

LE PRATICHE OSSERVATIVE E SPERIMENTALI NELL'INSEGNAMENTO DELLE SCIENZE DELLA NATURA

Ezio ROLETTO, Università di Torino

ezio.roletto@unito.it

1 - INTRODUZIONE

Le pratiche sperimentali costituiscono una componente fondamentale dell'insegnamento delle scienze della natura (empirico-formali), ma la loro gestione presenta numerosi problemi; esse infatti possono obbedire a logiche diverse, legate alle concezioni didattiche dell'insegnante, ossia alle idee dell'insegnante a proposito di:

- **Apprendimento**
- **Insegnamento**
- **Natura della scienza**
- **Statuto delle pratiche sperimentali scolastiche**
- **Ruolo di tali pratiche nell'apprendimento delle scienze.**

In effetti, l'apprendimento scolastico può essere inteso in diversi modi. Semplificando molto, si può dire che può essere considerato:

- Come **accumulo di informazioni**
- Come **modifica** più o meno permanente **dei comportamenti**
- Come **trattamento attivo delle informazioni** ricevute dall'esterno
- Come **costruzione di conoscenze**

Se si focalizza l'attenzione sul soggetto che apprende, questi viene concepito come:

- Un **accumulatore** di saperi trasmessi dall'insegnante (modello sensualista di apprendimento);
- un **trasformatore di comportamenti** (modello comportamentista di apprendimento);
- un **ricettore attivo di informazioni** a lui esterne (modello cognitivista di apprendimento);
- un **costruttore di conoscenze** grazie ad un'attività riflessiva sulle proprie conoscenze in interazione con nuove situazioni (modello costruttivista di apprendimento).

È evidente che il metodo di insegnamento adottato da ogni insegnante dipende dal modello d'apprendimento al quale, quasi sempre in modo implicito e inconsapevole, egli fa riferimento. Inoltre, il modo di insegnare le discipline scientifiche dipende anche dall'idea (quasi sempre implicita e inconsapevole) che l'insegnante possiede della scienza, ossia della sua natura, del suo statuto sociale e del suo scopo. Cosa è il sapere scientifico? Una verità ricavata dai fatti? Una interpretazione arbitraria dei fenomeni? Una somma di leggi naturali? Il prodotto di un metodo di lavoro rigoroso, il «metodo scientifico sperimentale»? Inoltre, nell'ambito delle scienze sperimentali, si pone il problema delle attività pratiche. Qual è lo scopo di tali attività? A cosa devono servire? Per illustrare le leggi della scienza insegnate in classe? Per avviare gli allievi a qualche abilità manuale? Per mettere gli studenti a contatto con apparecchiature e strumenti usati dai ricercatori? Per porre gli studenti di fronte a fenomeni da descrivere e interpretare a livello empirico e/o a livello teorico? Purtroppo, la grande maggioranza degli insegnanti non sospetta nemmeno che esistano questi problemi a proposito delle pratiche sperimentali scolastiche e che le soluzioni adottate influiscono sull'efficacia dell'insegnamento più efficace e quindi sull'apprendimento degli studenti. Il mio obiettivo è dunque il seguente: **rendere problematico il vostro atteggiamento nei confronti delle**

pratiche sperimentali scolastiche e, di riflesso, del sapere scientifico. Per realizzare questo obiettivo dovrò esprimere idee che forse vi disturberanno suscitando in molti di voi reazioni di rigetto: le comprendo perfettamente, dal momento che ci sono passato anch'io. Mi auguro che chi avrà reazioni di questo genere riesca ad andare oltre, a riflettere con calma su ciò che viene esposto e a esprimere tutti i dubbi, gli interrogativi e le perplessità che le mie parole susciteranno in lui. Sono così cosciente delle possibili reazioni, che ho trovato quanto mai pertinenti queste parole che William Harvey scrisse nell'opera in cui presentava le proprie idee sulla circolazione del sangue:

*Ciò che rimane da dire sulla quantità e la fonte del sangue che scorre in tal modo è di carattere così nuovo e inedito che io non solo temo di essere danneggiato dall'invidia di qualche singolo, ma tremo per paura che l'umanità al completo mi sia nemica, **poiché so fino a che punto gli usi e i costumi diventano una seconda natura***

(William Harvey, De motu cordis et sanguinis, 1628)

Harvey sta dicendo che ciò che un soggetto ha pensato fino a ieri può sembrargli l'unico pensiero possibile, vero, indiscutibile, naturale. Però ritengo che tutti siamo d'accordo sul fatto che non è così.

Cominciamo da come viene presentato il metodo scientifico nei libri di testo.

2 - METODO SCIENTIFICO E SCIENZA FORMALIZZATA

In genere, i libri di testo sostengono che è possibile produrre sapere scientifico se si adotta il **metodo scientifico** o **sperimentale**, generalmente presentato, per quanto riguarda le attività scolastiche, con lo schema per il quale André Giordan ha coniato l'acronimo **OHERIC**:

Observation

Hypothèse

Expérimentation

Résultats

Interprétation (des résultats)

Conclusion

Ecco come viene presentato il metodo in un manuale italiano di chimica per i licei:

*La chimica moderna è scienza e, in quanto tale, si è sviluppata mediante l'uso del metodo scientifico. In altri termini, per mezzo dell'**osservazione** attenta e rigorosa dei fenomeni naturali, la raccolta e la catalogazione dei dati relativi alle osservazioni, la progettazione e la successiva realizzazione pratica di esperimenti, il lavoro di interpretazione dei risultati ottenuti attraverso tutte queste vie.*

*L'insieme di molte osservazioni può portare ad una **legge**, cioè ad un enunciato che generalizza le osservazioni ed è in grado di prevedere il comportamento di un determinato sistema senza essere in grado, però, di spiegarne il perché.*

*La ricerca del perché di un certo fenomeno o di una serie di osservazioni porta alla formulazione di **ipotesi**, cioè di tentativi di interpretazione dei fenomeni e delle osservazioni. Una ipotesi, poi, una volta formulata, viene sottoposta al fuoco incrociato di molte verifiche, di altri esperimenti che possono portare a dover scartare l'ipotesi stessa oppure a consolidarla avendo constatato che continua ad essere in grado di spiegare i risultati delle verifiche stesse. In quest'ultimo caso, l'ipotesi si trasforma in **teoria**. Le teorie non sono necessariamente eterne. Può accadere un giorno che un esperimento o un'osservazione mai realizzati prima risultino in disaccordo con una teoria consolidata: in questo caso, la teoria deve essere inevitabilmente abbandonata o rivista in modo da spiegare tutte le osservazioni compiute.*

