione che li anima, dimostrano di aver bisogno di una qualche composizione, dialettica o meno. Da una parte, quello informale, o in via di formazione, degli studenti, gremito di possibilità, a dir vero non sempre ascendenti, ma sin troppo numerose per dare indicazioni sulla strada da prendere; dall'altra, quello istituzionale, fatto di programmi, leggi, regolamenti, ordini di servizio (i mitici ordini di servizio), ecc. che fanno volare sopra la sua testa grappoli di meteoriti verbali la cui cartacea perentorietà non vuole lasciare scampo al disordine. Sollecitato da forze in sì fiera contesa, spesso l'insegnante non ha altra scelta che cercare un empirico punto di equilibrio tra il complesso degli obblighi formali e le empiriche istanze dell'attività quotidiana. Naturalmente, gli è sempre consentito coltivare, se lo crede, la propria interiorità.

Ora, c'è una notevole differenza tra la difesa delle posizioni e la ricerca di un dialogo con le forze più avvertite che fanno della scuola una istituzione vivente nella quale pur si compie la vicenda, carica di responsabilità, della umanizzazione dei cuccioli d'uomo, restii, eppur desiderosi, di assomigliare a chi li ha preceduti sulla terra. Si ritiene, a ragione crediamo, che il mero adattamento alle circostanze non esaurisca questo grave compito. Perciò, non si manca di sollecitare, nei confronti dell'insegnante, una presa di posizione personale, intessuta di destino e di argomenti, il possesso delle ragioni viventi che, al di là di circolari e programmi ministeriali, possano motivarlo nella sua fatica. La responsabilità del docente ne è investita in pieno.

È un compito difficile quello che si prospetta? È senz'altro un compito importante, dagli esiti non scontati in partenza. Decidere di non voler vivere soltanto alla luce riflessa dei programmi e dei manuali; tendere a riappropriarsi di tutta la razionalità propria dell'azione pedagogica insita nella situazione per infondere vigore all'attività di ogni giorno, non è da ritenere un compito di facile realizzazione.

Ma forse il nemico, o creduto tale, è soltanto una difficoltà di dialogo tra il docente e una razionalità ministeriale chiusa in se stessa e distante, asserragliata dietro un linguaggio timoroso di cedere alle forze della disgregazione e da cui non riuscirà facile alle capacità interpretative dell'insegnante snidare le ragioni. Tanto più se essa arruola al proprio servizio quei termini ritenuti meglio assimilabili perché stagnanti da lunga pezza nell'opinione comune.

La routine è una ritirata e una confessione di impotenza di fronte alla realtà refrattaria. Nella scuola, essa è anche favorita dal ripetersi, anno dopo anno, delle stesse situazioni di fatto, circostanza tale da far deprecare ogni iniziativa come ricerca di novità per la novità o come sterile personalismo. I tentativi per sottrarsi alla routine, talora frutto di improvvisazione, sono poco convinti e si esauriscono in espedienti nel limitato campo d'azione di singole esperienze. Resta però la sensazione che una terza strada può essere realisticamente percorsa dall'insegnante che vuole evitare di restare intrappolato nelle secche della routine, senza cadere nelle velleità dell'empirismo, pericoli sempre in agguato quando si appanna la portata complessiva del proprio lavoro, l'insieme dei riferimenti tra cui va ad inserirsi, le forze propulsive all'interno.

2: L'educazione scientifica è un obiettivo irraggiungibile?

Riconosciuta la realtà delle contraddizioni segnalate, ci si può chiedere come trovarne una qualche attenuazione nella Scuola Superiore, ovvero se questa, nella sua dimensione corrente, o in quelle alquanto più aperte alle innovazioni sperimentali, possa esprimere sia domande che offerte di organicità, intesa come sistema di azioni che si compongono in un fine che sia, non questo o quel contenuto, o la loro somma, ma qualcosa che attiene al riconoscimento di tendenze nella sfera personale del discente, al loro sviluppo coerente in quello che ha di necessario e, si può dire, di fatale. La parola che esprime questo punto di vista più armonico sul lavoro scolastico si chiama educazione che, appena pronunciata, introduce nella dimensione problematica e ricercatrice dell'attività didattica. L'accompagna una continua tensione non paga delle posizioni acquisite, o di avanzamenti grazie a spinte esterne, ma volta ad approfondire le ragioni del fare, a portarne in luce le forze motivanti.

Ci rendiamo conto che una responsabile azione didattico-educativa si accompagna all'esistenza di traguardi razionalmente sviluppati, vale a dire, obiettivi per quanto possibile enunciati e valutati, verso cui tendere e ai quale far seguire l'attività adeguata alla realizzazione. Ma l'oggetto dell'azione non è altro che una diversa faccia dell'azione stessa e perciò la concreta opera didattica mal si dissocia dalla discussione dei suoi traguardi, parziali e finali, dei mezzi da mettere in campo, insomma, di se stessa in tutti gli aspetti che la riguardano. L'insegnamento delle discipline scientifiche non rappresenta eccezione al riguardo.

L'istituzione ovviamente tende a fare dell'insegnamento scientifico un'attività che ha uno scopo davanti a sé, uno scopo razionale al quale commisurare i mezzi necessari per realizzarlo. Dati lo scopo e i mezzi, le pratiche parziali possono soltanto comporsi per acquistare un genere di significato simile all'educazione. A loro volta le discipline, singolarmente prese, mirano,

tortuosamente talvolta, a convergere sui generali obiettivi che sappiano additare reali mete di sviluppo. A tante tendenze, la scuola vuole dare consapevolezza sotto il segno del progetto. Da qui i tentativi di immettere nelle discipline scientifiche, singolarmente prese, elementi formativi più generali, punti di consapevolezza che ne consentano l'integrazione nella formazione della persona che apprende.

Abbiamo individuato due strade distinte che cercheremo di far incrociare con un'idea di razionalità capace di sottrarsi ai condizionamenti e dispiegarsi nell'attività consapevole: il processo di sviluppo che coinvolge il discente e una didattica non più empirica ma razionale volta ad assecondarla. Se un comportamento è razionale quando sa dar ragione di sé, dei suoi moventi, l'attività educativa si può configurare come prodotto di una razionalità che si afferma nel momento stesso in cui si svolge. Costatazione che ci impegna a sottoporre a esame rigoroso i mezzi caratteristici messi in campo dalle discipline scientifiche al fine di evidenziarne gli elementi più necessari, i motivi sospinti sullo sfondo nella pratica di ogni giorno. La chiarezza sui moventi dell'azione didattica consiglia al docente di non cadere vittima della tentazione a concentrarsi (non vogliamo dire blindarsi) sui particolari contenuti della propria disciplina. La situazione è oggi favorevole per far compiere alla scuola un salto di qualità. I Nuovi Programmi che vedono la luce ad ogni mutar di stagione politica, nel loro desiderio di attenersi all'universale pedagogico, testimoniano almeno di un travaglio profondo che agita la scuola tutta e di un suo non risolto equilibrio col mondo esterno, dove si agitano forze sociali portatrici di istanze antitetiche. A ben leggere, le indicazioni che li accompagnano, mirano a creare le condizioni per passare da una fase di isolamento disciplinare a una di collaborazione e di organicità soprattutto in quei casi in cui esse manchino, in quell'educazione scientifica e tecnica troppo spesso depotenziata come istruzione.

3: La comunicabilità delle scienze empiriche

Quelle appena fatte potranno sembrare affermazioni ovvie. Ma se le discipline umanistiche, il cui riferimento è la persona, non ignorano le esigenze di unitarietà che da questa promanano, assai diverso è l'atteggiamento delle discipline scientifiche e tecniche, singolarmente prese, mal tolleranti altro riferimento che non sia un proprio contenuto particolare. La frammentarietà, unito all'addestramento, riportiamo soltanto una diffusa opinione, pare essere il magro apporto di siffatte discipline all'educazione. Ma il frammento ha ben poco da dire agli altri frammenti che gli si mettono accanto nelle aggregazioni che si fanno chiamare materie di studio.

Il mondo si trasforma. Nuove richieste vengono rivolte alla Scuola Superiore dai cambiamenti dei metodi di lavoro, come dai profondi rivolgimenti sociali e dalle mutazioni interiori da essi

indotti, dalla sensazione di disorientamento che il giovane prova di fronte a tanti allettamenti che si danno come opportunità. le nuove opportunità. Infatti, la nuova preparazione tecnica non può avere in vista il lavoro specialistico, ora che le ciminiere stanno scomparendo dai paesaggi cittadini e la prospettiva del lavoro a vita non fa più parte delle attese nutrite dal giovane. Gli antichi e consolidati nessi tendono a sciogliersi, e con essi le relazioni sociali si fanno più libere, affidate come sono al caso o a decisioni personali che scarsi sostegni possono dare al rinnovamento delle tradizioni. Sollecitati dai troppi mezzi a disposizione e dalle relative possibilità, si naviga a vista, senza riferimenti precostituiti, pronti a lasciarsi trasportare dalla corrente o a dirigere la barra verso le sorgenti più rumorose.

