

Quali metodi per l'insegnamento delle Scienze Sperimentali?

Fabio Olmi - docente di scuola secondaria superiore, supervisore al tirocinio presso la SSIS Toscana

Premessa

Questo contributo non ha la pretesa di costituire una trattazione storico-filosofica sul concetto di metodo, sia sul piano pedagogico-didattico che su quello scientifico, ma costituisce piuttosto un insieme di riflessioni, speriamo utili, per i docenti di discipline scientifiche sperimentali, maturate da un docente da molti anni attivo nel campo della formazione.

E' stato in questi ultimi anni che, come incaricato del corso di Laboratorio di Didattica nell'Indirizzo Scienze Naturali della sede di Firenze della SSIS Toscana, mi sono convinto sempre più profondamente della urgenza di una chiarificazione sui metodi che gli insegnanti, spesso inconsapevolmente, impiegano nello svolgimento della loro attività didattica. Ho riscontrato infatti sia direttamente nei docenti in formazione (specializzandi), provenienti dalle più diverse lauree scientifiche, sia indirettamente nei docenti tutor che li accolgono nel tirocinio, una grande confusione che accompagna le questioni dei metodi didattici e metodi scientifici e una scarsa consapevolezza dell'importanza che questi hanno nell'insegnamento delle scienze sperimentali.

Emerge altrettanto chiaramente la mancanza di attenzione nei confronti di una scelta di contenuti opportuni ed adeguati che accompagni la questione metodologica ai diversi livelli scolari.

1. Quale metodo didattico? Quale metodo scientifico?

"L'argomento che intendiamo affrontare oggi è il metodo di insegnamento...A vostro avviso cosa si intende per metodo di insegnamento? ..anzi, come metodo di insegnamento delle Scienze Sperimentali?" Dopo un po' di silenzio:

- *"si tratta del tipo di lezione che l'insegnante sviluppa con i suoi allievi, per esempio lezione interattiva, lezione cattedratica, ...esperienze di laboratorio..*
- *oggi l'insegnante cerca di svolgere le sue lezioni impiegando anche strumenti che fanno parte della vita quotidiana degli allievi: fa uso del computer, presenta una lezione in power point,...*
- *l'insegnante svolgendo le sue lezioni non deve star seduto alla cattedra, ma è importante che stia in piedi, si muova rivolgendosi ora ad alcuni ora ad altri allievi, cercando di farli partecipare attivamente alla lezione..."*

"Ma secondo voi un insegnante di Scienze sperimentali ha come riferimento un solo metodo o deve riferirsi a diversi metodi?"

- *"l'insegnante dovrebbe riferirsi al metodo galileiano quando affronta i vari argomenti..."*
- *già, ma chi mi garantisce che ci sia nella scuola un laboratorio attrezzato per fare esperienze...?*
- *Poi c'è da tener presente che non tutti gli argomenti si prestano ad essere affrontati col metodo sperimentale..."*

"C'è altro che volete aggiungere?"

...segue mormorio e successivo silenzio.

"A vostro avviso, il tutor che avete affiancato nelle sue lezioni si poneva problemi di metodo? Praticava coscientemente un certo metodo didattico?"

Risposte negative praticamente unanimi.

Questo è quanto emerge da un colloquio "medio" durante l'inizio del Laboratorio di Didattica del Corso SSIS sui metodi.

Il Laboratorio prosegue con la simulazione da parte del sottoscritto di frammenti di "lezioni" in cui vengono affrontati vari metodi didattici e vari approcci scientifici e si chiede agli specializzandi di rispondere per scritto ad una serie di domande. Si analizzano poi le risposte scrittee si passa infine alla comunicazione di possibili risposte-tipo. Alla successiva discussione generale segue la sistematizzazione dei vari concetti....

Come è facile osservare il significato di metodo in generale sfugge sia ad insegnanti in formazione che ad insegnanti in servizio e si fa una gran confusione tra elementi che possono caratterizzare metodi e tecniche didattiche. Recentemente ci siamo occupati di questo aspetto riportando anche alcune indagini condotte al riguardo (1).

Sfogliando il Dizionario di Didattica (2) leggiamo:

"Metodo- Una buona definizione di metodo è quella che si ricava da Cartesio..: a) un metodo consiste nel seguire una serie di regole....Sul piano della didattica scolastica i metodi che si sono avvicinati nei secoli

portano il nome o dell'attività o di chi ha introdotto quel metodo particolare per l'apprendimento di qualcosa di specifico (ad esempio il metodo per l'apprendimento della lettura, ecc.)”

Come si può osservare, la definizione è assai debole e vaga ed è rivolta al **cosa si insegna** più che **al modo in cui lo si realizza**.

A nostro avviso nell'attività di insegnamento /apprendimento il **metodo didattico** attiene essenzialmente alle **modalità con cui si instaura il rapporto tra docente e discente**.

Intendiamo quindi sviluppare gli aspetti fondamentali con cui si può presentare questo metodo didattico e, tenendo presente che gli insegnanti di scienze sperimentali devono tener conto anche del **metodo scientifico** con cui è preferibile sviluppare certi contenuti, analizzare anche quali possono essere le sue varianti in ambito didattico.

Le modalità didattiche essenziali, limite, a cui ci si può riferire sono due: a) o il soggetto in apprendimento è percepito come semplice **recettore** del contenuto da apprendere oppure b) è stimolato ad essere **soggetto attivo** nella costruzione del proprio apprendimento.

All'interno di ciascuno di questi metodi si possono poi adottare **varie tecniche** di lavoro.

Sul versante dei metodi di indagine scientifica l'insegnante di Scienze sperimentali (fisica, chimica, biologia, scienze della Terra) deve anche tener conto che insegnare Scienze comporta presentare una certa **immagine della Scienza** e questo è connesso essenzialmente all'adozione di uno dei **possibili metodi di indagine scientifica**. Anche a questo riguardo, i metodi limite a cui ci possiamo riferire nel nostro processo di i/a possono essere essenzialmente due: a) **quello induttivo (non ingenuo)** e b) **quello logico-deduttivo**.

Ciascuno di questi ha una sua logica interna e si presta ad essere meglio impiegato a certi livelli di sviluppo cognitivo e non ad altri e di questo l'insegnante deve essere ben consapevole.