Se i libri di testo sostengono opinioni di questo genere, ciò dipende dal fatto che l'esistenza di tale **metodo scientifico universale** è stata sostenuta nel corso del tempo da molti illustri scienziati e filosofi della scienza. In genere, si fa il nome di Claude Bernard che, nella sua opera famosissima *Introduction à l'Étude de la Médecine Expérimentale*, pubblicata nel 1865, ha formalizzato in modo rigoroso le diverse tappe di una ricerca sperimentale:

OSSERVAZIONE – IDEA (IPOTESI) – SPERIMENTAZIONE – VERIFICA DELL'IPOTESI

Nel 1924, uno studioso di economia scriveva quanto segue:

Se cerchiamo d'immaginare come una mente umana, normale per quanto riguarda i processi logici del suo pensiero, potrebbe fare uso del metodo scientifico, il procedimento sarebbe il seguente: dapprima tutti i fatti dovrebbero venire osservati e registrati, senza operare una scelta o senza fare supposizioni aprioristiche sulla loro importanza relativa. In secondo luogo, i fatti osservati e registrati dovrebbero venire analizzati, confrontati e classificati, , senza fare uso di altre ipotesi o postulati che non siano quelli necessariamente coinvolti nella logica del pensiero. In terzo luogo, da questa analisi dei fatti dovrebbe venir tratta induttivamente una generalizzazione sulle relazioni, classificatorie o causali, intercorrenti tra gli stessi fatti. In quarto luogo, la ricerca ulteriore dovrebbe essere tanto deduttiva quanto induttiva, utilizzando inferenze tratte dalle generalizzazioni stabilite in precedenza.

(WOLFE A.B., *Functional Economics*. New York, 1924)

Siamo qui di fronte ad un atteggiamento che è insieme **positivista** e **empirista**. Questo cosa vuol dire? Semplificando molto le cose, si può dire che il **positivismo** è caratterizzato dall'idea che per ottenere la «verità» scientifica si deve ricorrere ad un «buon» metodo le cui tappe possono essere formalizzate e sistematizzate. L'**empirismo**, da parte sua, accorda il primato ai fatti, il che comporta un atteggiamento di sottomissione passiva alla realtà da parte del ricercatore; si noti che, cominciando con la tappa dell'osservazione, il positivismo accetta l'idea di fondo dell'empirismo. È ancora accettabile questo modo di intendere la produzione dei saperi scientifici? In altre parole, cosa rispondere ad un interrogativo di questo tipo:

Esiste UN metodo universale e storico al quale si è ricorso, si ricorre e si ricorrerà in tutti i tipi di ricerca scientifica, vale a dire una serie invariabile di tappe caratteristiche, dove variano solo le applicazioni in funzione della natura dei problemi affrontati?

Molti epistemologi si sono chiesti se effettivamente gli scienziati siano lavoratori così razionali e metodici e sono giunti alla conclusione che non è accettabile questa idea di una **metodicità vincolante** della ricerca scientifica. Qualcuno ha sostenuto che forse gli scienziati stessi hanno contribuito a diffondere l'illusione che il metodo della scienza sia estremamente disciplinato, perché in tutte le pubblicazioni in cui riportano i risultati delle loro ricerche originali, si esprimono come se ci fosse un metodo. Infatti, essi adottano un formato costituito da una «Introduzione», seguita dal paragrafo «Materiali e metodi», poi dai «Risultati» e infine dalla «Discussione». Tuttavia, questo modo di schematizzare il lavoro dello scienziato (del ricercatore) è una **ricostruzione a posteriori, messa a punto dai ricercatori stessi per comunicare le informazioni scientifiche, ben diversa dal reale svolgimento delle ricerche. Ciò che i ricercatori scrivono nelle loro relazioni è ciò che credono di fare e di avere fatto.**

Cosa vuol dire questa affermazione? Vuole dire che il ricercatore che presenta i risultati delle proprie ricerche, desideroso di convincere, nasconde incertezze, passi falsi, tentativi non riusciti, risultati negativi, cioè tutta la fase della ricerca in cui egli «brancola nel buio». Nel suo resoconto ricostruisce uno svolgimento logico e rigoroso. I due aspetti, i tentativi ed il rigore, coesistono nella «scienza che si fa», ma solo il secondo viene messo in evidenza a posteriori, cioè quando sono terminati i lavori. Medawar sostiene che la pubblicazione scientifica è una sorta di frode, perché la sua impostazione ordinata non ha alcuna relazione con le reali modalità di lavoro degli scienziati: in essa vengono cancellate l'immaginazione, la confusione, la determinazione, la passione, tutti gli elementi associati alla creatività scientifica. Un illustre scienziato, René Thom, ritiene un **mito**

l'idea che esista un **metodo scientifico** (sperimentale) permeato di **rigore logico**. Egli sostiene che l'espressione **metodo sperimentale** è un ossimoro, in quanto le due parole rimandano a sensi contrapposti. È il matrimonio dell'acqua e del fuoco:

- il termine *metodo* indica etimologicamente un percorso che segue delle tappe obbligatorie come un algoritmo di ragionamento;
- il termine *sperimentale* rimanda all'idea di prova, di tentativo, di esplorazione con tutto ciò che questo implica a proposito di andare a tentoni, di «andare errando».

Possiamo quindi dire che, per quanto riguarda l'interrogativo: **Esiste un metodo scientifico universale e atemporale, valido per ogni problema scientifico e in tutti i tempi?**

La risposta è la seguente:

Se inteso come insieme di regole sistematiche da seguire per elaborare conoscenze che abbiano il marchio di qualità «prodotto scientifico», la risposta è NO.

Il fatto che non si possa identificare un solo, unico metodo applicabile in tutte le situazioni non significa che la scienza non disponga di alcun modo di procedere scientifico. In effetti, la scienza dispone di un ventaglio, di una varietà di modi di procedere; quello messo in atto in una determinata occasione dipende dalle circostanze del contesto. Quindi il termine metodo non è appropriato: è preferibile usare le espressioni «approccio scientifico» oppure «modo di operare scientifico» per sottolineare che si tratta di un modo di procedere complesso, non vincolato a regole rigide e mutabile secondo le circostanze.