Come tutta la Scuola Superiore, anche la nuova istruzione tecnica si preoccupa di dare ai giovani quella formazione problematica e articolata che sappia valutare l'estensione, la forza e i limiti delle nozioni apprese e, quindi, a parlare meno di strumenti e più di concetti, metodi e abilità, una formazione spendibile nelle mutevoli circostanze della vita, a scuola come nel lavoro o in società. La Scuola Tecnica, più dei Licei, ha come obiettivo il lavoro, il cui carattere programmabile concorre a determinare la natura degli impegni richiesti. Se il lavoro perde alquanto del carattere parcellare per evidenziare la sua dimensione sociale, anche l'educazione tecnica deve adeguarsi. Per la natura relazionale del nuovo lavoro, acquistano maggiore importanza la sfera della comunicazione, la tendenza degli individui a rivolgersi ad altri individui, a riconoscerne capacità e interessi, avvincendoli nella rete degli scambi e delle cooperazioni. Da qui il bisogno di sottoporre l'impianto generale delle discipline scientifiche insegnate nella Scuola Superiore al vaglio della critica al fine di accertarne le potenzialità volte a una più articolata organizzazione interna, perché, da strumenti di controllo di altri strumenti, si trasformino in mezzi di comprensione generale. I nodi e le rigidità che ostacolano tuttora una loro più penetrante azione educativa hanno origine nell'eccessiva attenzione posta a logiche contenutistiche poco comunicabili. Esse devono quindi ritrovare il punto di sutura con i processi di pensiero come tali e propri della riflessione, quando sono ancora immuni da limitazioni provenienti da esigenze operative. Si tratta di una posizione umanistica entro la Scuola Superiore, di indirizzo liceale o tecnico, tale da sollecitare la persona discendente ad assumere la responsabilità della sua crescita.

Gli inconvenienti segnalati sono tipici in ogni ordine di scuola. In quella tecnica, poi, trovano alimento nella stessa natura di strumenti attribuita a contenuti studiati e che li risparmia dal dubbio critico. Eppure, anche queste scuole, ritenute a torto più povere di elementi culturali e critici, sono caratterizzate da un momento umanistico che le giustifica: il lavoro organizzato, sociale. Il tema è arduo, ma d'altronde decisivo; il dibattito col quale la contemporaneità lo vive, sebbene non si possa dire fioco, non giunge, o giunge attenuato, alle orecchie degli operatori scolastici e non diventa per questo una vera forza pedagogica. Tuttavia, senza una

qualche comprensione della natura del lavoro e dei mezzi tecnologici di cui si serve, la presa di posizione umanistica entro la Scuola Tecnica, viene a mancare del suo alimento più naturale. La pubblicistica didattica recente, e meno recente, ha fatto oggetto di studio la sua dimensione aperta, sia sotto i numerosi aspetti particolari che interessano le discipline, sia come attività che, in quanto svolta liberamente dall'uomo, lo coinvolge nella sua sostanza, sociale spirituale ed etica.(1)

La Scuola Superiore tutta sembra così alla ricerca di un più flessibile bagaglio conoscitivo, tant'è che ci si trova costretti a chiedere quali impulsi critici, riflessivi, l'analisi logica ed epistemologica delle discipline scientifiche che vi vengono insegnate sappia trasmettere alla loro didattica e alla formazione personale dell'allievo.

I Licei hanno risolto a modo loro il problema dell'integrazione degli insegnamenti scientifici agli obiettivi di formazione. In queste scuole, il perno non è rappresentato dal lavoro, nelle sue pieghe finali realizzatrici e parcellari, ma da un'esigenza di comunicazione insieme a una consapevolezza risolvibili entrambe in una più matura coscienza personale e in più strette relazioni sociali. Non è compito della Scuola Tecnica gareggiare coi Licei sul terreno della consapevolezza e della comunicazione, ma le si chiede espressamente di non ridurre le conoscenze insegnate a livello di strumenti per realizzare obiettivi decisi da altri. Così, tutta la Scuola Superiore entra in movimento. Gli obiettivi includeranno concetti attinenti al lavoro, alla società, alla comunicazione, alla natura, alla coscienza, ecc. La didattica deve diventarne consapevole e agire di conseguenza. In che modo è quanto ci si propone di chiarire più avanti.

4: Due modi di vedere le scienze empiriche. Entrambi evidenziano la possibilità di trattarle discorsivamente.

L'uomo comune si serve soprattutto dei nudi sensi per reperire dall'ambiente le informazioni di cui ha bisogno, e compie spontaneamente, sebbene con scarsa sistematicità, l'analisi delle cose in qualità sensibili, le quali diventano così predicati dei suoi giudizi e i mattoni fondamentali nella costruzione del suo mondo.

Invece le scienze empiriche sviluppano metodi appropriati tanto nella formulazione delle ipotesi da fungere come principi quanto nella loro verifica mediate l'osservazione e l'esperienza. Così il procedimento deduttivo che, per la sua natura logica, tende a chiudersi in sé stesso, deve venire a patti con l'osservazione, una faccenda tale da riservare sempre qualche sorpresa. La scoperta, imprevedibile per definizione, si ribella ad ogni fatto elevato a principio, ad ogni opinione trasformata in assioma.

Senonché i manuali scolastici, per quanti sforzi facciano in direzione di un insegnamento dei metodi della scoperta, nella loro ansia di sistemazione si mostrano impotenti di fronte all'osservazione creatrice e demolitrice di credenze. Così le pratiche prevalenti

nell'insegnamento, spesso ripetitive, poco comunicanti, se non frammentarie, sembrano opporsi ai contatti con fenomeni che parlano soltanto alla sensazione e caratterizzati da continua mutevolezza. I tentativi di pochi volenterosi di inserire le discipline nel circuito della comunicazione, naufragano contro pratiche irrigidite dall'abitudine. E sebbene si senta confusamente nelle discipline scolastiche la mancanza di respiro concreto tipica degli strumenti, si evita di derivare i metodi delle scienze empiriche da quelli del pensiero, di ristabilire la piena comunicabilità a pensabilità dei suoi concetti, per tema di privarli dell'operatività che li rende singolarmente incisivi e adoperabili alle condizioni adatte.

Si riconosce in una teoria scientifica un tessuto di simboli tecnici ben distinguibili dalle cose significate e dai termini della lingua comune, tali da guidarci a una conoscenza obiettiva del mondo, non contaminata da interessi personali, di classe, di religione o di nazione. I presupposti, le postulazioni iniziali, gli interessi noti dello scienziato e quelli ancor celati, non penetrano nel suo interno, non ne orientano i significati, né comportano scelte dove questioni di scelte si pongano, ossia dove c'è libertà. Questo almeno si crede quando la teoria viene pensata oggetto di contemplazione obiettiva, senza agganci con interessi e stati d'animo del soggetto.

Invece, il soggetto non può venir escluso quando si usano simboli. Infatti, una cosa diventa segno quando sta agli occhi di qualcuno per qualcosa d'altro.⁽²⁾ Vi si possono dunque distinguere quattro aspetti: il segno stesso nella sua costituzione fisica, il suo riferimento, cosa concreta, classe di cose o semplice concetto (designatum) e l'effetto (interpretazione) prodotto su un uomo o animale quando riceve il segno. Sulla natura del riferimento (designatum), una questione di pensiero, non è necessario pronunciarsi perché la teoria rimanga valida. Infatti i segni possono riferirsi ad un oggetto concreto (detto denotatum da Morris) o a concetti che esistono soltanto nella mente, classi contenenti molti, uno e nessun esemplare. In ogni caso, deve esistere un riferimento per fare di un oggetto un segno perché oggetti che ne sono privi si possono caratterizzare soltanto come cause od effetti fisici. Il riferimento all'interprete rappresenta un momento forte della teoria, poiché soltanto attraverso questo personaggio il segno può dare luogo al processo di assimilazione in cui consiste la semiosi. Si tratta di un risultato che giunge al termine di una lunga evoluzione negli studi sui segni.

Morris individua in ogni sistema segnico tre dimensioni, distinte e interrelate nello stesso tempo: quella sintattica (relazione dei segni tra loro), la semantica (relazione dei segni ai loro designata o denotata) e la pragmatica, che studia le relazioni dei segni ai loro interpreti. La pragmatica, una dimensione teorica in quanto va compresa unitamente con le altre due, consente tuttavia di far entrare nello studio l'utente del segno. Vedremo nel seguito come questa teoria, alla quale si attribuiva funzione unificante delle scienze, siano esse naturali che umane, possa interessare l'insegnamento-apprendimento delle discipline scientifiche. Per ora

basti dire che,posta la questione in termini così generali, i simboli usati nelle scienze e dalle tecniche si possono considerare segni a pieno titolo, dunque oggetti di interpretazione di un eventuale utente umano. Ciò significa che le scienze si possono considerare neutrali soltanto se considerate astrattamente, come conteste di proposizioni di carattere oggettivo, ma in realtà esse sono scienze per un utente che le usa come tali. (3)

Esiste un altro filone di pensiero distinto dalle argomentazioni semiotiche, interessato a ricondurre i concetti delle scienze empiriche a un linguaggio di osservazione. Con un'analisi logica approfondita, ha mostrato che alla base dei concetti delle scienze naturali, comunque complessi, si trovano invariabilmente termini empirici, in realtà un insieme di predicati riferibili a qualità semplici (bianco, rosso, caldo, freddo e simili) che R. Carnap chiama predicati cosali osservabili, tratti dal linguaggio ordinario depurato eventualmente dei vocaboli di significato astratto e il cui contenuto empirico sia determinato oggettivamente. Tutti i concetti delle scienze empiriche sono traducibili, mediante definizioni esplicite o condizionali, in collezioni di siffatti predicati che quindi li costituiscono. (4) La riduzione dei concetti scientifici a combinazioni di predicati cosali osservabili ha come primo risultato che le scienze della natura, e le altre che in definitiva possiedono un fondamento empirico come l'economia, la sociologia e la psicologia, sebbene quest'ultima, stando ai risultati disponibili, soltanto parzialmente e problematicamente, siano costituite da proposizioni verificabili per osservazione diretta. L'altro risultato notevole di questa analisi dei concetti delle scienze empiriche è di sostituire alle distinte scienze un'esperienza inizialmente non ascrivibile a una disciplina piuttosto che a un'altra ma campo di interesse di tutte, coinvolgendo osservazione ed osservato, soggetto ed oggetto. La stessa tecnologia, la produzione di un oggetto semplice o tecnicamente complesso, non si può comprendere con i mezzi di una sola disciplina, ma le chiama in causa tutte, quelle attinenti alla natura e le altre che si riferiscono all'umano desiderare e agire. Il coinvolgimento delle scienze nella pratica come tecnologia (modificazione, produzione e impiego confacente di oggetti d'uso) rompe l'isolamento tra le conoscenze, risolvendosi in una sintesi che è condizione per la loro valorizzazione pratica. La conclusione di Carnap nel lavoro citato, oltre a scoprire la radice della tecnica nella stessa scienza empirica una volta che sia ricondotta alla sua unità logica, offre preziosi suggerimenti per attivare a un'idea di conoscenza che la Terra un giorno forse vedrà realizzata.