Non solo, ma come abbiamo accennato sopra, strettamente connesso ad un certo metodo di indagine è il **contenuto che si intende affrontare**: certi contenuti si affrontano meglio a certi livelli di sviluppo cognitivo con un metodo essenzialmente induttivo, altri contenuti, invece, devono essere affrontati con metodo essenzialmente deduttivo più adeguato ad altri livelli scolari.

2. Metodi pedagogico-didattici

I metodi didattici possono essere tra loro molto diversi ma, come abbiamo già osservato, lo spartiacque che li raggruppa in due grandi sottoinsiemi è quello delle **modalità con cui viene concepito e attuato il rapporto tra docente e allievi** nel progettare prima e realizzare poi le procedure relative all'insegnamento/apprendimento. Le due scelte strategiche, le due famiglie di metodi didattici fondamentali, possono essere così definiti:

-quelle in cui l'allievo è soggetto attivo del proprio apprendimento e l'insegnante ha il ruolo di stimolo e di guida (regista) nella realizzazione del percorso didattico

-quelle in cui il soggetto attivo è essenzialmente l'insegnante (trasmettitore) e l'allievo è sostanzialmente passivo, confinato nel ruolo di ascoltatore (ricevitore).

Queste sono però due modalità estreme, limite e spesso in uno stesso percorso didattico si possono temperare in vario modo o addirittura intervallare l'una all'altra.

E' necessario poi far chiarezza su un altro punto: la differenza concettuale tra **metodi didattici o strategie** da un lato e **tecniche didattiche o tattiche** dall'altro.

Queste ultime costituiscono **modalità temporanee, concrete e diverse di comunicazione e interazione tra docente e allievi** (uso del solo parlato, uso del parlato accompagnato da immagini, uso di un messaggio in power point, uso del parlato accompagnato da trasparenti per lavagna luminosa,...uso di esperienze di laboratorio o sul campo).

Ogni tipo di metodo può avvalersi nel suo sviluppo concreto di **varie tecniche didattiche**, ma il piano dei metodi e quello delle tecniche didattiche sono assai diversi e non vanno tra loro confusi: **le tecniche didattiche o tattiche costituiscono temporanee caratterizzazioni della didattica e non qualificano, in quanto tali, la natura di un metodo**. Facciamo alcuni esempi: quando parliamo di impiego di tecniche di verifica "moderne" (prove semistrutturate, saggi brevi, ..), di impiego di tecnologie didattiche multimediali, di filmati, ecc. siamo nel campo delle tecniche didattiche e queste possono essere impiegate sia all'interno di metodi didattici attivi che passivi. Il loro uso non qualifica un metodo.

Vediamo di analizzare più in dettaglio ciascuna famiglia di metodi.

Centrando la definizione di metodo sull'allievo, come abbiamo accennato, possiamo distinguere due famiglie di metodi abbiamo:

- A) **metodi passivi-recettivi**
- B) **metodi attivi-costruttivi**

A) **Metodi passivi-recettivi**

Si tratta di tutti i **metodi trasmissivi** in cui l'insegnante "impartisce lezione" agli allievi e la relazione docente/allievo è essenzialmente unidirezionale e rivolta dal docente (trasmettitore) all'allievo (ascoltatore). Si tratta di metodi **efficienti**, cioè capaci di comunicare in breve tempo una grande massa di informazioni, ma sono però **poco efficaci** sul piano dell'apprendimento poiché presuppongono, tra l'altro, la "sintonizzazione" dell'ascoltatore passivo costantemente rivolta allo specifico messaggio trasmesso. Le modalità con cui questi metodi possono essere impiegati variano a seconda del grado di nessuna o parziale interazione verbale con gli ascoltatori. Si parla perciò dei seguenti tipi di metodo:

A1) metodo espositivo. Si tratta del metodo che viene impiegato nella cosiddetta "lezione frontale o cattedratica" in cui il docente realizza una trasmissione unidirezionale dell'informazione e non esiste praticamente interazione con la platea degli ascoltatori (allievi).

A2) metodo espositivo interrogativo- Si tratta sempre di un metodo espositivo ma prevede l'intervento degli allievi *alla fine* con domande e interrogazioni e successive risposte da parte del docente

A3) metodo espositivo partecipato (dialogico). Si tratta sempre di un metodo espositivo ma durante l'esposizione si lascia che gli allievi intervengano con domande, comunicazione di pareri...

Durante questi tipi di "lezione" si possono impiegare, a complemento dell'esposizione verbale, varie tecniche didattiche che, come abbiamo osservato, non caratterizzano il metodo, ma si collocano al suo interno, comunque, passivo-recettivo.

Si tratta di metodi comunemente impiegati nel fare scuola e *hanno una loro giustificazione in certe condizioni, per determinati contenuti e a certi livelli scolari*: è importante la consapevolezza che **non possono essere gli unici metodi adottati dal docente, anzi, per livelli scolari più bassi** (scuola elementare e scuola sec. di I grado) **sono del tutto inadeguati**.

B) **Metodi attivi-costruttivi**

Si tratta di metodi **costruttivisti**, dove i soggetti in apprendimento sono sollecitati in vario modo (teorico e/o sperimentale) a *costruire concretamente la propria conoscenza* lavorando sia come singoli o come gruppo sotto la "regia" del docente: questi *stimola* l'avvio del lavoro, *interviene con discrezione* facendo un'operazione di feed-back per *guidare* gli allievi lungo il percorso che si è inteso tracciare e alla fine *discute con gli allievi il prodotto* ottenuto cercando di pervenire a concettualizzazioni o posizioni condivise.

B1) metodo laboratoriale.

"Il laboratorio è uno spazio mentale attrezzato", un modo di interagire con il compito (la realtà) per comprenderlo. Il laboratorio è dunque "qualsiasi spazio, fisico, operativo e concettuale, opportunamente adattato ed equipaggiato per lo svolgimento di una qualsiasi attività formativa" (3). Preciso questo, per *metodo laboratoriale* si intende "...l'interazione per mezzo della quale un gruppo di persone [docente e allievi] utilizzando un sistema di stimoli predisposti dal conduttore [docente], sviluppa una discussione comune circa il problema/oggetto proposto per giungere collaborativamente ad una acquisizione condivisa che costituisce il prodotto finale" (4).