La risposta può così continuare:

Si può sostenere che gli scienziati adottano un *approccio scientifico* ai problemi, un modo di procedere scientifico che è costituito dall'insieme dei modi di usare il sapere scientifico per esplorare il mondo. A sua volta, il sapere scientifico ci dice che esiste una relazione dinamica, dialettica tra mondo empirico, modo di procedere scientifico e teorie scientifiche. Anziché affermare che i saperi scientifici sono prodotti mediante un metodo universale e atemporale, si sostiene oggi che le conoscenze disponibili (le teorie per gli scienziati, le idee personali per gli allievi) strutturano e determinano i processi mediante i quali vengono elaborate e validate nuove conoscenze.

Ecco cosa scrive Lewis WOLPERT in "La natura innaturale della scienza":

Definire la natura della scienza e il metodo scientifico con rigore e coerenza è estremamente difficile. Non è neppure certo che esista un metodo scientifico, se non in termini molto generali. Perfino alcuni eminenti filosofi della scienza riconoscono che la filosofia non ha contribuito a comprendere la natura della scienza. I filosofi della scienza non sono riusciti a delineare i tratti salienti di un metodo scientifico che fornisca una formula o delle ricette sul modo di elaborare saperi scientifici. Tuttavia, molti famosi scienziati hanno fornito consigli: provate molte cose; fate ciò che suscita entusiasmo; pensate alla grande; osate esplorare le zone più buie; cercate il paradosso; non siate troppo precisi, in modo che qualcosa di inaspettato possa capitare, ma nemmeno tanto trascurati da non essere in grado di individuare cosa è successo; non cercate mai di risolvere un problema fino a quando non siate in grado di indovinare la risposta; ecc. Non si può fare altro che tentarli tutti. Non esiste nessun metodo che possa riassumere il processo di costruzione, di fabbricazione del sapere scientifico. Non esiste un'entità che sia il metodo scientifico. (Lewis WOLPERT, La natura innaturale della scienza. Edizioni Dedalo, 1996).

Ecco cosa scrive Feynman, premio Nobel per la fisica nel 1965:

Stranamente molti credono che nella scienza non ci sia posto per la fantasia. È una fantasia di tipo speciale, diversa da quella dell'artista. Il difficile è immaginare qualcosa che non è ancora venuto

*in mente a nessuno, che sia in accordo in ogni dettaglio con quanto si conosce, ma sia diverso; e sia inoltre ben definito, e non una vaga affermazione. Non è per niente facile. Le leggi sono tentativi umani di estrapolare regole generali dai risultati sperimentali, e non l'oggetto dell'esperimento. Si tira a indovinare, e la congettura per un po' sembra valida perché passa attraverso il setaccio sperimentale. Ma con setaccio più fine, può darsi che non passi più. Quindi le leggi sono solo congetture, sono estrapolazioni nell'ignoto. ... Tirare a indovinare? Un modo ben poco scientifico di procedere, una vera scemenza. ... E invece no. È che in realtà non v'è nulla di cui lo scienziato possa essere sicuro in partenza. Egli può fare solo ipotesi, tirare a indovinare: sarebbe poco scientifico **non** farlo.*

(FEYNMAN R., Il senso delle cose. Adelphi, 1999)

A questo punto, conviene prendere atto che non esiste un metodo scientifico «blindato» come ci vuole far credere Claude Bernard e come scrivono quasi tutti gli autori di libri di testo. Tutte le componenti del cosiddetto «metodo scientifico» possono intervenire in qualsiasi momento nel lavoro di un ricercatore, lavoro che va ben al di là dell'eseguire esperimenti in condizioni controllate. Possiamo dire che il «modo di procedere» scientifico è in effetti una ricerca sistematica, volta a comprendere, interpretare, spiegare oggetti, fenomeni e situazioni della realtà. Gli scienziati adottano modi di procedere appropriati a ciò che viene studiato. Non è dunque possibile descrivere con precisione un modo di procedere scientifico che possa essere applicato a tutte le situazioni. È solo possibile proporre un approccio generale e «modi di pensare» che sono fondati su determinati valori e atteggiamenti. In sintesi, possiamo dire che il «modo di procedere scientifico» è sinonimo di «risoluzione di problemi» e non è un processo lineare.

3 – METODO SCIENTIFICO E INSEGNAMENTO

È vero che siamo partiti dai libri di testo, ma finora abbiamo parlato soprattutto di ricerca scientifica, della scienza che si fa nei laboratori di ricerca. Però, ciò che interessa a noi insegnanti è la scienza che si fa a scuola, nelle aule e nei laboratori. Cosa succede nell'ambito dell'insegnamento scolastico? Succede una cosa alquanto spiacevole e disdicevole (dal punto di vista educativo): l'idea del metodo scientifico universale e astorico è stata eretta a **dogma** dell'insegnamento scolastico delle scienze sperimentali. Come mai è avvenuto ciò?

Ciò è avvenuto ed avviene perché, anche se non ne sono coscienti, gli insegnanti, o almeno una buona parte di essi, condividono un punto di vista positivista, empirista e realista, ossia pensano che la scienza sia un riflesso della realtà e che le teorie scientifiche siano ricavate dalla realtà con un processo di induzione; in altre parole, pensano che esista il metodo scientifico sperimentale rigoroso dei positivisti, fondato sull'osservazione (e quindi anche empirista e induttivista). Questa idea del sapere scientifico, che forse nessuno ha insegnato loro direttamente, se la sono formata interpretando il modo di insegnare messo in atto dai loro insegnanti di scienze della scuola secondaria e dell'università. Qui siamo sul piano della scienza formalizzata e codificata (la scienza degli scienziati), ma questa idea della scienza influisce sul modo di insegnare le discipline scientifiche a scuola; in altre parole, **ciò che un insegnante pensa (anche in modo inconsapevole) della scienza formale influenza in modo decisivo ciò che egli pensa sia della scienza che insegna sia del modo di insegnarla.**

Chi mi autorizza a sostenere una tale idea? Il ricercatore israeliano Maher Hashweh il quale, **riassumendo i risultati di una serie di ricerche**, in un articolo che porta il titolo: *effects of teachers' epistemological beliefs in teaching*, scrive quanto segue:

The majority of science teachers held views of science that emphasize the «scientific method». ... The effects of teachers' epistemological beliefs in teaching seem to be strong and stable across teachers' field of expertise in science, the educational level at which they teach or the culture to which they belong.

La maggioranza degli insegnanti di scienze condivide punti di vista sulla scienza che enfatizzano il «metodo scientifico». ... Sembra che l'influenza delle opinioni epistemologiche degli insegnanti sul

proprio modo di insegnare sia notevole e stabile, quale che sia la loro formazione disciplinare, il livello di scolarità al quale operano o il contesto culturale al quale appartengono.