5: Grazie a questa più profonda comprensione, procedure e contenuti della scienza entrano nel circuito della comunicazione

Ciò posto, cercheremo di gettare una qualche luce su alcuni problemi la cui mancata soluzione trasmette una pesante eredità a tutta la Scuola Superiore. Essi discendono tutti da un ambiguo rapporto che i linguaggi delle discipline scientifiche, positivamente e isolatamente prese,

intrattengono col linguaggio delle osservazioni dal quale dovrebbe ricevere concretezza e orientamento e da quelli degli scopi che li riconducono agli interessi degli utenti umani. Le discipline sembrano troppo impegnate a risolvere problemi particolari per provarsi a loro agio quando sono chiamate a sciogliere nodi che riportano il discorso dai propri oggetti, dove fila nel rispetto di tutte le regole, alle condizioni in cui sono applicate e al soggetto che ne usa i concetti. E, tuttavia, se la scuola nella sua complessità è ben conscia che ogni isolamento disciplinare porta a disconoscerne i poteri intrinseci e ne ostacola impieghi più pregnanti, la sua stessa vocazione critica, non altrettanto si può dire delle discipline scientifiche o tecniche prese nel loro insieme e in relazione a un eventuale utente.

Infatti, anche per la più astratta delle discipline, la matematica, gli stessi testi scolastici hanno raggiunto una consapevolezza della sua valenza generale, logica, gravida di potenzialità che meritano di essere conosciute meglio. Tanto per fare un esempio, i testi di algebra non si concentrano più quasi esclusivamente sul concetto della quantità, loro tradizionale riferimento, ma cercano di eliminare la distinzione tra il discorso algebrico e il suo oggetto, che dal primo deve emergere necessariamente. Perciò i capitoli di un testo di algebra moderna parlano di proposizioni, logica, insiemi, strutture algebriche, operazioni, che di per sé sono tali da obliterare il confine tra la quantità, o il numero che la rappresenta, l'operazione che la trasforma e il discorso che ne parla. Si tratta evidentemente di un fatto importante, tanto più che va nella stessa direzione dell'analisi logica installata saldamente nelle procedure osservative e sperimentali. Il numero, e il calcolo aritmetico con esso, non si presentano più come oggetti preesistenti a un discorso concreto, descrittivo, ma emergono da questo stesso discorso, dalle sue ragioni e leggi poste in profondità, dove il soggetto compie le sue fondamentali esperienze con l'ambiente naturale e le giudica, ossia, le conosce.

Il bisogno di riferire gli asettici termini tecnici ai particolari utenti, tutti diversamente interessati, può dunque venir soddisfatto senza che venga obliterata il valore di oggettività dei relativi concetti. Se occorre fare di un simbolo un segno per qualcuno, il processo al quale richiamarsi è quello dell'interpretazione nel quale vengano temperate insieme le esigenze dell'oggettività e del soggetto. (4)

Vogliamo perciò portare queste esperienze nell'insegnamento-apprendimento delle discipline empiriche, dove più evidente appare la sottoutilizzazione del linguaggio e, nel contempo, più necessaria si rivela la rigenerazione del potere espressivo dei mezzi impiegati. Si tenterà quindi di far emergere, mercé uno studio più approfondito della natura dei giudizi circa l'esperienza, i nessi che i concetti empirici intrattengono con le risorse espressive del soggetto, dei suoi interessi e del linguaggio usato per significarli, allo scopo di unificare teoria, osservazione ed uso e, nello stesso tempo, renderli più incisivi e sistematici, orientandoli verso il fine di educazione definito sopra. In questo modo, si colma in parte la cesura tra l'insegnamento

scientifico e tecnico e i loro effettivi contenuti, le reazioni personali di allievi diversamente interessati, facendo della trasmissione e dell'accumulo di presunte verità positive un'educazione all'osservare e al fare, e quindi al giudicare e al pensare. Porre al linguaggio comune la richiesta di diventare veicolo di interpretazione di tutti i generi di segni usati, fossero essi di termini tecnici o della lingua comune, è cosa affatto naturale, poiché si tratta dell'unica lingua nella quale si può parlare insieme dell'oggetto e del soggetto, dati i loro evidenti rapporti. Anche le conoscenze dette oggettive sono conteste di decisioni di tutti i generi, perché non diventano conoscenze empiriche senza essere conoscenze per qualcuno, per un utente.

Sotto analizzeremo alcune pratiche scolastiche alle quali l'insegnante si appoggia fiducioso, tanto sembrano naturali. Esse nascondono un'interna articolazione che, messe in luce, potranno venir chiarite dal nostro discorso.. Per non appesantire troppo l'esposizione, trascureremo di parlare di altri mezzi che sarebbero d'aiuto al fine di raggiungere il risultato di organicità che stiamo perseguendo: la lettura delle immagini, la formazione dei concetti, l'uso di grafismi e operazionismi vari, ritenuti indispensabili nell'apprendimento delle discipline scientifiche e tecniche, ecc. Tuttavia, ora sappiamo che mercé l'interpretazione si possono ricondurre a proposizioni verbali, e dunque a una sintesi da cui gli interessi non possono venir esclusi a priori.(5) Perciò vogliamo riportare la nostra attenzione sui giudizi di osservazione nella loro forma immediata.

6: Linguaggi settoriali e linguaggio naturale. Rapporti tra i vari ordini di scuole

Chi scrive è consapevole del fatto che la pratica didattica spesso si risolve in una faticosa routine, tenuta insieme dalle reazioni, dagli espedienti e rimaneggiamenti di volta in volta suggeriti dalle situazioni vissute piuttosto che dalla realizzazione di un piano che sia il riflesso di una volontà costruttiva, fatto di per sé non rincreasevole, se non fosse destinato a logorare la passione didattica anche dell'insegnante più motivato. La volontà costruttrice che risorge non si accontenta di intuizioni rapsodiche, ma ricerca un sostegno teorico che può venire soltanto dalla coscienza dell'intima unità che governa tutte le fasi del processo didattico, insieme di saperi da trasmettere non meno che di valori da affermare. Limitiamoci in questo paragrafo ai saperi, così come sono ordinati nelle discipline scolastiche e nei vari ordini e gradi di scuole.

La lingua standardizzata dei dizionari è patrimonio ideale di una comunità di parlanti, ma non è ancora il linguaggio vivente, entrato nell'attualità dei contesti. Di questo linguaggio uniformato parlano le grammatiche quando dettano le norme per la costruzione delle frasi. Invece il linguaggio colloquiale di soggetti agenti, in relazione l'uno con l'altro, come quello con cui si giudica delle percezioni, è attualità, espressione nella sua singolarità irripetibile. Duplicità del linguaggio dalla quale non è lecito astrarre.

La scienza inizia dall'esperienza di ogni giorno mediata dalla descrizione significativa fattane

dalla lingua comune quando le sue proposizioni, depurate delle più vistose incongruenze logiche e di fatto, sono adattate alle esigenze del sistema ben costruito (V.F.Lenzen:Procedure in Empirical Science,in: International Encyclopedia of Unified Science,v.I,n.5,1938). Come pensano gli empiristi, la percezione dell'oggetto è indissociabile da quella che il soggetto ha di se stesso, da cui la prima verità accessibile, quella della propria esistenza insieme a quella del mondo. Il giudizio che segue a questa certezza primordiale, mentre la comunica agli altri, fonda il sapere.

Per stabilizzare gli usi del linguaggio ci si rivolge alla procedura definitoria consistente nel prendere termini del linguaggio comune, o simboli di nuovo conio, per usarli in seguito soltanto con il significato stabilito dalla definizione. La costruzione di un linguaggio dalle prestazioni regolate in anticipo, si serve di definizioni lessicali, analitiche o anche fattuali, implicite od esplicite. La condizione serve a circoscrivere dall'infinita varietà del pensabile e immaginabile proposizioni dal significato controllato e quanto più possibile univoco. La formalizzazione della lingua comune, schematizzando le situazioni, porta alla costruzione del sistema.

Esistono discipline descrittive, qualificate come scientifiche, i cui concetti e principi sono costruiti senza uscire dalle relazioni qualitative. Altre invece non si accontentano di costruire il sistema sopra i fatti della percezione diretta ma fanno largo impiego di concetti e termini tecnici che, estranei alla lingua comune, sono tuttavia necessari per dare corpo a un sistema coerente. La programmazione scolastica deve tener conto della graduale evoluzione di un sapere che inizia con l'esperienza comune per arrivare gradualmente alle costruzioni elaborate della scienza matura.

Nei primi insegnamenti che il fanciullo riceve dai famigliari impara a dare un nome alle cose più comuni con le quali entra in contatto diretto. Nella Scuola Elementare il processo continua e si fa più sistematico, perché ora cominciano ad emergere quelle costruzioni sistematiche che sono il preludio del pensiero scientifico. Il fanciullo, sapendo denominare le qualità sensibili degli oggetti, può attribuire il nome specifico alla sostanza che le possiede la quale diventa un repertorio fisso di qualità, come il suo nome lo è di attributi.