Si tratta di un intervento didattico in cui il docente, ad esempio, dopo un innesco opportuno, chiarisce il compito (obiettivi specifici) assegnato agli allievi, fornisce la strumentazione e/o la documentazione su cui lavorare (o le indicazioni per la ricerca iniziale...non necessariamente completa!), precisa i tempi di lavoro e la natura del prodotto del lavoro. Lascia successivamente lavorare singolarmente o per gruppi gli allievi e al termine, dopo la consegna dei prodotti (si discutono i risultati fino a pervenire a posizioni (concettualizzazioni) condivise...

Si tratta di un metodo **interattivo**, dove sono gli allievi **i costruttori attivi della propria conoscenza**, sotto la regia del docente (stimolo iniziale, documentazione-guida, lavoro singolo o di gruppo, discussione finale...), adatto soprattutto al livello di scuola secondaria di II grado o adatto a seminari o lavori di produzione concreta tra adulti; viene adottato largamente nel Laboratorio di Didattica dell'Indirizzo Scienze Naturali della SSIS sede di Firenze (5)

B2) metodo operativo sperimentale

Qui il laboratorio assume il significato proprio di **spazio attrezzato per eseguire esperienze**; questo non significa che sia spazio "chiuso" (propriamente laboratorio), ma si può trattare di spazio "aperto" (un bosco,

una serie di formazioni rocciose, un lago,...) e rappresenta contemporaneamente uno “spazio mentale attrezzato” come nel precedente metodo. Ovviamente si tratta di un metodo particolarmente adatto all'apprendimento delle Scienze sperimentali.

Il metodo operativo sperimentale offre tutta una serie di modalità di essere realizzato, alcune delle quali lo relegano a spazio puramente manipolativo (apprendimento di tecniche di analisi, di tecniche di laboratorio, ...) altre lo arricchiscono a “palestra di sperimentazione” centrando l'attività su esperienze o esperimenti con la raccolta di dati, la loro elaborazione e la loro interpretazione in ordine alla/e ipotesi formulata/e.

Il metodo operativo sperimentale di per sé *non implica una determinata modalità di realizzazione* e quindi avere finalità diverse, essere **condotto con riferimento a metodi scientifici diversi** ed essere rivolto a livelli scolari differenti.

In genere quando si parla di “metodo sperimentale” si tratta di un approccio problematico, sperimentale, induttivo_adatto ai livelli scolari più bassi essenzialmente scuola primaria e secondaria di I grado..ma riprenderemo questo discorso più avanti.

3. Metodi scientifici

E' comune l'affermazione che insegnare Scienze sperimentali significa in primo luogo *fornire una certa “immagine” della Scienza*, ma forse è necessario chiarire quali sono gli elementi costitutivi di questa immagine. Senza avere la pretesa di sviluppare qui in modo dettagliato e approfondito il tema, ci limitiamo a prendere in esame due elementi essenziali che contribuiscono a formare questa immagine: **lo statuto di “verità relativa” che la scienza possiede e i metodi di indagine che essa impiega**. A questi elementi sono legati *la logica della scoperta delle leggi e dell'invenzione di modelli e teorie, il rapporto teoria/esperimento, il ruolo del contesto di scoperta, il valore creativo e anche estetico delle costruzioni concettuali proprie della scienza...*

L'esame dello statuto di verità della scienza si può compiere cercando di dare risposta alla domanda: *in che misura si può dire che la scienza è “vera”?*

La scienza, con opportuni metodi, giunge a *formulare leggi, inventare modelli, creare teorie, ...*ma questi “oggetti” costitutivi della scienza una volta acquisiti conservano indefinitamente la loro validità o sono soggetti a continue revisioni, a superamenti nel tempo? La storia della scienza è piena di conflitti tra teorie: talvolta teorie successive rendono conto di una pluralità di possibili sistematizzazioni e trovano **sintesi in teorie più generali** (è il caso della teoria quanto-ondulatoria nei confronti della teoria corpuscolare e ondulatoria della luce), talvolta questo non accade e una nuova teoria si mostra più valida di un'altra e si ha quindi un vero e proprio superamento di determinate concezioni, una **rivoluzione paradigmatica**, come la definirebbe Kuhn (è il caso della teoria della combustione di Lavoisier nei confronti della teoria del flogisto o della teoria evoluzionista dei viventi nei confronti del fissismo)(6).

In entrambi i casi le teorie scientifiche appaiono “prodotti storici”, create in un contesto di scoperta destinato a modificarsi. La scienza è dunque una progressiva conquista di verità, *ma si tratta di una verità relativa, senza pretese di conoscenza assoluta*.

Il cosiddetto “progresso scientifico” non porta dentro di sé ad un dopo “migliore” del prima, ma è contrassegnato, come sostiene G. Granger (7) [...] “..da un'estensione di un campo di conoscenza, da una accresciuta *precisione*, da una migliore *comprensione*”. E Granger prosegue sostenendo che le principali *forme di discontinuità interna* al divenire scientifico sono: la scoperta di nuovi fatti, l'invenzione di un nuovo strumento concettuale (ad esempio quella del calcolo infinitesimale), l'emergere e l'imporsi di nuovi concetti...Per concludere, il progresso di una scienza si deve ad invenzioni, alla scoperta di fatti diversi ma sempre sullo sfondo di conoscenze precedenti. [...] “*E' per questo motivo che lo studio della storia della scienza è un requisito fondamentale per colui il quale voglia comprendere ed interpretare il senso del suo sviluppo*”.

L'insegnante, dunque, deve affrontare almeno i più importanti nodi concettuali che incontra nello sviluppo dei suoi percorsi didattici **anche** da un punto di vista **storico-epistemologico**. Vedremo più avanti da che livello scolastico e' ragionevole affrontare questo aspetto.

Passando al **problema dei metodi della scienza**, dal modo con cui questo soggetto viene spesso trattato nei libri di testo e dagli stessi insegnanti emerge quasi sempre la convinzione dell'esistenza di “un metodo scientifico”, appropriandosi del quale si viene “arruolati”tra i ricercatori scientifici... Questo oltre che banale è fondamentalmente falso: **esiste una sostanziale unità della scienza, ma una altrettanto chiara pluralità di metodi di indagine scientifica**.

Sostiene Granger, l'autore prima citato (8) [...] “ Ci sono sì dei metodi scientifici, ma un solo spirito e un solo tipo di intento propriamente scientifico.” Ma cosa si intende dire quando parliamo di un unico intento della scienza e di una pluralità di metodi?