Anche se un insegnante non dice espressamente ai propri allievi cosa è la scienza, con il proprio modo di insegnare influisce sempre sull'idea che questi se ne fanno. La concezione che un insegnante ha della scienza (come si forma il sapere scientifico, quale è il suo statuto, quale è il suo rapporto con la realtà, ecc.) influisce sul suo modo di insegnare le discipline scientifiche; di conseguenza, induce negli allievi quella certa idea della scienza. Però, come fa presente André Giordan, accettando l'idea positivista che esista un metodo scientifico universale e storico, fondato sull'osservazione, l'insegnante ingenera negli allievi un'idea falsa di cosa sia la scienza. Quindi l'insegnante ha una grande responsabilità a livello educativo e culturale in quanto può contribuire a diffondere (o a rinsaldare, a confermare) un'idea oggi ritenuta **distorta** di scienza.

Ci troviamo allora di fronte ad un nuovo e più ampio interrogativo: **cosa è la scienza?**

4 - COSA È LA SCIENZA?

Per rispondere a questo interrogativo sono state scritte migliaia di pagine e, molto probabilmente, ne saranno scritte altre migliaia in futuro. In modo molto schematico, si può dire che la scienza può essere vista o come un prodotto o come un processo.

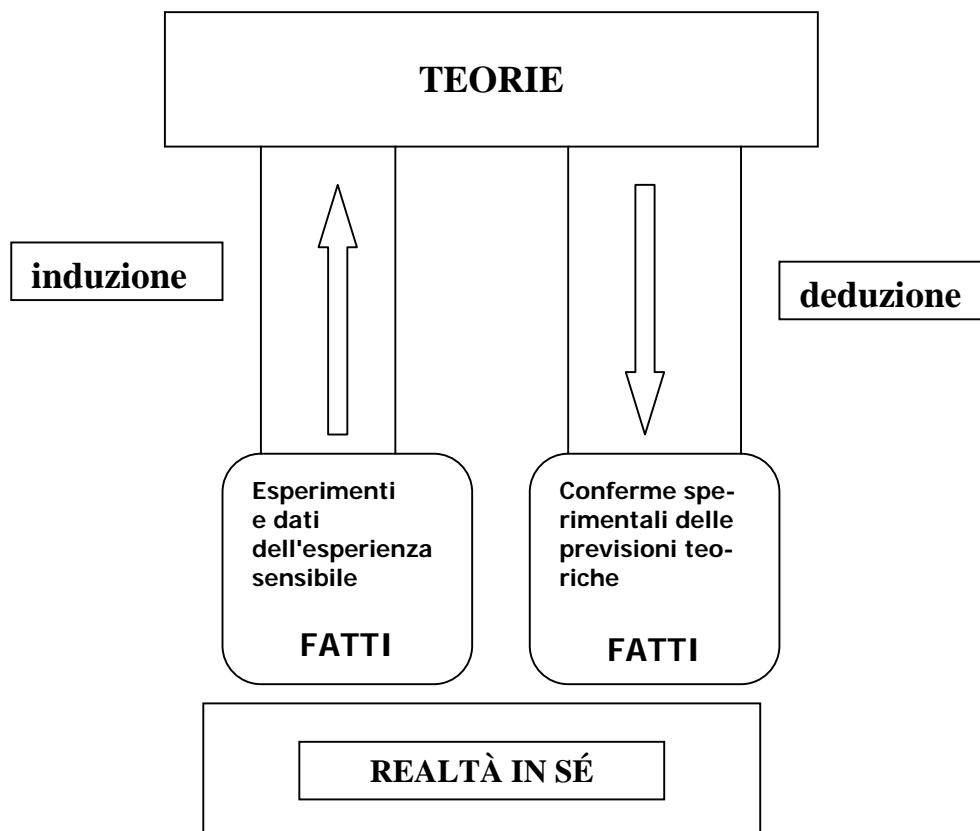


FIGURA 1 - LA VERITÀ SCIENTIFICA COME CORRISPONDENZA TRA FATTI E TEORIA

La scienza come prodotto

La scienza è un insieme di conoscenze ottenute mediante il «metodo scientifico», procedimento standard, universale e storico che, attraverso una serie di tappe ben precise (osservazione, ipotesi, esperimento, risultati, analisi, conclusione) porta ai concetti, alle leggi, ai modelli e alle teorie.

La scienza è fondata sui fatti che hanno il primato sulla teoria. Quindi la scienza è vera e oggettiva in quanto i fatti, i fenomeni non si discutono.

Gli oggetti della scienza (concetti, modelli, leggi, teorie) esistono in natura dove vengono scoperti dagli scienziati.

Nel sapere scientifico non c'è posto per le opinioni personali, le preferenze individuali, l'immaginazione e la fantasia.

Il sapere scientifico è oggettivo, perché il suo fondamento sta nei fatti e i fatti sono uguali per tutti e quindi indiscutibili.

La scienza è verità (vera conoscenza), perché esiste un rapporto di corrispondenza tra scienza e realtà.

CONSEGUENZA: del sapere scientifico ci si può fidare perché è un sapere provato, verificato, vero.

Queste sono le idee che condividono i sostenitori di una concezione della scienza che si richiama al **realismo e all'empirismo**. Nella figura 1 è schematizzato il rapporto tra fatti e teorie (realtà e scienza), nel caso in cui si concepisca la scienza come un prodotto.

La scienza come processo

La scienza è un **processo** senza fine di esplorazione del mondo che si fonda sull'innovazione concettuale, procede tra incertezze e insuccessi e si risolve in un sapere **ipotetico, contingente, storicamente determinato**.

I fatti empirici non sono dotati di un'evidenza immediata, ma acquistano senso e significato soltanto in relazione con un sistema di pensiero, con una teoria preesistente.

Gli oggetti della scienza sono **invenzioni** degli scienziati al fine di interpretare eventi fenomenologici.

Si dice che «i fatti sono carichi di teoria»; ciò non significa che il mondo si comporta come vogliono le teorie, ma che, per avere senso, i fatti devono essere interpretati con una teoria. Questo porta a ritenere che:

1. Nelle scienze, i fatti non sono separabili dalle teorie. Gli eventi empirici acquistano la dimensione di fatti scientifici solo alla luce di interpretazioni teoriche che consentano di dare loro un senso. **I fatti sono impregnati di teoria.**
2. Gli scienziati, a partire dal quadro teorico disponibile, elaborano congetture interpretative che devono essere sottoposte a prove sia teoriche sia pratiche, sperimentali.
3. La scienza è un'impresa sociale, basata sul consenso organizzato. Il sapere scientifico non è né soggettivo né oggettivo, ma intersoggettivo (comunità scientifica) e oggettivato (strumentazioni).