Se nella Scuola Elementare l'insegnamento delle scienze si limita ad attribuire nome agli oggetti dell'esperienza, così che l'uso del nome richiami quegli oggetti e non altri e la vista degli oggetti susciti il ricordo del nome appropriato, nella Scuola Media all'osservazione-descrizione di un individuo, o di un fenomeno, segue l'individuazione degli elementi immutabili, processo detto di astrazione, quindi la selezione e riunificazione di alcuni di essi sotto speciali segni: la definizione o la generalizzazione; e, infine, la ricerca delle proposizioni che devono collegare questi segni speciali, ovvero enunciazione di leggi e scoperta di nuovi fatti. La Scuola Media perviene alla costruzione di alcuni concetti delle scienze con l'impiego dei mezzi della lingua parlata, un genere di definizione rintracciabile nei dizionari. I vari passaggi sopra delineati

preparano l'insegnamento delle scienze e ne creano le basi.

Nella Scuola Superiore il bagaglio di concetti si arricchisce di complesse costruzioni logico-sensibili: le grandezze, con le relative leggi quantitative. Ora il formale matematico partecipa alla costruzione dei concetti empirici. La novità comporta impegni di un genere peculiare: la coordinazione riflessiva e sensibile impone di valorizzare tanto il momento genetico, percettivo o intuitivo, quanto quello logico. Lo sviluppo di un atteggiamento critico e riflessivo esige che il fenomeno percepito si faccia giudizio, sul quale si eleva poi il criterio che lo qualifica come fenomeno esterno, oggettivo, e faccia distinguere possibile da impossibile, possibile da necessario, compiti per i quali i Licei sembrano più attrezzati degli istituti Tecnici. Il progredire della conoscenza del mondo esterno va quindi di pari passo con il progredire della conoscenza del mondo interno, un processo formativo che sviluppa le capacità di scelta dell'allievo, dunque la sua libertà, nel mentre gli mette a disposizione i mezzi per realizzare lo scopo scelto.

Ora, una simile preoccupazione non trova adeguato riscontro nei Bienni delle Scuole Tecniche. Preoccupati soprattutto dei limitati doveri nei confronti di discipline tecnologiche dei successivi Trienni, sembrano trascurare l'esigenza di un raccordo stretto con la Scuola Media. L'insegnamento delle scienze nella Scuola Superiore è sopraffatta da impegni contenutistici, all'apparenza poco interessata a una comprensione totale, del momento individuale e di quello oggettivo della conoscenza, se non per sconsolate ammissioni sul carattere dei discenti.

In effetti, un tale raccordo non si trova facendo un censimento delle nozioni apprese nella Scuola Media per svilupparle nel ciclo successivo, bensì in una considerazione complessiva delle discipline e del processo formativo nel quale il discente è coinvolto. Al punto in cui siamo giunti, la conclusione è giustificata: quella continuità che non si scorge, o è difficile scorgere esaminando le discipline individualmente, diventa invece palese quando si considera lo studio delle scienze come particolari linguaggi riconducibili però all'unico linguaggio comune a tutti i parlanti. (6)

Da quanto accennato, si comprende che non bisogna vedere le discipline empiriche nella dispersione dei loro linguaggi eterogenei, al limite dell'incomunicabilità. Esse, piuttosto, realizzano una articolazione interna che è conseguenza dei rapporti che tutte intrattengono col dato di realtà quale viene avvertito nella percezione immediata, quella comune a tutti, e che il giudizio soggettivo-oggettivo variamente qualifica.

7: L'attività scientifica usa linguaggi diversi. L'analogia

Si attribuisce alla scienza, che esordisce fissando i significati dei suoi concetti con definizioni, scarse attenzioni per gli interessi mutevoli dell'uomo comune, che nella vita di ogni giorno

definisce poco e molto segue la corrente delle impressioni e delle abitudini. Conoscenze imprecise, certo, ma acquistate senza sforzi particolari, con la stessa aria respirata e che concorrono a formare la sfera del 'certo' esistenziale. Il linguaggio ordinario, col suo ricco tessuto di metafore e di termini usati con senso traslato, mette in comunicazioni piani dell'esperienza mantenuti distinti da un procedere più metodico.

Semplificando, si può dire che il linguaggio assolve a due funzioni essenziali: una espressiva, individualistica, orientata al fenomeno così come viene avvertito; l'altra informativa, diretta alla costruzione di giudizi e strutture di giudizi coerenti. La distinzione linguistica riflette quella ordinaria di un soggetto che non si limita a percepire, immaginare e giudicare di percezioni, ma giudica il suo stesso giudicare.

L'importanza attribuita alle rappresentazioni come fonti delle prime ipotesi esplicative emerge da considerazioni sul fatto che prima di pensare si percepisce, si sente e immagina, si vive in un mondo dove il ragionamento esplicito è sostituito dalle associazioni, dalle analogie.

In particolare, si dice che tra il campo fenomenico in esame e uno già esplorato sussiste una qualche analogia quando essi coincidono in alcuni particolari mentre in altri possono anche differire. Somiglianze palesi in fenomeni per altri aspetti appartenenti a campi fenomenici ben distinti, come ad esempio la riflessione delle onde sulla superficie di un liquido e quella del suono quando urtano un ostacolo, fanno sospettare l'esistenza di altre ancora nascoste, constatazione dalla quale riceviamo utili suggerimenti per la genesi delle proposizioni iniziali per i nostri tentativi di spiegazione. Accanto a una giustificazione epistemologica all'uso delle analogie, ne esiste anche una psicologica.

Anche la ricerca storica ha raggiunto sufficiente consapevolezza dei processi all'origine dei saperi empirici. Le più antiche idee che l'umanità si è formata dell'universo sono ricavate analogicamente dai fenomeni che ci circondano, come dalle operazioni che ci sono più familiari e naturalmente assimilate dalla nostra vita. Successivamente, nelle civiltà più avanzate, la riflessione critica interviene per depurare queste immagini, integrandole con altre nozioni, ma senza disfarsene del tutto dichiarandone la fallacia. Il sorgere della scienza consisterebbe quindi in un distacco critico dal mondo delle analogie primitive, spontanee per sostituirle con altre pensate più a fondo. E a ragione, perché l'analogia, di per sé è caratterizzata da carenza esplicativa in quanto in una scienza naturale un fenomeno non può stare per simbolo di un altro. Ma la carenza, quasi a compensazione, fa dell'analogia un intermediario tra le esuberanti immagini della fantasia suscitate dal mondo fenomenico e quelle, meno numerose e più ragionevoli, perché più astratte, che hanno superato l'esame delle obiezioni ragionate di un pubblico interessato. Talché nei primordi di una scienza l'analogia porta la chiarezza argomentativa dove regna la narrazione mitica. Nelle fasi più avanzate e rarefatte, le analogie all'inverso riportano le concezioni scientifiche a contatto col senso comune, le rendono di nuovo

tangibili. In ogni caso, la loro funzione euristica rimane insostituibile.

Due esempi basteranno a chiarire questa funzione preparatoria dell'analogia.

Si ritiene che al sorgere del pensiero scientifico sia possibile assegnare un luogo, la Grecia, e un tempo, il VI secolo prima della nostra era. Nella Ionia la natura, spogliata del suo potere divino o demoniaco, viene osservata con occhi sgombri da mitiche narrazioni.⁽⁷⁾ Talete, vissuto a Mileto nel VI sec. a.C., immaginava che il mondo delle terre emerse galleggiasse, a somiglianza di una zattera, su una piatta distesa di acque, chiusa da un orizzonte circolare. A sostegno di questa concezione recava anzitutto l'evidenza, come è naturale, che le terre emerse sono circondate da oceani d'acqua. In più, c'erano gli scuotimenti provocati dai terremoti, spiegabili senza difficoltà con le conseguenze dei moti trasmessi alla terra dalle onde in tempesta, come la comune esperienza insegna accadere con le zattere. Nell'esempio, l'analogia rivela la sua origine dall'osservazione ingenua, ancora incapace di distinguere immaginazione e fatto. Tuttavia, essa offrì una solida presa alla critica di altri scienziati ionici che ne rigettarono le parti caduche, salvando quegli elementi i cui rapporti reciproci erano conformi a quelli della cosa rappresentata e che la concezione emergente conservò per ulteriori perfezionamenti.

L'altra analogia, riportata da T.S. Kuhn,⁽⁸⁾ sembrerà alquanto artificiosa; rispetta tuttavia i canoni di un efficace orientamento del pensiero che non desidera abbandonare il terreno dell'esperienza di ogni giorno. Essa cercava di rendere familiare al mondo antico l'idea di un universo formato da sfere concentriche e ruotanti attorno a un asse, sulle quali collocare le stelle fisse e i pianeti, tenuto conto del moto retrogrado di questi, e ricordato come modello cosmologico di Platone-Eudosso:

"Così, se sulla ruota di cui usano i vasai prendessero posto sette formiche, e nella ruota attorno al perno che la regge si facessero altrettanti canali crescenti verso l'esterno, nei quali esse siano costrette a girare, e la ruota si volga indietro; necessariamente le formiche, contro il giro della ruota, faranno un cammino inverso; e quella che sarà più vicina al centro, andrà più presto, mentre quella che correrà al limite estremo della ruota, per quanto vada lesta, compierà il giro molto più tardi, a causa della grandezza del circuito. Similmente gli astri. Per uno sforzo contro il corso del mondo nei loro viaggi essi compiono il circuito; ma, per la rotazione del cielo sono riportati indietro dalla quotidiana rivoluzione del tempo".

L'umiltà dell'analogia non le impedisce di mantenere tra le parti del modello gli stessi rapporti esistenti tra quelle del sistema planetario come lo conosciamo oggi e renderci familiare, e quasi a portata di mano, quest'ultimo.