In modo estremamente generale, l'intento della scienza è unico in quanto essa mira ad una *rappresentazione della realtà*, descrive e spiega i suoi oggetti ed è costantemente alla *ricerca di criteri di convalida* del suo operare. [...] "Un saperenon è scientifico se non è accompagnato da indicazioni sul modo in cui è stato ottenuto, indicazioni sufficienti perché se ne possano riprodurre le condizioni....La conoscenza scientifica è così necessariamente pubblica, ...esposta a controllo, chiunque sia ad affettuarlo". Il problema dei metodi riguarda fundamentalmente il **rapporto teoria/esperimento** e possiede due ambiti di "applicazione" dalle caratteristiche molto diverse: **l'ambito della ricerca scientifica e quello dell'indagine scientifica realizzabile nella scuola.**

In un recente contributo (9) E. Niccoli, nel paragrafo dal titolo "Il metodo scientifico", afferma: "I ricercatori sicuramente privilegiano determinate procedure che nel loro insieme costituiscono un metodo, ma nel momento in cui cercano di analizzare il metodo e di specificare nel dettaglio da quali procedure è costituito, nascono le complicazioni.." e ancora "Gli insegnanti nutrono il sospetto che dietro l'etichetta metodo scientifico si celino abilità e competenze difficili da gestire" e prosegue.."si tratta di stabilire, nel bilancio generale di una didattica scientifica e sperimentale, il peso che deve assumere l'apprendimento di procedure rispetto all'apprendimento dei contenuti". A parte il riferimento "al singolare" (il metodo), si osserva immediatamente che il problema del "metodo" scientifico **quando si intende calare nella scuola presenta una serie di problemi di non facile soluzione quando non presenta addirittura problemi di interpretazione: un metodo, più metodi, quali metodi?**

K.R.Popper (10) individua **due momenti centrali nella ricerca scientifica** " .. un momento in cui , a partire dai dati singolari e di significato circoscritto, si formulano delle asserzioni a carattere generale (*inferenze induttive*) e un momento in cui , a partire dall'asserzione a carattere generale (ipotesi, teoria), se ne traggono le conseguenze logiche (*inferenza deduttiva*)". Popper aggiunge però che, mentre le inferenze deduttive sono trasformazioni puramente logiche, l'inferenza induttiva sfugge ad una giustificazione logica e conclude, come ricorda Niccoli, che mentre la logica deduttiva appartiene alla sfera della *filosofia della conoscenza* e quindi dell'epistemologia, i processi di induzione, che a partire dai fatti particolari risalgono ad asserzioni generali, hanno natura creativa e appartengono alla sfera della *psicologia della conoscenza*. Si traccia così un **confine netto e invalicabile tra il problema del concepimento di un'idea e quello dei metodi per "verificarla"**. **"Operando nella didattica questo confine deve essere necessariamente valicato in quanto la didattica è ad un tempo attività sensibile alla logica e alla psicologia"**.

Forse allora emerge con chiarezza perché nella ricerca scientifica si parla generalmente di *metodo* come un unicum in cui però trovano posto in tempi diversi sia le inferenze induttive, sia quelle deduttive. Mentre questo resta fermo nella logica della ricerca scientifica, nella didattica possono trovar posto con la dovuta prudenza *entrambe le modalità di ragionamento in momenti diversi*, anzi possono costituire il **"cuore" di due tipi diversi di approccio all'apprendimento delle Scienze tanto che è possibile parlare di metodo essenzialmente induttivo e di metodo essenzialmente deduttivo.**

La praticabilità didattica dell'uno e dell'altro dipende dallo sviluppo cognitivo degli allievi: come vedremo più avanti, a livello di scuola primaria e secondaria di I grado risulta adeguato un metodo essenzialmente induttivo, a livelli di sviluppo più avanzati (secondo biennio e anno terminale della scuola secondaria di II grado) è più adatto l'approccio di tipo deduttivo (logico-deduttivo).

Ma non dobbiamo dimenticare che tutto questo è strettamente connesso ai contenuti che possono essere affrontati ai diversi livelli scolari, secondo la logica del curriculum verticale.

Da un punto di vista didattico, allora, ha senso parlare essenzialmente di due possibili metodi scientifici:

- A) il metodo induttivo
- B) il metodo logico-deduttivo

A) Metodo induttivo

Secondo questo metodo, che assegna **primato ai fatti e alle facoltà percettive**, l'attività scientifica ha inizio da **osservazioni**, da queste si possono **formulare delle ipotesi interpretative** che, sottoposte a "verifica" sperimentale, permettono una **generalizzazione**. Se non si pretende di ricavare da questa procedura leggi o comunque asserzioni generali (induttivismo ingenuo) **il metodo è del tutto accettabile sul piano didattico**: la logica induttiva ha solo il compito di determinare quale "grado di conferma" una certa "evidenza empirica" è in grado di dare ad una determinata ipotesi. Ma da dove trae origine l'ipotesi di cui la logica induttiva ha il compito di determinare la proponibilità? Da qui il limite intrinseco nel metodo....Vedremo più avanti esempi di proponibilità ai primi livelli scolari.

B) Metodo deduttivo

Come sostengono gli epistemologi (G. Bachelard, K. Popper, ecc.) è una *logica deduttiva che consente la nascita delle ipotesi da mettere al vaglio dell'esperienza (metodo ipotetico-deduttivo)*. Scrive infatti K. Popper (11) [...] " Secondo la concezione della scienza che sto cercando di sostenere...gli scienziati hanno

osato creare ...congetture o teorie che pur essendo in netto contrasto con il mondo quotidiano dell'esperienza comune sono tuttavia capaci di spiegare alcuni aspetti di tale mondo...Questi tentativi di spiegare il noto per mezzo dell'ignoto hanno enormemente ampliato il dominio della conoscenza”.

Nella logica deduttiva **si parte da teorie**, l'esperienza, dunque, non va solo osservata, ma va “interrogata” e *occorre possedere già all'inizio, almeno ipoteticamente, una “teoria” del fenomeno che si vuol indagare*. Il primato è del pensiero astratto e *l'esperimento rappresenta la convalida o meno delle ipotesi o teorie avanzate*. Ma attenzione: le scienze sperimentali si distinguono dalle altre scienze per il fatto che **comunque** ricorrono, **o prima o poi**, alla convalida attraverso esperimenti.