Queste sono le idee che condividono i sostenitori di una concezione della scienza che si richiama al **razionalismo critico o applicato** (Bachelard, tra gli altri).

Nella figura 2 è schematizzato il rapporto tra fatti e teorie (realtà e scienza), nel caso in cui si concepisca la scienza come un processo.

A questo punto, credo (spero...) che qualcuno di voi si stia chiedendo: ma se la scienza non è quella cosa che dicono gli empiristi nonché realisti puri e duri, allora quale ruolo giocano l'osservazione e la sperimentazione nella **costruzione** della scienza e nell'**apprendimento** della scienza?

Rispondere a questo interrogativo è importante, in quanto dalla risposta dipende il **modo di insegnare**.

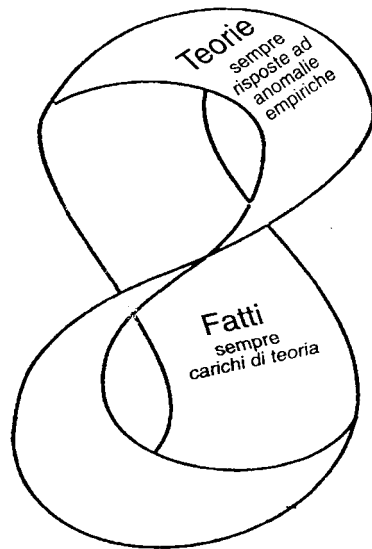


FIGURA 2 - IL NASTRO DI MOEBIUS - INTERDIPENDENZA TRA TEORIA E FATTI

5 - QUALE RUOLO PER L'OSSERVAZIONE E LA SPERIMENTAZIONE?

Questo è un interrogativo al quale occorre prima rispondere a livello di scienza formalizzata e codificata (la scienza degli scienziati), per capire la risposta a livello di scienza insegnata. Teniamo presente che per osservazione intendiamo sia quella degli eventi naturali sia quella degli eventi provocati (in laboratorio o altrove con opportuni esperimenti).

Abbiamo visto che non è più accettabile l'idea che il sapere scientifico (degli scienziati e degli studenti) sia frutto di un metodo universale e a storico fondato sull'osservazione (metodo scientifico). Ecco due modi di pensare simili che si contrappongono alla concezione positivista, empirista e realista della scienza:

Bachelard – *Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit... La première expérience ou, pour parler plus exactement, l'observation première est toujours un premier obstacle pour la culture scientifique. En effet, cette observation première est pittoresque, concrète, naturelle, facile. Il n'y a qu'à la décrire et à s'émerveiller. On croit alors la comprendre, mais l'esprit scientifique doit se former contre la nature, contre le fait coloré et divers.*

POPPER – *L'idea che la scienza proceda dall'osservazione alla teoria è così diffusa e così radicata che il negarla suscita incredulità ... Ma, in effetti, l'idea che sia possibile patire unicamente da osservazioni, senza che intervenga alcun elemento d'ordine teorico, è un'assurdità ... L'osservazione è sempre selettiva. È innegabile che ogni ipotesi presa in esame sarà stata preceduta da osservazioni, per esempio quelle stesse che l'ipotesi deve spiegare. Ma queste presuppongono, a loro volta, che si sia adottato un quadro di riferimento, una griglia di previsioni, un quadro tecnico.*

Lo sviluppo scientifico si può comprendere solo nel senso che al suo inizio è un problema, o una situazione problematica, vale a dire l'emergenza di un problema in una determinata situazione del sapere di sfondo.

Questo punto è della massima importanza. La vecchia teoria della scienza insegnava – e insegna ancora, di continuo – che il punto di partenza della scienza sta nelle nostre percezioni o nelle osservazioni sensoriali. Di primo acchito ciò suona del tutto convincente e ragionevole, ma si tratta di una completa falsità ... Se, per esempio, ti dicessi. "Prego, osserva questo libro", tu non sapresti che cosa io voglio che tu propriamente osservi. Me se io ti pongo un problema seppure del tutto banale, la situazione allora cambia. Come esempio, si pensi al problema di stabilire in che città il libro è stato stampato.

Quanto dicono Bachelard e Popper a proposito della scienza degli scienziati, riguarda anche la scienza che si fa a scuola? Proviamo a chiederci a cosa porta l'idea del primato dell'osservazione, se viene trasferita nel contesto scolastico. Porta a ritenere che è sufficiente mostrare un fenomeno, assegnare agli studenti un compito con la sola consegna di «osservare», perché lo studente assimili la conoscenza. È come se i fatti o i dati forniti dal compito fossero in grado di trasmettere **da soli** la carica cognitiva agli allievi; in altre parole, è come ritenere che i fatti empirici siano impregnati di una **verità evidente** che chiunque può scoprire guardando con attenzione. Si considera l'evidenza come fonte di conoscenza, ma si trascura il fatto che l'**osservazione scientifica** non deve essere confusa con la visione o con altre percezioni sensoriali. Nell'osservazione scientifica entrano in gioco meccanismi intellettuali molto complessi, come evidenzia il fatto che il problema dell'osservazione scientifica deve essere posto in questi termini:

OSSERVARE: CHE COSA? PERCHÉ (A QUALE FINE?) COME?

Occorre essere molto vigilanti di fronte all'apparente semplicità di questi interrogativi. Infatti, non si può determinare **cosa**, se non si sa **perché**; inoltre, sovente il **come** guida la scelta del **cosa**. Siamo in pieno nell'argomentazione di Bachelard e Popper: senza **perché** (senza problema, senza interrogativo) nessuna osservazione scientifica.

Ecco cosa scrive François Jacob:

La démarche scientifique ne consiste pas simplement à observer, à accumuler des données expérimentales, pour en tirer une théorie. On peut parfaitement examiner un objet pendant des années sans en tirer la moindre observation d'intérêt scientifique. Pour apporter une observation de quelque valeur, il faut déjà au départ avoir une idée de ce qu'il y a à observer. Il faut avoir décidé ce qui est possible, grâce à une certaine idée de ce que peut bien être la réalité, grâce à l'invention d'un monde possible.

Se dunque ammettiamo che a fondamento dell'attività scientifica (dello scienziato e dello studente) stanno i problemi, allora quale è lo **scopo** e quali sono le **condizioni** dell'osservazione scientifica del fatto sperimentale?