Analogie meno empiriche, utilizzabili per indagini più rigorose, richiedono che il campo fenomenico di paragone, a differenza delle formiche di sopra, sia stato a sua volta già compreso in una descrizione scientifica in modo da prestarsi alla legge analogica di proporzionalità senza i

pittoreschi dettagli visti. A testimonianza di siffatto impiego evoluto del metodo, abbiamo esempi numerosi nella fisica: il suono spiegato come propagazione di un disturbo ondoso nell'aria, a somiglianza delle onde che corrono sulla superficie piana di un liquido; alcune proprietà della luce e la propagazione di effetti elettromagnetici spiegati a mezzo di onde, simili per alcuni versi a quelle sonore; la propagazione del calore da un corpo all'altro paragonabile al fluire di un liquido tra due serbatoi a pressioni diverse, e così via.

Gli esempi mettono l'accento su una proprietà che indubbiamente compete all'analogia: essa sembra idonea a collegare campi fenomenici attinenti a distinti organi dei sensi, oppure, quelli forniti di contenuto concreto con i più astratti e, ciò facendo, aiuta a ritrovare i secondi tutte le volte che i primi cadano sotto la nostra attenzione. L'analogia viene così a configurarsi come un aiuto mnemonico e come operazione logica di assimilazione dei fenomeni ai concetti in vista di una loro spiegazione. Sotto l'aspetto di modello semplificato e materializzato di relazioni complesse, può rappresentare un non disprezzabile ausilio didattico quando si tratta di comprendere concetti astratti. Poiché questi ultimi sono esprimibili soltanto con un linguaggio formalizzato (definito), va da sé che se vogliamo immaginare qualcosa, dobbiamo costruire prendendo ovunque è possibile gli elementi sensibili necessari. Meglio se nella creazione ci si può servire di un altro fenomeno, in sé significativo, e le cui relazioni interne siano già note.

L'analogia dà un aiuto al reperimento delle ipotesi, nella selezione di quelle su cui riporre maggior fiducia. In definitiva, essa serve al ricercatore per ridurre il margine di errore nelle sue congetture, mentre si mostra la più adatta per sostenere l'allunno nel foggare proposizioni che non siano meri prodotti formali, ma abbiano in sé un minimo di fattualità così da avviare verso la meta, anche se questa non sarà raggiunta al primo colpo.(9)

8: Discussioni e risoluzione dei problemi

Nella scuola, la parola 'problema' richiama invariabilmente quegli esercizi in fondo ad ogni capitolo dei manuali in uso nelle discipline scientifiche e tecniche, risolvibili mettendo all'opera i mezzi reperibili nei manuali stessi. Nel linguaggio delle scienze cognitive, "problema" ha una risonanza ben altrimenti profonda, poiché di tali problemi risulta intessuta l'esperienza ordinaria e in ogni momento siamo impegnati a trovarvi soluzioni soddisfacenti per il nostro benessere.

In realtà, i problemi mettono l'intelligenza di fronte a difficoltà dalle quali deve imparare a districarsi con mezzi adeguati, il tentativo per prova ed errore, la logica, la cui utilità non va perduta nemmeno nel campo ristretto dei problemi a piè di capitolo che vogliamo studiare qui, per la cui soluzione il manuale è lì a suggerire la strada.

In questi problemi, i dati, le incognite da determinare e ogni altra condizione hanno ricevuto veste concettuale tale da facilitare la ricerca delle risposte benché la loro stessa formalità

diventa d'ostacolo quando si voglia attribuire loro un significato empirico, sensibile. (10) Nelle diversità che li caratterizza, possiamo dire che essi sono accomunati da una struttura interna simile: si richiede di trovare i valori di alcune grandezze, le incognite, noti che siano i valori di altre (i dati) e sotto alcune definite condizioni. Per trasformare i dati nelle incognite, o queste in quelli, occorre l'intervento della teoria, di un solo capitolo o di tutti quelli che nel manuale lo precedono. Il livello di elaborazione teorica richiesta per arrivare alla soluzione caratterizza il grado di complessità del problema.

In un certo senso, questi problemi sono simili ai teoremi, problemi anch'essi sebbene caratterizzati dall'intento dimostrativo e l'elaborazione teorica che richiedono sta lì a dimostrarlo. Essi richiedono la trasformazione di alcuni concetti in altri di natura intermedia, in grado di associare, o dissociare, i dati e le incognite per farci raggiungere la desiderata soluzione. Sono concepiti in modo da contenere di frequente termini-modelli, o concetti, che sono a mezza strada tra i termini pienamente teorici e le nozioni del senso comune, circostanza che ne fa anche dei tramiti per il processo induttivo. A ciò si accennerà ancora in seguito.

La discussione dei problemi può accompagnare utilmente tutte le fasi della ricerca della soluzione, e può comprendere una descrizione a parole del loro contenuto, la messa in risalto del significato concreto di quanto trovato, l'analisi delle procedure di soluzione, quanto occorre per portare dentro le sue nervature più profonde. In definitiva, si immerge ogni fase del lavoro di risoluzione nell'elaborazione dei concetti, processo che segue la via piana della sostituzione di equivalenti logici, ovvero quella più stretta delle procedure euristiche che cercano per tentativi la soluzione di una difficoltà da verificare poi a soluzione trovata. Data l'evidente ricchezza di implicazioni, non c'è dubbio che la discussione di un problema in forma, o la formalizzazione di una situazione di fatto che fissa i contorni del problema, rappresentino obiettivi avanzati dello sviluppo mentale dello scolaro.

Occorre trasformare i concetti anche per scindere il problema di partenza in sottoproblemi, da risolvere a parte con procedure autonome, i cui risultati sono poi impiegati nel problema principale. Oppure, il problema da risolvere si dimostra a sua volta parte di una più vasta articolazione di problemi, ecc.

Quando più possibilità di soluzione vengono messe a disposizione dello studente, gli si può chiedere anche di valutarne la maggiore o minore complessità, la possibilità di trasferire le procedure escogitate, e trovate efficaci, in un altro campo di indagine.

Naturalmente, se si volesse seguire tutte le indicazioni date da G. Polya nel suo celebre testo, non ci limiteremmo alla semplice distinzione tra dati ed incognite. Ai dati e alle incognite, Polya aggiunge le condizioni, rappresentate da tutte quelle nozioni reperibili nel testo, precisanti in qualche modo i primi e le seconde. (11)

Per la soluzione effettiva, ci si può giovare di numerosi espedienti, suggeriti dal testo o ad

esso associabili per via logica o di tentativo. Il problema da risolvere può essere variato addivenendo a un problema simile, ma di più agevole soluzione, dalla quale trarre utili suggerimenti per l'originale. Termini che compaiono in frasi dal significato ignoto, possono subire generalizzazioni, particolarizzazioni, parafrasi, offrendo una via d'accesso al nocciolo della questione. Mediante definizioni, termini che non offrono appiglio sono collegati ad altri che in qualche modo ne spieghino il contenuto; con decomposizioni e successive riunificazioni, si dà al problema un aspetto che può richiamare nozioni già apprese o altri problemi già risolti, ecc. La risoluzione di un problema teorico non richiede niente di diverso. Impariamo dallo stesso autore che esistono collaudati metodi euristici la cui messa in opera non è senza giovamento e che rappresentano un efficace contributo alla formazione scientifica generale. Li ritroviamo nella ricerca metodica (esperimento), come nell'attività di ogni giorno. Questi metodi, la cui nobile paternità è fuori discussione poiché vengono fatti risalire nientedimeno a Platone, sono quello regressivo (detto anche analitico o indiretto) e il progressivo (noto anche col nome di geometrico, sintetico o diretto). Entrambi i metodi sono utili sia nelle scienze empiriche: l'analitico quando, come nell'indagine naturalistica, sono noti per via di osservazione gli effetti e sono da ricercare le cause nascoste, una ricerca che procede dal noto all'ignoto e mette capo ad affermazioni probabili, da corroborare in un secondo tempo, retrocedendo dalle cause ammesse per ipotesi sino agli effetti osservabili; oppure, nella soluzione dei problemi, quando si suppone nota l'incognita che è da trovare e si ricercano i dati e le altre condizioni con le quali essa sia compatibile; il sintetico, invece, trae spunto da queste ultime, che sono note, e, mettendo all'opera quanto già si conosce, avanza progressivamente verso le incognite del problema o le cause del fatto. (12)

Discutendo la risoluzione dei problemi, niente è stato detto su come accedere alle proposizioni di partenza, congetturali nell'essenza, di un ragionamento euristico, non discendente da un rigoroso procedimento logico ma neanche affidabili al caso.

Quando dai problemi delle discipline già preparati per una soluzione alla portata dello studente, come quelli dei manuali, passiamo a quelli, chiamati con lo stesso nome, incontrati nella vita civile ed professionale, ci si rende subito conto che le metodiche discusse sopra non sono più sufficienti. I problemi pratici vengono a inizialmente percepito come difficoltà, tensione irrisolta, ossia, come bisogno personale che deve passare per una formalizzazione per venir compreso come problema. J. Dewey (J. Dewey: Come pensiamo, Firenze, 1961, Cap. VII) ha descritto la via seguita dall'intelligenza per liberarsi dalla difficoltà che ne provoca il blocco. Lo scioglimento non avverrebbe in un sol colpo ma per gradi.

Nei primi stadi, chiamati dal Dewey della formalizzazione e della formazione delle ipotesi, si danno nomi a impressioni e cose, si costruiscono le prime proposizioni seguendo il filo dell'associazione. Si è consapevoli che ci si sta muovendo su un terreno inesplorato, ma dove

forse si nasconde n'idea nuova che dobbiamo saper cogliere a volo. Alle ipotesi, proposizioni controllate logicamente, seguono i vari tentativi di soluzione: confronti con altre proposizioni, dimostrazioni, prove sperimentali.