4. L'intreccio tra i due versanti didattico e scientifico e le diverse espressioni che può assumere ai diversi livelli scolari

Quando nella fare scuola si tratta di coniugare metodi scientifici con metodi didattici è immediatamente evidente che un metodo scientifico si può coniugare soltanto con metodi didattici di tipo attivo, cioè metodi che vedono l'allievo impegnato concretamente nella costruzione della propria conoscenza e quindi con metodi **attivi**.

Premesso questo, il suggerimento di rivolgersi ad un metodo di indagine scientifica di tipo **problematico, sperimentale, induttivo** oppure di tipo (problematico-)**ipotetico, logico-deduttivo** dipende dal livello di sviluppo degli allievi e quindi dal livello scolare a cui viene rivolta la proposta di apprendimento.

Con riferimento alla scuola secondaria, distingueremo allora tre diversi livelli di approccio all'indagine scientifica: quello adatto ad un a) livello di scuola secondaria di I grado (11-13 anni), quello adatto ad un b) livello di primo biennio di scuola secondaria di II grado (14-15 anni) e infine quello rivolto a c) livello scolare dell'ultimo triennio della scuola secondaria di II grado (16-18 anni).

a) livello di scuola secondaria di I grado(11-13 anni)

Sono ormai molto numerosi i contributi di riflessione relativi a questo livello scolare a cui si può fare riferimento, ad esempio (12,13,14). In uno di questi contributi (12) si afferma “ riteniamo che **l'educazione scientifica nella scuola elementare e media debba essere essenzialmente basata sull'osservazione e sperimentazione di fenomenologie scientifiche selezionate in modo opportuno in relazione alla loro accessibilità cognitiva**, ma questo non significa che la maggior parte del tempo debba essere impiegata nell'esecuzione pratica degli esperimenti...ma dedicata alla riflessione e alla concettualizzazione che sono realizzabili soltanto se si attribuisce un ruolo significativo al linguaggio sia nella dimensione individuale che collettiva. Impostare l'educazione scientifica in modo adeguato significa attribuire una collocazione centrale al soggetto dell'apprendimento. *Ma ciò è realmente possibile se l'attenzione dell'insegnante non è indirizzata alla quantità di nozioni da trasmettere ma alle modalità del processo educativo...*L'impostazione sperimentale deve essere considerata fondamentale rispetto alla preoccupazione di trattare tutti gli argomenti “.

Il metodo suggerito, adeguato per questo livello scolare è dunque un metodo attivo, costruttivista, essenzialmente induttivo. Infatti, a livello di scuola secondaria di I grado si è mostrato del tutto inadeguato un metodo di insegnamento di tipo adultistico, deduttivistico, banalizzato e mediato dal sapere universitario, **trasmesso** dal parlato del docente e dalla lettura del manuale adottato. Più avanti ci occuperemo della sua concreta praticabilità.

Secondo numerose ricerche condotte in questo campo, la situazione drammatica in cui si trova l'apprendimento delle scienze a questo livello scolare viene attribuita in primo luogo al fatto che *si insegnano cose non adeguate agli allievi*: esiste cioè uno scarto troppo grande tra le strutture cognitive degli allievi e le proposte didattiche. In altre parole, vi è sempre una relazione stringente tra nuove acquisizioni e struttura cognitiva: le nuove conoscenze sono, cioè, assimilate in relazione alla struttura cognitiva del soggetto e la struttura cognitiva è, a sua volta, in continua evoluzione in funzione della assimilazione di aspetti nuovi della realtà (13). Questo l'insegnante lo deve avere ben presente. In secondo luogo, la drammatica situazione dell'apprendimento a questo livello scolare è determinata dalla generale disattenzione al metodo di insegnamento adottato (1).

b) Livello di scuola secondaria di II grado, biennio (14-15 anni)

A questo livello scolare, fermo restando il carattere attivo, costruttivista del metodo didattico, l'impostazione scientifica dovrebbe avere sempre una impostazione fenomenologica e procedere dal macro al micro ma ora si dovrebbe giungere fino ad un primo livello di sistematizzazione modellistica micro di tipo atomico/molecolare/cellulare.

Gli aspetti sperimentali, pur continuando ad occupare uno spazio rilevante nel processo di i/a, **si spostano sempre più da quelli qualitativi dei fenomeni a quelli quantitativi** (misure di grandezze, analisi dei dati sperimentali raccolti....), si affrontano i primi studi probabilistici, si stimola sempre più la formulazione di ipotesi partendo da una **impostazione costantemente problematica**.

Contemporaneamente, senza avere ancora pretese di sistematicità degli approcci, si procede alla progressiva emersione degli spaccati disciplinari delle scienze di base (fisica, chimica, biologia e scienze della Terra) fino a far comprendere i rispettivi campi di indagine e le rispettive potenzialità e si affrontano alcuni fondamentali aspetti storico-epistemologici delle discipline.

Il tipo di approccio scientifico si sposta da un ragionamento di tipo prevalentemente induttivo verso un approccio di tipo problematico, ipotetico-deduttivo. Si passa progressivamente da concetti definiti a livello operativo a definizioni di tipo concettuale riferite a modelli e teorie. Come tipico momento di transizione, l'acceleratore su l'uno o l'altro dei due versanti da parte dell'insegnante dipende essenzialmente dalle reali situazioni di insegnamento/apprendimento.

c) **Livello di scuola secondaria di II grado, triennio conclusivo (16-18 anni)**

A questo livello scolare si esaltano gli aspetti del pensiero astratto, della concettualizzazione avanzata (formulazione di ipotesi, modellizzazione, interpretazione–deduzione, formalizzazione,...) e si precisa la sistematizzazione delle discipline.

Qui si fa esplicito riferimento ai nuclei concettuali forti delle singole discipline, badando a presentare all'apprendimento i concetti essenziali privilegiando, però, la qualità del processo educativo piuttosto che la quantità delle conoscenze. Assume qui forte connotazione formativa lo sviluppo almeno di alcuni nodi concettuali più importanti da un punto di vista storico-epistemologico.