La risposta a questo interrogativo può essere questa:

Lo scopo dell'osservazione scientifica è quello di permettere di effettuare previsioni e di cogliere relazioni di associazione o dipendenza tra ciò che viene osservato. L'osservazione suppone in effetti che il soggetto possieda conoscenze (idee, concezioni) che guidano l'osservazione stessa. Sono queste conoscenze che determinano cosa sarà considerato pertinente - e sarà utilizzato per descrivere l'evento osservato - e ciò che sarà trascurato in quanto ritenuto non pertinente.

Possiamo esprimere le stesse idee in questo altro modo: il compito assegnato agli allievi non dovrebbe prevedere unicamente la consegna di osservare un fenomeno (per esempio, la formazione di un precipitato), ma anche di porsi **problemi** in base a ciò che osservano, ossia interpretano con le idee che già possiedono. Occorre trasformare il compito in un **problema** per gli studenti, in mo-

do che questi possano esplicitare la loro comprensione spontanea, le loro previsioni, ed elaborare un tentativo di spiegazione che possa guidarli nella loro ulteriore esplorazione dell'argomento. Che dire di quelle indicazioni curricolari che consigliano agli insegnanti di fare effettuare agli studenti un esperimento, di raccogliere certi dati, di costruire certi diagrammi e poi di ricavare una legge? Sono una truffa ideologica. Chi mi dice infatti quali sono le variabili da controllare? Il fatto che già conosco la legge. L'esperimento viene dopo la speculazione creativa, l'esperimento è la verifica retrospettiva e rigorosa dell'adeguatezza di una congettura formulata per spiegare, per prevedere.

Possiamo dire che **l'insegnamento sperimentale, così come è organizzato dalla stragrande maggioranza degli insegnanti, mira a fare apprendere agli studenti un metodo scientifico/sperimentale che non esiste e induce una concezione distorta del sapere scientifico.**

Ma allora, a cosa serve l'insegnamento sperimentale? A cosa dovrebbero mirare gli insegnanti? Quale scopo dovrebbero perseguire con l'insegnamento sperimentale?

L'insegnamento sperimentale non dovrebbe servire per portare l'allievo ad imparare un metodo, ma per iniziarlo ad un **atteggiamento sperimentale**. Di cosa si tratta?

Di uno **stato dell'intelletto** che comporta per lo studente:

- Riflessione critica su ciò che osserva
- Dubbio metodico su ciò che conosce

e che richiede che lo si metta in condizione di pensare, concepire, progettare, svolgere indagini sperimentali personali sui problemi concreti che pone l'interpretazione (la spiegazione) dei fatti empirici. Eccoci ritornati ai **problemi**.

6 – ALCUNI INTERROGATIVI

Giunti a questo punto, possiamo vedere di schematizzare in alcuni interrogativi i problemi che riguardano il ricorso alle attività sperimentali nell'insegnamento delle scienze empirico-formali:

1. **Qual è la natura delle difficoltà che incontrano gli allievi quando devono osservare un fatto empirico (sperimentale)?**
2. **Come è possibile migliorare il rendimento didattico dei fatti sperimentali?**
3. **A quale modello d'apprendimento fanno riferimento i modi di insegnare che, tenendo conto delle difficoltà degli allievi, permettono un migliore utilizzo didattico dei fatti sperimentali al fine di favorire l'apprendimento.**

PRIMO INTERROGATIVO - Quali difficoltà incontrano gli allievi di fronte ad un fatto empirico?

Per rispondere a questo interrogativo, occorre tenere presente un'ipotesi avanzata da diversi studiosi (vedi Bachelard), assunta come punto di riferimento dai «costruttivisti» e confermata da innumerevoli ricerche sulle difficoltà di apprendimento: le conoscenze (scientifiche e/o di senso comune) che il soggetto già possiede giocano un ruolo essenziale nella lettura del fatto sperimentale. Se questa è una affermazione sensata - e lo è, in quanto sostenuta da svariate ricerche - allora si deve concludere che:

non è sufficiente mostrare un fenomeno (un esperimento) anche infinite volte per far sì che lo studente assimili il sapere scientifico messo in gioco nel fatto sperimentale; ciò che lo studente osserva, dipende dalle idee che già possiede (questo spiega perché spesso l'allievo non vede ciò che il professore vorrebbe che vedesse).

Lo studente che osserva un fatto sperimentale effettua innanzi tutto una selezione fra i dati sensoriali. Si tratta di una scelta, quasi sempre implicita e inconscia, di ciò che sarà oggetto

dell'osservazione; tale scelta è effettuata sulla base delle concezioni che il soggetto già possiede sul fenomeno in questione.

Questo modo di procedere ha più conseguenze:

- a. Allievi diversi, di fronte allo stesso fenomeno, ricorrono a concezioni diverse (personali...) e quindi a "griglie di lettura" diverse. In assenza di qualsiasi intervento esterno, gli allievi, osservando la stessa realtà, non vedranno necessariamente le stesse cose. Conclusione: il fatto sperimentale può essere (in genere è) non efficace dal punto di vista dell'apprendimento, perché il novizio (l'inesperto, l'ingenuo, lo studente) non è in grado di leggere in modo pertinente i dati sensoriali collegandoli con il concetto interpretativo.
- b. Una seconda conseguenza, alquanto pericolosa, è la seguente: l'interpretazione del fatto sperimentale può essere possibile e soddisfacente anche se l'allievo ricorre a concezioni errate. Queste possono permettere all'allievo di costruire un sistema esplicativo coerente con i dati empirici e quindi permettergli anche di fare previsioni accettabili. In questo caso, non soltanto l'esperimento non serve per modificare le concezioni iniziali degli allievi, ma contribuisce anche a rafforzarle.
- c. Non pochi ricercatori hanno messo in evidenza che, di fronte ad un dispositivo sperimentale anche semplice, gli allievi incorporano i fatti osservati negli schemi esplicativi che già possiedono. Essi non fondano il ragionamento sperimentale su ciò che è oggetto di osservazione, ma su una conoscenza anteriore a partire dalla quale sviluppano un ragionamento. Questo aspetto è particolarmente importante se si tiene conto che, in genere, gli insegnanti considerano i fatti sperimentali cruciali e evidenti. Di fronte ad allievi che «non vedono», è molto frequente che l'insegnante sbotti nell'espressione: "Ma infine, vedete bene cosa succede!". Però, il fatto è che non è vero che gli allievi «non vedono»; essi vedono qualcosa di diverso da quello che vede l'insegnante.