Concepito come insieme di tentativi di formalizzazione linguistica e procedimenti logici, il problema, sia del primo che del secondo genere, rappresenta il luogo deputato per le discussioni che, mettendo a confronto i diversi punti di vista, consentono pure di avvicinarli, in una valorizzazione di tutte le esperienze e competenze. La discussione, col suo andirivieni tra i linguaggi formalizzati e quello concreto, comune, ossia tra concetti teorici e interessi, rappresenta il momento ideale anche per la formalizzazione delle situazioni di fatto, poiché un problema posto correttamente racchiude le premesse per la sua risoluzione. I metodi rigorosi, tipicizzati, fanno scarsa presa dovendo venire in chiaro su questioni ancora note in modo informale.

In definitiva, il problema inteso nel senso ampio appena discusso, interessa tanto la scienza empirica, o almeno quelle nelle prime fasi di sviluppo, che l'esistenza comune. Per la sua soluzione non bastano i metodi ben collaudati, ma si chiede il coinvolgimento diretto, personale, da parte del ricercatore o dello studente, impegnati in attività che sollecitano le loro risorse di intelligenza. Lo studio, simile a tante altre attività umane, mette alla prova la capacità di immaginare fatti possibili, di dedurre le conseguenze, di variare assunti in relazione ai risultati, di confrontare idee tra loro e con i fatti. In questo, si ha nel linguaggio un ausilio potente che permette di tentare anche nel pensiero, simulando indagini al riparo dagli effetti disastrosi conseguenti ad erronee premesse. La scienza in divenire si risolve in propensione continua a tentare, a provare, in un'attività pubblica che ha nel linguaggio il suo mezzo principale. Il posto del linguaggio nella Scuola quale mezzo idoneo a temperare le settoriali, o anche settarie, pratiche disciplinari attualmente in circolazione, sembra così assicurato.

9: Schemi, simboli ed operazioni alla prova dell'esperienza. Il significato unitario della relazione di laboratorio

Le osservazioni immediate e il relativo giudizio, che pure procurano le certezze fondamentali sulle esistenze di cui si parla, rappresentano quindi soltanto il primo livello di un processo di apprendimento del reale che, per decomposizioni e sintesi successive, passa dalla semplice constatazione alle rappresentazioni semplificate e artificiali dell'esperimento sistematico per salire, con l'aiuto di grafismi geometrici e operazioni (simboliche) di tipo algebrico, ai concetti e ai principi altamente astratti. Le scienze, imitate in questo dalle tecniche, fanno largo uso di mezzi simbolici costruiti a scopo di semplificazione e precisione. Esse, per avere come scopo corrispondenze quanto più precise possibili tra enunciati e fatti, tendono così a sfuggire alla

presa dell'intuizione.

Una tentazione costante dell'istruzione tecnica, comprendendo nell'espressione anche le discipline scientifiche che ne fanno parte (tanta è la forza plasmatrice dell'ambiente!) è quella di pensare che operazioni simboliche e pratiche, grafismi e schematismi vari, a cui volentieri ricorre, siano sufficienti per comporre un quadro conoscitivo completo; perciò tende a restarsene soddisfatta di tale strumentario, quasi compiacendosene come di una sapienza esoterica. Ma se è da credere che gli schemi siano più aderenti alle caratteristiche dell'oggetto costruito, lo sono tuttavia a scapito della completezza rappresentativa, e quindi dell'insieme di relazioni con altri oggetti.

Lo schema grafico, come in un disegno, ad esempio, intrattiene con la cosa rappresentata una relazione specifica di analogia, in quanto i rapporti interni tra alcuni suoi elementi, quelli spaziali ad esempio, coincidono con quelli esistenti tra elementi corrispondenti della cosa rappresentata. In forza di questa identità di rapporto, lo schema richiama abbastanza precisamente la cosa, ma paga nello stesso tempo la precisione rappresentativa con uno svuotamento dei dettagli dell'oggetto rappresentato, dettagli che significano anche relazioni con altri oggetti, con operazioni.

Forse l'errore accennato sopra, di scambiare gli schemi per gli oggetti, scende dalla natura stessa di questi, che sono costituiti da caratteri geometrici e sensibili, fusi in una sola formazione. Gli schemi operativi, le formule algebriche, tendono a diventare raccolte di operazioni eseguibili sugli oggetti a scapito di un valore rappresentativo concreto. Schemi grafici e algebrici, per la loro stessa natura, vanno diritto allo scopo, e riescono utilissimi nelle catene di produzione dove il tempo è denaro.

I concetti scientifici possono impiegare sia grafismi che simboli riconducibili ad operazioni. Tuttavia, essi significano spesso grandezze ricavate da misure di qualità precedentemente isolate, confrontate l'una con l'altra e inserite in graduazioni. Quando si ritiene indispensabile fornirli di veste verbale, di una definizione in buona sostanza, questa esibirà nel definiendum caratteri distinti della cosa, simboli significativi indicatori di specifiche operazioni sensibili e mentali, come se la definizione, strumento conoscitivo, replicasse il qualche modo le operazioni sugli oggetti.

I caratteri geometrici che entrano nei concetti, sono elementi di figure nello spazio, e, quindi, si compongono spontaneamente in schemi, contravvenendo alla vocazione del concetto che è di essere pensato, non di farsi sostituire dal segno materiale che lo denota per offrirsi alle stesse operazioni eseguibili sull'originale. (13)

Dopo la breve esposizione dei mezzi rappresentativi al servizio delle discipline scientifiche e tecniche, possiamo vederli all'opera nel laboratorio o nella generica pratica, dove si può dire che trovino il loro ambiente naturale poiché l'attività chiamata in causa nell'esperimento, per quanto

schematica, è attività concreta di uomini che pensano e si determinano, oppure dubitano.

Gli oggetti impiegati in laboratorio e le operazioni in cui si manifestano, sono già il risultato di analisi e di semplificazioni che li liberano da quelle cause di errore che ancora permangono negli oggetti grezzi e li rendono meglio assimilabili ai concetti. Tanto per fare un esempio, in statica, il principio del parallelogramma delle forze parlerà di forze, corpi, spostamenti e simili nel significato tecnico richiesto dalla disciplina; per l'applicazione concreta, dovremo, con acconce precisazioni, associare a detti termini particolari oggetti che assolvono il compito semantico di esprimerne il significato. Applicato a sistemi particolari di forze, si parlerà allora di pesi, forze elastiche, trazioni e così via, a loro volta, generalizzazioni empiriche di concetti descrittivi di fatti ancora più particolari, quali peso di acciaio grezzo, peso cilindrico colorato di rosso, molla d'acciaio, tratto di corda e via particolareggiando agli oggetti che realmente maneggiamo e osserviamo. I quali procurano al nostro linguaggio quella concretezza esistenziale che manca ai termini tecnici. L'impiego dei termini teorici nell'esperimento o nei problemi comporta di necessità una loro contaminazione con i tratti concreti, descrittivi, che li trasformano in costrutti empirici aderenti alle cose. Si comprende che soltanto una corretta stratificazione di linguaggi può aiutarci a venire a capo della questione. Per il senso comune, la confusione può essere segno di creatività; il discorso scientifico fatto di distinzioni precise e proposizioni conseguenti, deve rimanere consapevole delle caratteristiche inconfondibili, sintattiche e semantiche, dei due piani tra i quali si muove. (14)

Preoccupati della precisione e sicurezza di impiego, non si sente il desiderio di emancipare i concetti scientifici dall'automatismo di applicazione garantito dalla loro schematicità. L'esperimento però esige che i concetti siano anche flessibili e adattabili ai tratti più fini delle situazioni di fatto.

La coordinabilità di tutti i mezzi espressivi impiegati è mostrata dalla relazione di laboratorio che presenta il punto di vista di una persona idealizzata e universale, o in via di diventarla, su concreti fatti. Essa porta in sé il momento della osservazione e del fare, dell'ipotizzare e del ragionare tanto in generale che sul problema indagato, organizzando i contrastanti caratteri del linguaggio dell'esperienza, fatto di giudizi di osservazione su processi di vita comune (questa superficie è rossa, questo oggetto è caldo, è di rame, e così via), analogie, giudizi includenti concetti astratti, deduzioni simboliche e linguistico-concrete, calcoli, grafici e altro ancora. Non c'è frattura tra linguaggi così diversi, poiché tutti hanno alla radice il linguaggio comune. Anche quando la relazione ricorre a mezzi specifici poco verbali, come numeri, operazioni con idee matematiche e con gli oggetti, grafici, ecc., manterrà la organicità e la fluency di una esposizione discorsiva. Essa si configura così come il discorso dell'esperimento, coinvolgendone nei suoi movimenti i caratteri essenziali, da quelli più astratti a quelli operativo-sistematici sino al momento concreto, dell'osservazione che ci dà la certezza di parlare di

qualcosa di esistente e non di un'astrazione o di una nostra fantasia. La progressione dall'esperienza alla verbalizzazione e all'organizzazione fa dell'esperimento metodico, oggettivo, un mondo aperto sulle realtà della persona che osserva, agisce e pensa, come deve e può. Qui, ai confini del pensiero scientifico, dove questo si confonde con gli stati di una coscienza individuale, le percezioni con i fenomeni particolari, il linguaggio ordinario incontra i metodi rigorosi e ne saggia la portata e il senso, ossia, li comprende.

L'intera attività dei laboratori, nella concatenazione esaminata, e principalmente alla luce del ruolo che vi esercita la riduzione dei concetti teorici ai predicati osservabili, da agglomerato caotico di fatti e pensieri senza medio comune, diventa materia di discorso e discussione, occasione perché lo spirito della critica possa distendersi in tutti i giudizi, siano pure presentati sotto forma di calcoli, notoriamente dalle giunture con flessibilità limitata.