Il metodo ora diviene essenzialmente logico-deduttivo, ma l'allievo deve sempre essere messo in condizioni di operare attivamente, anche se a livello astratto, sul piano della riflessione, facendo ancora riferimento ad una costante problematizzazione.

La disciplinarietà dettata dall'esigenza di appropriarsi dei caratteristici "grimaldelli" con cui le singole discipline di base operano e interrogano i molteplici aspetti del mondo della natura e di quello "costruito" dall'uomo può trovare un importante elemento di ricomposizione, a questo livello diventato possibile, nelle cosiddette **Aree di progetto** che, affrontando tematiche complesse, portano ad una trattazione multi o interdisciplinare.

5. **Praticabilità dei metodi suggeriti nell'insegnamento reale**

A questo punto all'insegnante sorge spontanea la domanda: tutto bello, ma come è possibile in concreto praticare un tipo di insegnamento al proprio livello scolare che rispetti corretti metodi didattici e scientifici?

La praticabilità concreta dei metodi che abbiamo precisato presenta problemi diversi a ciascun livello scolare: vediamone brevemente almeno i più importanti.

A livello di scuola primaria, essenzialmente scuola elementare, l'insegnante ha una preparazione adeguata sul piano pedagogico-didattico ma manca della formazione scientifica di base necessaria. La nuova formazione dei docenti non è in grado ancora di affrontare e risolvere i complessi problemi che l'insegnamento scientifico pone.

Molti anni di ricerca e sperimentazione didattica condotta con insegnanti in servizio hanno mostrato chiaramente la praticabilità di metodi del tipo indicato per questo livello scolare e, ad esempio, Fiorentini presenta la cosiddetta "metodologia delle cinque fasi" (14) e propone in due volumi varie esperienze dettagliate sia per l'ambito chimico-fisico che per quello biologico-naturalistico (15).

Le Associazioni scientifiche nazionali (AIF, DD/SCI e ANISN) e quelle generaliste come il CIDI hanno stipulato varie convenzioni con gli Uffici Scolastici Regionali e con gli Enti Locali al fine di disseminare presso le scuole queste metodologie adeguate ed efficaci per l'apprendimento delle scienze.

A livello di scuola secondaria di I grado gli insegnanti in servizio mancano di una formazione pedagogico-didattica, hanno una formazione monodisciplinare (in Matematica o più spesso in Scienze) e sono chiamati ad insegnare sia Scienze che Matematica,... anzi Matematica e Scienze: nell'immaginario comune l'insegnante infatti è *l'insegnante di matematica*...le scienze sono andate in dissolvenza!

A questo livello, fatte poche eccezioni, qualunque sia la formazione dell'insegnante, le scienze vengono relegate ad un insegnamento del tutto privo di efficacia e lasciano completamente sguarnito l'allievo, quando non lo disorientano fornendo misconcezioni e lo demotivano. Questa grave situazione è stata passata in rassegna in una recente indagine, sia pure a carattere locale (16). Le Associazioni Scientifiche già ricordate hanno sviluppato e sviluppano una costante azione di formazione rivolta a docenti in servizio anche a questo livello scolare e sul piano nazionale nel tentativo di contribuire ad affrontare i gravi problemi ricordati.

A questo livello scolare appare ancora sostanzialmente valido il modello di “metodo delle 5 fasi” di cui abbiamo parlato per la scuola elementare. Anche in questo caso è possibile attingere ad un’ampia panoramica di percorsi didattici concreti, ampiamente sperimentati e costantemente affinati, come ad esempio in (17).

A livello di I biennio della scuola secondaria di II grado la situazione pre-riforma ancora reale vede l’insegnamento delle scienze proposto in modo assai differenziato: in alcuni casi le scienze sono praticamente assenti, in altri vengono insegnati solo due ambiti disciplinari (Sc. della Terra e Biologia) da un unico insegnante, in altri ancora vengono impartiti per discipline autonome (Chimica, Fisica e Scienze della Natura). Nella maggior parte dei casi si procede dal micro al macro, la parte sperimentale è quasi completamente ignorata, salvo nel caso di insegnamenti per discipline autonome, spesso si propongono all’apprendimento contenuti e si praticano metodologie del tutto inadeguate ad un efficace e significativo apprendimento.

Anche a questo livello non mancano numerosi esempi di ricerca didattica e sperimentazione che hanno fornito in varie discipline (e con riferimento ad un biennio sostanzialmente unitario esteso all’intera popolazione degli allievi di 14-15 anni) vari spunti sia contenutistici che metodologici. Due recenti, interessanti esempi di metodologia adeguata ed efficace, concretamente sperimentata a questo livello scolare, si trovano in (18) e (19).

Di seguito, proprio nell’intento di fornire un esempio concreto di sviluppo metodologico, viene fornito un percorso sperimentato sul concetto di trasformazione chimica.

6. Un esempio di sviluppo di un importante concetto secondo i metodi presentati

Al fine di rendere concreto il tipo di considerazioni che abbiamo fin qui sviluppato riportiamo un esempio di sviluppo delle fasi con cui si può proporre all’apprendimento a livello di I biennio di scuola secondaria di II grado uno dei concetti fondamentali della chimica, quello di trasformazione chimica o reazione.

Non si tratta della presentazione di una UD (o UA che si preferisca) completamente strutturata (che si può trovare in (18), quanto piuttosto di presentare come possono essere affrontati i vari *momenti che caratterizzano il percorso didattico* relativo allo sviluppo del concetto secondo il metodo problematico, sperimentale, induttivo adatto per questo livello di scolarità.

Perché il concetto di reazione?

Si tratta di catturare l’interesse degli allievi ad affrontare lo studio del concetto di trasformazione (è pervasivo, è importante sotto molteplici aspetti, ha rappresentato una conquista conoscitiva lunga e faticosa, ne facciamo esperienza quotidiana...): è opportuno offrire una gamma abbastanza ampia di sollecitazioni per “toccare” sensibilità e attenzioni diverse. Il “tono” delle proposte dovrebbe essere il più possibile problematico.

Quali “inneschi” fornire? Riportiamo alcuni possibili esempi di natura molto diversa tra loro: sarebbe opportuno presentarne agli allievi almeno 2 o 3.