SECONDO INTERROGATIVO – Come migliorare il rendimento didattico dei fatti sperimentali?

L'insegnamento sperimentale dovrebbe porsi due obiettivi:

- a. Mirare soprattutto a far sì che lo studente impari a **porsi degli interrogativi** e per fare questo non esistono né regole, né tecniche, né metodi scientifici. Come è emerso da un'indagine condotta tra insegnanti di scienze della scuola secondaria, una delle maggiori preoccupazioni degli insegnanti è la seguente: *«Il problema più grave è arrivare a guidare gli allievi in modo che siano in grado di proporre qualcosa essi stessi»*.
- b. Portare lo studente a utilizzare le proprie concezioni (il che significa: sapere che esistono; farle emergere; farle usare) non soltanto a fini personali (prevedere il risultato di un esperimento, per esempio) ma per argomentare le proprie idee (ipotesi, congetture, previsioni) nei confronti di altre persone (i compagni, l'insegnante). Si tratta cioè di fare uscire l'allievo dal proprio guscio privato, nel quale le sue concezioni funzionano in modo implicito e originano conflitti cognitivi intrapersonali (scontro tra quanto pensa l'allievo e quanto gli dice l'insegnante), e porlo in condizioni di conflitto di idee esplicito con i suoi compagni e con l'insegnante (conflitto socio-cognitivo). Sembra infatti, sulla base di ricerche sperimentali, che nelle situazioni sperimentali gli scambi allievo-allievo (rappresentativi del dibattito scientifico) favoriscano il passaggio da un funzionamento individuale delle concezioni ad un funzionamento collettivo, interpersonale.

Per realizzare questi due obiettivi e per migliorare il rendimento didattico dei fatti sperimentali, è necessario cambiare modo di insegnare e quindi cambiare il modello d'apprendimento di riferimento.

TERZO INTERROGATIVO – Quale modello d'apprendimento privilegiare?

Di norma, gli insegnanti di scienze operano avendo come riferimento (quasi sempre inconscio) un **modello d'apprendimento per trasmissione/ricezione**, basato su una teoria dell'apprendimento di natura «sensualista-empirista». Secondo questa teoria, è sufficiente che l'insegnante esponga le conoscenze o le renda evidenti mediante dimostrazioni o sperimentazioni, per far sì che il soggetto che impara ne acquisisca una copia. L'apprendimento è assimilato a una **impronta intellettuale** e la conoscenza sarebbe un contenuto di insegnamento che viene ad imprimersi nella mente dell'allievo, come su una tavoletta di cera vergine. Obiettivo dichiarato dell'insegnamento è trasmettere, ad allievi che «non sanno», un insieme di informazioni organizzate ed esposte in base alla loro complessità crescente, stabilita in riferimento alla struttura della disciplina. L'apprendimento è concepito secondo uno schema comunicativo emettitore/ricettore, dove all'allievo è riservato il ruolo di ricevitore passivo. Ciò porta gli insegnanti ad adottare un **insegnamento di tipo espositivo** nel quale è l'insegnante che concettualizza. A livello sperimentale, ciò significa che è l'insegnante che prepara il protocollo (fai questo, fai quello) sulla base del quale viene condotto l'esperimento. Quasi sempre le situazioni sperimentali vengono utilizzate per sviluppare competenze di tipo logico-matematico.

Per uscire dal modo abituale di utilizzare i fatti sperimentali nell'insegnamento delle scienze empirico-formali, è necessario passare

1. da un insegnamento di tipo **espositivo** (studente passivo esecutore di istruzioni) a un insegnamento di tipo **problematico** che vede lo studente attivo mentalmente e attore del proprio apprendimento;
2. dall'attività sperimentale intesa come **esecuzione di ricette**, all'attività sperimentale intesa come **occasione per acquisire i rudimenti dello spirito della ricerca scientifica, come occasione per avvicinare lo studente al ricercatore**

Ecco ancora qualche frase di Bachelard:

*J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent pas qu'on ne comprenne pas. Les professeurs de sciences imaginent que l'esprit commence comme une leçon, qu'on peut faire comprendre une démonstration en la répétant point par point. Ils n'ont pas compris que l'adolescent arrive dans la classe avec des connaissances empiriques déjà constituées: il s'agit alors, non pas d'**acquérir** une culture expérimentale, mais bien de **changer** de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncés par la vie quotidienne.*

Accettare queste riflessioni, significa passare dalla concezione dell'apprendimento come trasmissione/ricezione di informazioni alla concezione dell'apprendimento come costruzione di conoscenze.

7 – IL MODELLO DIDATTICO DELL'APPRENDIMENTO

Se si tiene conto del fatto che le tre componenti della relazione didattica – gli allievi, l'insegnante, il sapere – interagiscono costantemente nel corso dell'apprendimento, questo deve essere concepito come un processo caratterizzato da tre dimensioni:

- ❖ La dimensione **costruttivista** che fa riferimento al soggetto che apprende, la cui attività intellettuale è considerata una componente fondamentale del processo di acquisizione di nuove conoscenze.
- ❖ La dimensione **sociale** che fa riferimento agli individui presenti in classe, mettendo l'accento sul confronto di idee e sulla cooperazione che deve instaurarsi tra gli allievi e tra allievi e insegnante.

- ❖ La dimensione **interattiva** che fa riferimento ai contenuti e alle situazioni di apprendimento, mettendo l'accento sull'interazione che deve esistere tra le conoscenze degli allievi e gli oggetti di apprendimento, tra i quali figurano anche i saperi formalizzati, presentati in opportune situazioni di apprendimento.

Queste tre dimensioni non possono funzionare isolate l'una dall'altra. Solo se sono presenti insieme e contemporaneamente all'interno di una situazione di apprendimento possono trasformarla in una occasione di apprendimento. Si tratta, infatti, di componenti di natura dinamica che interagiscono fortemente tra loro e che, insieme, fanno progredire il processo di apprendimento in ambito scolastico. Anche se queste tre dimensioni devono necessariamente interagire, ognuna è sotto la responsabilità di uno dei componenti della relazione didattica:

- La dimensione **costruttivista** è soprattutto sotto il controllo dell'**allievo**;
- La dimensione **sociale** è soprattutto sotto il controllo dell'**insegnante**;
- La dimensione **interattiva** è soprattutto sotto il controllo dell'**oggetto di apprendimento**.

Vediamo ora di esaminare più da vicino queste tre dimensioni.