10: Dalle questioni generali all'esempio: l'interpretazione alla prova di un testo di fisica.

Il brano che segue, tratto da un testo di Fisica per la Scuola Superiore (L. MIANO: Fisica ed esercitazioni, V.1, p.93, Milano, 1986), per il contenuto riguarda ovviamente questa, non trascurabile, disciplina di insegnamento e perciò mostra alcune particolarità che non si trovano in altri testi di scienza naturale, come la fisiologia, ad esempio. La Fisica espone molti dei suoi risultati in veste matematica e la presenza di concetti astratti quasi in ogni sua proposizione pone al lettore peculiari problemi di comprensione. Un brano di fisica non si assimila leggendolo ma, costruito con speciali mezzi, per capirlo va interpretato analizzandolo puntualmente per risalire, dai contenuti concettuali e metodici, ai loro processi costruttivi e quindi agli scopi premessi. Se la matematica contribuisce alla formazione dei concetti fisici, spesso sotto forma di grandezze, la sua istituzionale capacità deduttiva entra in azione tutte le volte che si alluda a un concetto attribuibile legittimamente alla sfera di questa scienza.

Le distinzioni introdotte da Morris nella semiotica ci aiutano a comprendere il processo di assimilazione dei segni finalizzati della fisica e le funzioni che assolvono nel testo. Esse alludono anche alla possibilità di una graduazione degli interventi, nel senso che un simbolo è portatore, a seconda del caso, di esigenze sintattiche, semantiche o pragmatiche, o una qualche loro combinazione.

Ad esempio, in una dimostrazione matematica, quando si tratta di sostituire un segno con altri ad esso equivalente, la dimensione sintattica risulta preponderante, mentre nelle scienze empiriche l'attenzione va diretta anche sul riferimento, e quindi sulla dimensione semantica. Si tratta però soltanto di una preponderanza di accenti, perché ogni processo segnico risulta dal contributo di tutte e tre le dimensioni. Interessi pragmatici sono evidenti anche nelle relazioni sintattiche e semantiche, nelle loro regole d'uso, poiché le parole scelte nell'esporre un argomento non ubbidiscono soltanto ad esigenze di coerenza argomentativa, irrinunciabili in

una scienza,ma devono tenere in dovuta considerazione gli scopi del suo impiego, nonché la capacità di comprensione del lettore,al qual fine ci si richiama al suo ambito di esperienze.

Per ritrovare l'esperienza concreta corrispondente ai termini tecnici del testo, così che si possa effettivamente riferirli alle cose, occorre perciò un passaggio intermedio,l'introduzione di un linguaggio che sappia comprendere tanto i primi che le osservazioni dirette che informano su esistenze e non esistenze. Esso sarà il linguaggio che parla di oggetti e fatti di osservazione, quindi consistente in concetti che, per la loro concretezza, possono riferirsi a cose e, perché concetti, in grado di articolarsi con i termini tecnici.

Ne vogliamo dare un esempio caratteristico

Per l'acciaio troviamo in un dizionario:lega di ferro e carbonio, dotata di particolare durezza ed elasticità,di colore grigio-metallico. L'esperienza diretta del lettore entra nella definizione soprattutto attraverso le specificazioni del definiens, quando si fa appello ad oggetti dell'esperienza comune,sono suscitati ricordi di attività e sensazioni. Tuttavia,la definizione del concetto,per quanto cerchi di catturare particolari della cosa definita,usa ancora termini linguistici per gli specificatori. Questi hanno valore universale, esattamente come il definiendum: vale per tutti e in ogni tempo. Possono però agganciare l'esperienza del lettore,ma si tratterà di esperienze particolari, formalizzazioni di cose e sensazioni, non rappresentazioni. Grigio, metallo, durezza,elasticità e quant'altro, significheranno concetti generali che il lettore dovrà associare alle forme linguistiche della definizione,un compito da non affidare alla sola suggestione del suono o alla intuizione, alle rappresentazioni provenienti dalle esperienze personali.(15)

Riporteremo nel seguito soltanto alcune trasformazioni che termini e proposizioni di fisica possono subire,e, in realtà, subiscono,quando sono fatte oggetto di studio al fine dell'assimilazione. Tecnicamente parlando,si tratta di produrre una interpretazione, comprendente esplicazioni (sostituzione a un concetto generale dei concetti più prossimi all'esperienza dell'eventuale lettore; ovvero, sostituzione di un termine con la sua espressione definitoria); trasformazioni di proposizioni con altre; precisazioni di concetti mediante l'elenco dei loro caratteri speciali così come sono accessibili al lettore(semantica); richiami di argomenti esposti in altri luoghi del libro,o anche in discipline affini;anticipazioni degli argomenti in cui il concetto studiato sarà usato e così via. "Interpretazione" significa riferire il simbolo a tutte le circostanze della sua produzione,quindi alle intenzione del suo produttore,o emittente, e non a un'equivalenza formale. Essa è sinonima di comunicazione. Se alcune risposte interpretative sono regolate da un metodo generale, dovendosi conformare a criteri di generale efficienza esplicativa,altre dipenderanno pragmaticamente dalle finalità che il soggetto si propone di conseguire,come dal livello di sviluppo mentale con il quale affronta lo studio di un argomento. La soddisfazione raggiunta dal lettore starà ad indicare che l'argomento ha perduto la sua

estraneità iniziale ed è stato assimilato.

Concetto di forza:

"Il concetto di forza è essenzialmente di origine fisiologica e nasce dalla **sensazione di resistenza** [Distinta da tutte le altre sensazioni(termiche,colore,..)] che avvertiamo tutte le volte che cerchiamo di modificare lo stato di riposo o di movimento di un corpo. Per precisare e rendere quantitativo questo concetto un po' vago e grossolano, consideriamo un **corpo** [Chiave,pallone,libro,coltello,sedia,...secondo le preferenze dell'alunno]in quiete, per esempio una **sfera d'acciaio** sopra un **piano orizzontale perfettamente liscio** [Sfera e piano chiamano in causa tutta la geometria. Il 'piano orizzontale' richiama l'idea di 'direzione verticale']. L'esperienza comune insegna che,in assenza di qualsiasi influenza o azione esterna,la sfera rimane indefinitamente nel suo stato di riposo. Ma se si esercita su essa uno **sforzo muscolare**[Sollevamento di pesi,spinta, trazione,...], anche minimo,in una direzione in cui il moto è possibile,il corpo si mette in movimento, spostandosi nella stessa **direzione e verso**[Direzione e verso del senso comune che interagiscono con le idee geometriche di piano e verticale] in cui è stata esercitata lo sforzo. Noi attribuiamo lo spostamento della sfera alla forza esercitata dai nostri muscoli.

Altro esempio:un corpo qualunque è abbandonato a una certa altezza dal suolo. Appena libero,il corpo cade verticalmente verso il basso per effetto del proprio peso.Ne deduciamo che il peso del corpo è una forza la cui presenza è sufficiente a produrre il **movimento**[Il movimento in questione ha acquistato l'elemento geometrico della verticalità] ,al pari di una spinta o trazione.

In generale,noi chiamiamo **forza** [La definizione di 'forza' riassume tutto quanto è stato detto in precedenza su azione,corpo,moto] qualsiasi azione capace di agire su un corpo modificandone lo stato di quiete o di moto".

Nel brano,le espressioni entro le parentesi quadre vogliono indicare le eventuali trasformazioni fatte subire a un termine o a un'intera frase del testo per meglio renderne espliciti i significati. La sua comprensione comporta quindi una traduzione dalla lingua del testo, o del suo autore, a quella del lettore,processo che definisce l'assimilazione.

Al contrario, nell'esperienza comune, quella che costituisce il primo passo sulla via di una conoscenza sistematica, si procede in senso contrario a quello del testo: dal caso percepito, singolare, al caso generale:una molla d'acciaio così e così fatta e resistente alla tensione; un'asta di alluminio, di legno di questa o quella qualità, con questa o quella storia; una pietra che cade, urta un'altra pietra,ecc. Giudizi che, con la loro scarsa precisione se confrontati con quella dei giudizi propri di una scienza, hanno il pregio di fare affermazioni che attengono alle reali percezioni, alle quali siamo più disposti ad attribuire l'essere che fonda la conoscenza. Ora si tratta di passare da una simile esperienza spontanea e creduta a una spiegata, quindi dai

concetti empirici e dalla lingua comune ai concetti e alla lingua più elaborati della fisica per i quali soltanto valgono le leggi e le teorie. Gli oggetti concreti dell'esperienza immediata diventano allora le costruzioni logiche per le quali valgono le relazioni rigorose: il sasso si trasforma allora in punto materiale, l'asta di alluminio si irrigidisce fino a diventare un oggetto caratterizzabile geometricamente, il tavolo diventa un piano perfettamente liscio, il sasso che cade un punto che si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato e così via.