- **A quando risale l’idea di trasformazione, magari in forma implicita?** Un primo passo potrebbe essere quello di ripercorrere in breve lo sviluppo delle idee sulla trasformazione dai greci, alla nascita della scienza moderna fino alla concezione attuale del concetto, magari facendo riferimento anche a brevi brani storici tipo “La nascita della metallurgia e l’estrazione del rame e del ferro dai loro minerali” in (20) o “La combustione e la calcinazione” [Lavoisier (1772-1783)] in (21).

- **E’ possibile “bere” il mare? Acqua dolce dall’acqua di mare, ma come?;**

- **Da dove viene la lattina di birra** (aranciata...)? La storia di una lattina di birra: dalla bauxite al metallo (Al), al riciclaggio dei manufatti...

- **Quali trasformazioni avvengono nel nostro corpo?** Il complesso “lavorio” del nostro apparato digerente (breve filmato)

-

Ricognizione e recupero delle conoscenze individuali

Per richiamare le conoscenze (e abilità) pregresse degli allievi è necessaria un colloquio con la classe (brain storming) a partire da una serie di domande preparate dall’insegnante (a cui se ne aggiungeranno sempre altre poste dagli allievi): l’insegnante rimane *in condizione di ascolto*, stimola e registra le risposte e alla fine costruisce alla lavagna una mappa delle idee di partenza...

Si potrebbero porre, ad esempio, domande del tipo: Quali esempi di trasformazione possiamo fare? Come si può definire una trasformazione? Pensate che si possa distinguere un solo tipo di trasformazione o pensate ce ne possano essere diversi tipi? Quale criterio usare per classificarle?....

Effettuazione e/o presentazione di nuove esperienze

Se non sviluppato in precedenza come elemento di innesco, può essere questo il momento di presentare alcuni spaccati sulla storia ed evoluzione del concetto di trasformazione (brani di Lavoisier, ecc., ad esempio A.L Lavoisier- La combustione come prodotto della combinazione chimica dell'ossigeno (1777) (22) e ancora di A.L.Lavoisier – La nuova teoria della combustione- (1777) (23).

- variabili e invarianti in una trasformazione fisica:
 - a) studio di un passaggio di stato (solido/liquido o liquido/aeriforme) e costruzione del grafico T/t (il problema dell'incertezza di misura e di una corretta rappresentazione della curva costruita su dati fisici (misure di grandezze) e non su punti matematici)
 - b) cosa accade alla temperatura quando la sostanza cambia di stato fisico? concetto di temperatura di fusione o di ebollizione come grandezze caratteristiche delle sostanze
 - c) cosa accade della massa della sostanza prima e dopo un passaggio di stato? E cosa accade per altre trasformazioni fisiche?
 - d) dopo un passaggio di stato la natura della sostanza cambia o resta invariata? Come provarlo?
 - e) Quali sono le variabili e gli invarianti in un passaggio di stato?

- variabili e invarianti nelle trasformazioni chimiche:
 - a) reazioni di analisi.
 - a1) Analizziamo ("scindiamo") un composto e ricaviamone gli elementi: scindiamo l'acqua mediante l'uso della corrente elettrica continua (scheda); i prodotti hanno uno stato fisico diverso da quello dell'acqua di partenza: sono gas
 - a2) Cosa accade alla massa prima e dopo la reazione? misuriamo la massa prima (recipiente, soluzione, provette piene di soluzione, ecc.) e dopo il passaggio della corrente (almeno 15-20') (recipiente, soluzione, provette con poca soluzione e gas,..): cosa possiamo ricavare? La massa varia o resta costante
 - a3) Qual è la natura dei due gas ottenuti? riconosciamo i gas raccolti agli elettrodi (criterio di riconoscimento degli elementi...)
 - b) reazioni di sintesi
 - b1) Eseguiamo la sintesi di un composto a partire dagli elementi: la sintesi dell'ossido di rame a partire da polvere di rame e....(si trova una scheda di lavoro su molti testi)
 - b2) Quali caratteristiche macroscopiche hanno gli elementi di partenza e il prodotto ottenuto? Descrivile.
 - b3) Misuriamo la massa prima e dopo la reazione: che cosa è accaduto? Quale altro elemento si è combinato col rame? Cosa possiamo concludere? La massa si conserva nella reazione?
 - c) Altre reazioni (per un primo rinforzo dei concetti...)
 - c1) facciamo reagire in una piccola boccetta dalla chiusura a tenuta un po' di acqua con 1/8 di pasticca di Alkaseltzer.
 - c2) descrivere ciò che accade nella reazione
 - c3) determinare la massa prima e dopo la reazione: cosa accade della massa?
 - c4) cosa accade della massa se apriamo il tappo e ripesiamo?

Elaborazione delle esperienze e prima concettualizzazione

Resoconto scritto: rispondi alle seguenti domande:

- a) cosa accade delle caratteristiche dei reagenti e dei prodotti nelle reazioni che hai sperimentato?
- b) Cosa accade della massa prima e dopo le reazioni che abbiamo eseguito? Pensi che sia una caratteristica generalizzabile a tutte le reazioni?
- c) Quali sono le variabili e le invarianti che secondo te caratterizzano una reazione?
.....

Confronto dei risultati con i compagni del gruppo di lavoro e prima concettualizzazione

- a) in relazione alle domande poste nella fase precedente quali considerazioni conclusive e condivise si sono raggiunte?
- b) quali pareri o idee sono rimaste da chiarire oppure non sono stati/e condivisi/e?

- c) quali domande portare nella discussione generale?

.....

Discussione generale in classe guidata dal docente (concettualizzazione conclusiva)

L'insegnante invita ciascun gruppo di allievi ad esprimere i pareri richiesti e/o a fornire i dati ricavati dalle misure fatte raccogliendoli su una Tabella di classe (che viene via via registrata da ciascun allievo sul proprio quaderno di lavoro) allo scopo di far emergere eventuali regolarità o divergenze...Si passa alla fine alla discussione delle risposte alle eventuali domande poste e all'esame dei tabulati ricavati dalle esperienze effettuate.

Si imposta la discussione con lo scopo di giungere ad una concettualizzazione condivisa e conclusiva invitando gli allievi a trascriverla sul proprio quaderno di lavoro

Fase di rinforzo (ricerca, approfondimento, ampliamento di orizzonte: nuovi problemi) ...)