7.1 - LA DIMENSIONE COSTRUTTIVISTA

La dimensione costruttivista postula che le conoscenze non si riducono mai ad una serie di informazioni, di definizioni o di enunciati destinati ad essere memorizzati e poi applicati. Esse vengono costruite come risposte adeguate, conseguenti alla risoluzione di problemi per affrontare i quali ogni soggetto ricorre, in prima battuta, alle conoscenze di cui già dispone. In altre parole, non è sufficiente mettere gli allievi a contatto con il sapere, ma occorre fare in modo che questi partecipino in prima persona alla sua elaborazione per poterlo acquisire: la conoscenza è il frutto dell'attività del soggetto che impara. Quale genere di attività? Quando si parla di attività dell'allievo, non si intende la manipolazione di oggetti e strumenti, ossia un'attività di tipo fisico, manuale; ci si riferisce, al contrario, all'attività mentale, ossia all'interiorizzazione attiva di conoscenze elaborate nell'ambito di un processo nel quale si alternano e si intrecciano momenti di **indagine del reale** e di **risoluzione di problemi** con momenti di **strutturazione delle conoscenze**, vale a dire di organizzazione del pensiero. Si ricordi che non si devono confondere i problemi con le domande. Per esempio, sono domande: quando l'Italia dichiarò guerra alla Francia ed alla Gran Bretagna nel corso del secondo conflitto mondiale? In quale stagione si trapiantano le piante? Quando furono pubblicati i Promessi Sposi? Si tratta di interrogativi ai quali si può rispondere fornendo un'informazione puntuale. Per contro, interrogativi del tipo: Quali furono le cause della seconda guerra mondiale? Come si nutrono le piante? Come si trasmettono i tratti somatici dai genitori ai figli? non possono ricevere una risposta puntuale, in quanto pongono problemi che possono essere risolti soltanto con attività di ricerca e di indagine, mediante le quali «costruire» soluzioni adeguate. Affinché tali attività risultino feconde per l'apprendimento, è necessario che i problemi coinvolgano tutti gli allievi di una classe e vengano formulati in termini operativi, in modo che possano essere affrontati con un'attività di ricerca.

7.2 - LA DIMENSIONE SOCIALE

Gli psicologi sociali dell'educazione hanno proposto il concetto di conflitto sociocognitivo. Basandosi sui risultati ottenuti con numerosi studi sperimentali, essi hanno mostrato che quando più soggetti affrontano insieme lo stesso problema, si può produrre un progresso significativo sul piano intellettuale, anche se nessuno è in grado di proporre la risposta corretta. Ciò si verifica quando i soggetti si trovano contemporaneamente in situazione di «conflitto» e di «cooperazione»: esiste conflitto tra le soluzioni contrastanti che essi propongono, ma la cooperazione è imposta dall'esigenza di trovare un accordo per costruire una soluzione comune. Ogni soggetto è indotto, per non dire costretto, a tenere conto sia delle proprie idee sia di quelle dei compagni, e ad impe-

gnarsi in un processo di sintesi che integri i diversi punti di vista accettabili. In altri termini, se all'interno di un gruppo si attiva un conflitto sociocognitivo (interpersonale), è molto probabile che questo metta in moto in ognuno (o in molti) dei suoi componenti un conflitto cognitivo (intrapersonale).

Tuttavia, il conflitto sociocognitivo non è l'unico meccanismo sociale in grado di favorire l'apprendimento il quale, in quanto processo relazionale e intersoggettivo, può essere inteso in termini di co-costruzione di conoscenze: i prodotti dell'apprendimento sono il risultato di una costruzione comune realizzata «in situazione», ossia lavorando alla realizzazione di un progetto. Ne consegue che, se il conflitto interpersonale che nasce da un contrasto di idee tra pari è un fattore importante di progresso intellettuale degli allievi, è anche vero che il lavoro comune di un gruppo di soggetti, allo scopo di realizzare un obiettivo condiviso, favorisce il successo, anche in assenza di conflitto tra le idee dei componenti del gruppo; infatti la gestione collettiva di un problema aiuta gli allievi a mantenere viva l'attenzione ed a non perdere di vista l'obiettivo perseguito. In genere, nelle classi sono presenti contemporaneamente più meccanismi; ciò che è importante per l'insegnante è l'esserne consapevole, in modo da poterne sfruttare appieno le potenzialità educative.

7.3 - LA DIMENSIONE INTERATTIVA

L'apprendimento è un processo individuale che viene favorito dagli scambi sociali; vi esercitano però un'influenza importante anche le interazioni che si realizzano tra il soggetto che apprende e l'ambiente. Le ricerche più recenti sulla cognizione umana evidenziano che questa non può essere considerata un'entità isolata dall'ambiente fisico nel quale essa opera. L'attività mentale va intesa come un'articolazione complessa di pensiero ed azione, conoscenza ed esperienza. Le facoltà cognitive di ogni soggetto sono legate in modo inestricabile alle sue esperienze, alle sue letture, alle sue emozioni ed alle passioni che egli vive in modo del tutto personale e che contribuiscono a rendere unica la sua visione del mondo, la sua interpretazione della realtà. L'essere umano, in quanto individuo appartenente ad un certo ambiente culturale, può leggere la realtà come se dovesse comprendere un testo da tradurre trasformando i segni di questo «testo» in informazioni utili a guidare la propria azione: il risultato di questo continuo sforzo ermeneutico è proprio dare un senso ad uno specifico oggetto di interesse. In questa prospettiva, l'apprendimento scolastico risulta fortemente influenzato dall'ambiente fisico, dal contesto nel quale si realizza e dalle interazioni che vi si instaurano. In altri termini, le «situazioni didattiche» con le quali deve confrontarsi il soggetto costituiscono le sorgenti del suo apprendimento, in quanto hanno essenzialmente la funzione di portare l'allievo ad acquisire, a «metabolizzare» i saperi che programmi e curricula identificano come saperi da apprendere. È grazie ai rompicapo, ai problemi, alle situazioni problematiche proposte agli allievi dagli insegnanti che i saperi sono messi in interazione con la dimensione costruttivista e con quella sociale del processo di apprendimento; si abbandona così l'empirismo di stampo positivista, che privilegia le attività di osservazione e di sperimentazione: come se bastasse attivare i sensi per produrre l'esperienza, e con l'esperienza, la conoscenza.

Nell'ambito di questo intervento non è possibile andare oltre. Spero di avere suscitato in voi abbastanza disturbo da indurvi ad approfondire almeno qualcuno dei problemi che mi sono permesso di sottoporre alla vostra attenzione.