11:Conclusioni:l'unificazione linguistica della Scuola Superiore

Il realismo ingenuo immagina di poter trasferire senza errore nei propri giudizi il dato di osservazione, convincimento giustificabile soltanto argomentando non con un atto di fiducia nell'osservazione. Esso è costretto a confessare che non ci può essere comparazione tra un giudizio, contesto di universali, e una percezione, una rappresentazione unica, irripetibile. L'induzione, non sostenibile da una logica altrettanto rigorosa di quella deduttiva, non garantisce a quest'ultima le proposizioni certe di cui va alla ricerca per costruire l'insieme dei presupposti da cui iniziare le sue catene di ragionamenti. L'argomentazione deduttiva sa che le sue premesse sono soltanto ipotesi da provare, tentativi. Ma questa sua dipendenza dalle ipotesi costituisce un limite per la teoria soltanto quando si arriva alla prova empirica delle conclusioni perché sul piano della pura logica, le conclusioni debbono seguire dalle premesse. I principi generali debbono la loro razionalità alla stessa generalità che le contraddistingue. (16)

Indicazioni utilizzabili sulla ricerca delle ipotesi iniziali si reperiscono nelle opere di autori come Mach e Polya, che hanno affrontato l'argomento dal punto di vista del ricercatore inventivo, che impara scoprendo. I metodi euristici e logici appresi nello studio dei testi, nella risoluzione dei loro problemi e di quelli incontrati nell'esperienza, insegnano a giudicare quanto si osserva, a fare tentativi e a confrontare i relativi risultati, a ragionare su affermazioni verosimili, o probabili, il cui grado di certezza è garantito soltanto dalla convinzione intima dell'osservatore. L'analogia tra un campo fenomenico già indagato e quello sotto esame, sulle cui particolari potenzialità ci siamo intrattenuti poc'anzi, può suggerire congetture verosimili da cui iniziare le deduzioni che devono portare alla comprensione degli effetti osservati. In ciò E.Mach, cap. L'analogia del libro citato, vede uno dei contributi più interessanti del procedere analogico.

In ogni caso, le due fonti della conoscenza che abbiamo isolato, l'osservazione diretta e il ragionamento, in linea di principio non possono smentirsi e non si smentiscono perché esiste un'unica certezza nella quale quella reperita per via di percezioni e quella dedotta per via di ragionamenti non possono che convergere. Le proposizioni di osservazione, per quanto singolari e contagiate di influenze personali, col loro carattere affermativo diventano quindi la fonte stessa della certezza. In quanto affermazioni vere o false, esse per cominciare possono

garantire di se stesse, danno anche origine all'intero sistema della logica che si costruisce su pochi assiomi(P.F.Strawson: Introduzione alla teoria logica,Torino,1975).

Del linguaggio sperimentale si può dire quindi che rappresenta l'anello mancante tra teoria ed esperienza e si serve di elementi comuni tanto all'una che all'altra. In generale, impiegando come visto termini intermedi tra quelli astratti,simbolici, della teoria e quelli concreti dell'esperienza, può esprimere i problemi di entrambe. La discussione, servendosi di proposizioni e recuperando quindi la dimensione concreta delle affermazioni e quello formale del dato concreto, se restituisce il dato di fatto celato dalla veste formale assunta dal problema,aiuta anche a compiere il passaggio inverso della formalizzazione,quando con procedimento astrattivo vediamo sorgere da una situazione concreta i rigorosi costrutti utilizzati in sede teorica.

Resta centrale il linguaggio delle affermazioni, delle proposizioni informative vere o false che descrivono le osservazioni dirette, mediatore tra il simbolismo formale e la lingua comune, la lingua con la quale si esprimono sentimenti,si giudicano fatti e si fanno ipotesi. Si delinea così la possibilità di porre su una base unitaria l'apprendimento di tutte le discipline scientifiche, poiché tutti i loro concetti debbono fondarsi su osservazioni. La conclusione interessa l'intera Scuola Superiore,in quanto,dal punto di vista raggiunto,le scienze e le tecniche perdono il loro reciproco isolamento per entrare nel campo d'azione di un metodo generale fondato sulla comunicabilità dei problemi e dei mezzi di soluzione, risultato che prepara il raggiungimento di una coscienza più matura. Il passaggio è necessario perché si istituisca la comunicazione tra i protagonisti dell'insegnamento apprendimento delle scienze, una relazione che ha più del confronto di opinioni e mediazioni che di un trasferimento di informazioni dall'uno all'altro. Lo scambio comunicativo non costituisce deroga dai sani principi positivi(i fatti e soltanto i fatti) e resta quindi immanente a tutti gli aspetti della didattica:dallo studio dei testi alla risoluzione dei problemi di abilità e di quelli fondamentali(ved. Nota 10), dalla condotta degli esperimenti alla interpretazione dei loro risultati, dalla riflessione alle interazioni dell'allievo con le altre persone del suo ambiente.

NOTE

(1)A.Pieretti:Il lavoro,un modo per essere persona,in La Scuola,Brescia, n.4, a.83/84. E dello stesso:Scienza e tecnica,una sfida,ibid.,n.4,a.84/85.

(2)C.Morris:Empirismo scientifico,in:A.V.:Neopositivismo e unità della scienza, Milano, 1973.

(3)C.Morris:Foundations of the Theory of Signs,in:International Encyclopedia of Unified Sciences,v.I,n.2,1938,pp.3,4.

(4)Il dilemma posto da un'oggettività che si impone al soggetto che quindi diventa un soggetto dimezzato, è risolto kantianamente concependola come accordo tra soggetti, come

intersoggettività.

(5) Il giudizio, nel quale possono entrare le determinazioni più diverse: essere, qualità, quantità, sensazione, pensiero astratto, ecc., costituisce di per sé una tale sintesi. Si pensi al semplice giudizio di osservazione: questo tavolo è lungo 1,5 metri.

(6) I piani di studi dei Licei sono naturalmente consci del problema. Essi coronano il processo di formazione di una cosmologia completa con una Geografia generale nella quale sensazione immediata, distinzioni logiche, osservazione, giudizio diventano mezzi per strutturare tutto il sapere matematico, fisico, chimico, biologico e storico, ideale conclusione di un iter formativo iniziato nella Scuola Inferiore, Elementare e Media. La scienza si integra in una coscienza e ne riproduce i movimenti. Sapere totale vuol dire sapere dell'oggetto e del soggetto che conosce, non della somma delle eterogenee nozioni classificate nelle diverse discipline perché non ci può essere sapere di alcunché nell'ignoranza dei propri poteri conoscitivi. Si tratta in buona sostanza di quella conoscenza soddisfacente che ripete, su un piano di maggiore consapevolezza, la natura e le finalità della Scuola inferiore. Con essa fa i conti ogni giorno anche lo scienziato di professione, e in genere, l'uomo moderno.

7) I Presocratici, Testimonianze e frammenti, Bari, 1983, vol. 1, Talete, A14.

(8) T.S. Kuhn: La rivoluzione copernicana, Torino 1972, pag. 68.

(9) E. Mach: "L'operazione con ipotesi viene introdotto dallo stimolo della somiglianza e dell'analogia. L'ipotesi vivifica l'intuizione, la fantasia, e con esse stimola l'attività fisica di reazione. Peraltro, la funzione dell'ipotesi è in parte di rafforzarsi e di rendersi rigorosa, in parte di distruggersi: ma in ogni caso, è una funzione di ampliamento della conoscenza" (Somiglianza e analogia, in: Conoscenza ed errore, Torino, 1982, pag. 222).

(10) M. Alonso, E.J. Fin: Elementi di fisica per l'università, Milano, 1985, v. 1. Gli autori distinguono nell'Introduzione tra problemi di abilità e problemi fondamentali. I primi in pratica si risolvono applicando quanto è esposto nel testo, che l'alunno deve reperire con una ricerca non troppo complessa, seguendo la traccia lasciata dai nomi dei concetti; i secondi invece impongono una rielaborazione del problema come della forma nella quale la teoria è esposta.

11) G. Polya: Come risolvere i problemi di matematica. Logica ed euristica nel metodo matematico, Milano 1967.

(12) E. Mach, op. cit., cap. Il problema.

(13) Si accenna al problema posto dalle immagini schematiche, quando si tenta di riprodurre col loro mezzo i concetti impiegando effetti coloristici a rappresentare le qualità sensibili che entrano nelle definizioni: un oggetto calcolo si rappresenta di colore rosso, ecc.

(14) Le definizioni, associando gruppi di caratteri sensibili ai termini teorici, ne fanno strumenti di organizzazione dell'esperienza, che diventa così qualcosa di più e di diverso di un succedersi di tentativi associati a descrizioni. Tuttavia, dopo la crisi delle scienze di inizio XX secolo, il nesso

tra sistema teorico ed esperienza si è allentato diventando problematico. Oggi, si preferisce parlare di interpretazione di un sistema di proposizioni teoriche, termine tale da non obbliga a una connessione ontologica tra pensiero teorico, di necessità rigorosamente logico, e l'esperienza conseguente, a sua volta sempre inquinata da adattamenti e approssimazioni empiriche.

(13) Si accenna al problema posto dalle immagini schematiche, quando si tenta di riprodurre col loro mezzo i concetti impiegando effetti coloristici a rappresentare le qualità sensibili che entrano nelle definizioni: un oggetto caldo si rappresenta di colore rosso, uno freddo verde, ecc.

(14) Le definizioni, associando gruppi di caratteri sensibili ai termini teorici, ne fanno strumenti di organizzazione dell'esperienza, che diventa così qualcosa di più e di diverso di un succedersi di tentativi associati a descrizioni. Tuttavia, dopo la crisi delle scienze di inizio XX secolo, il nesso tra sistema teorico ed esperienza si è allentato diventando problematico. Oggi, si preferisce parlare di interpretazione di un sistema di proposizioni teoriche, termine tale da non obbliga a una connessione ontologica tra pensiero teorico, di necessità rigorosamente logico, e l'esperienza conseguente, a sua volta sempre inquinata da adattamenti e approssimazioni empiriche.

(15) Le esperienze personali, nella loro singolarità, non appartengono a nessuna scienza positiva. Tuttavia, esse restano le cose più importanti per il singolo individuo.

(16) Per P. Duhem (La teoria fisica, Bologna, 1978) le ipotesi teoriche, destinate a coordinare leggi empiriche, nascono spontaneamente nella testa del ricercatore e il loro destino è quello di non essere mai provabile con certezza assoluta. La conseguenza è che le teorie di una scienza così rigorosa come la fisica, possono subire correzioni o smentite radicali da cedimenti verificatisi in uno qualsiasi dei suoi punti.

Milano,

Ottobre 2001.