(Alcuni esempi di possibili "piste" di lavoro)

- a) come si è sviluppato nel tempo il concetto di trasformazione della materia ?
Fornire indicazioni bibliografiche o indicare ricerche via internet al fine di approfondire lo sviluppo storico del concetto in esame
- b) Si può sempre stabilire per via macroscopica e fenomenologica quando avviene una reazione? Studiamo il caso di reazioni acido/base in soluzione acquosa: come possiamo distinguere reagenti da prodotti?
- c) le reazioni avvengono tutte nello stesso tempo?
Si conoscono e si possono sperimentare reazioni lente e veloci, cioè le reazioni decorrono con una certa velocità in determinate condizioni
- d) Proviamo a riassumere: a cosa servono le reazioni? Indica almeno tre campi differenti in cui sono indispensabili le reazioni....

.....

Non è detto che tutti gli spunti forniti vengano affrontati, né è detto che vengano affrontati proprio questi: l'insegnante giudicherà quali suggerire tenendo conto della reale situazione della classe e del tempo a disposizione.

7) Un cantiere aperto

Il problema di come si possa verificare che gli allievi abbiano effettivamente acquisito metodi di indagine scientificamente corretti (accompagnati da opportune scelte di contenuti adeguati e sostenibili) e che si rendano conto delle operazioni mentali (metacognizione) che questi comportano non ha a tutt'oggi soddisfacenti soluzioni. Tra alcuni tentativi di ricerca nel campo della prima formazione dei docenti ricordiamo quelli realizzati nella SSIS Veneto (24).

Nonostante queste difficoltà, a noi sembra che la questione dell'assimilazione di corrette procedure di indagine scientifica costituisca uno degli elementi essenziali di valore che un insegnamento delle Scienze sperimentali dovrebbe far apprendere e non solo a chi segue indirizzi di tipo scientifico. Sarà decisivo, tuttavia, che queste procedure di indagine vengano affrontate ai diversi livelli scolari: solo l'esperienza prolungata, ripresa negli anni con caratteristiche sempre più complesse, può garantire il superamento dell'analfabetismo metodologico in ambito scientifico che caratterizza il nostro sistema educativo.

Concludiamo con alcuni punti particolarmente significativi di una sorta di decalogo che Arons indica nella sua *Guida all'insegnamento della Fisica* a proposito di una *persona che ha acquisito una cultura scientifica* (25). Una persona dotata di una certa cultura scientifica è in grado di:

[...] -riconoscere che i concetti scientifici sono inventati dall'azione dell'immaginazione e dell'intelligenza umane e non sono oggetti o sostanze scoperte casualmente..

-riconoscere che, per essere compresi e utilizzati in maniera corretta, questi concetti richiedono una definizione operativa accurata che affonda le proprie radici nell'esperienza...Un concetto scientifico richiede prima un'idea e poi un nome...

-comprendere la distinzione tra osservazione e deduzione..

-distinguere tra il ruolo occasionale della scoperta accidentale e la strategia meditata del formulare ipotesi e del verificarle (metodo)...

-capire il significato della parola teoria nell'ambito scientifico e avere un'idea di come si formino le teorie, di come venga concessa loro un'accettazione provvisoria..

-capire in che senso ...i concetti e le teorie scientifiche sono mutevoli e provvisori

-essere a conoscenza almeno di alcuni casi specifici di interazione tra scienza e società....

Riferimenti bibliografici

- 1) F.Olmi – Contro la disattenzione al metodo-La centralità della didattica nell'insegnamento delle Scienze Sperimentali- *Didatticamente- la voce della SSIS-1-2 /2005* Ed. ETS, Pisa
- 2) L.Trisciuzzi- Dizionario di Didattica- ETS Ed. , 2001
- 3) F.Tessaro- Metodologie dell'insegnamento...5a Lezione on line-SSIS Veneto, riferite all'A.A. 2003/2004), sito SSIS Veneto (Ottobre 2005)
- 4) (a cura di S. Ulivieri, G. Giudizi, S. Gavazzi) Dal banco alla cattedra- ETS Ed. , Pisa, 2002, p. 261
- 5) F. Olmi, S. Gavazzi- Il Laboratorio di Didattica e la Didattica del Laboratorio- CnS-La Chimica nella Scuola , n.4 (2001), pp.128-134
- 6) K.R.Popper- La logica della scoperta scientifica- Einaudi Ed., Torino, 1970
- 7) G.G.Granger- La Scienza e le Scienze- Il Mulino Ed. , Bo, 1996, p.99
- 8) Idem 7) pp. 40-42
- 9) E. Niccoli- Pregiudizi, mode e antinomie nell'insegnamento scientifico – Fondamenti metodologici ed epistemologici, Storia e Didattica della Chimica- Scuola Estiva di Chimica, 2000, vol.I, 214-e seg. .
- 10) K. Popper- Congetture e confutazioni- Il Mulino Ed., Bo, 1969, pp.176,177
- 11) Idem 10), p.
- 12) C. Fiorentini, F.Gori – Educazione scientifica: quale modello pedagogico?- *Insegnante*- n.6, 1995, pp. 7-10
- 13)C.Fiorentini- Riflessioni sul curricolo di educazione scientifica nei primi nove anni di scolarità obbligatoria- in L.Barsantini, C.Fiorentini (a cura di) L'insegnamento delle Scienze verso un curricolo verticale, vol.I, IRRSAE Abruzzo, 2001, pp18-27
- 14) C. Fiorentini- Quali condizioni per il rinnovamento del curricolo di Scienze? - L'arcipelago dei saperi , vol I- F. Cambi (a cura di), Le Monnier, Fi, 2000, pp. 275-290
- 15) L. Barsantini, C. Fiorentini (a cura di) L'insegnamento delle scienze verso un curricolo verticale- IRRSAE Abruzzo, 2001, vol I pp. 65-137 e vol II (a cura di G.Cortellini, A.Mazzoni) pp.53-107
- 16) idem 1), parag.3 *Risultati di alcune indagini locali sugli insegnanti*
- 17) Idem 15) vol. I pp.141-263 e vol II pp. 111-231
- 18) F.Carasso Mozzi- Il laboratorio RED: modelli di lavoro e didattica delle Scienze – CnS-La Chimica nella Scuola- a.XXVII, n.2 (2005), pp.94-105
- 19) F. Olmi, G.Villani- Le trasformazioni della materia- Proposte didattiche e riflessioni storico-epistemologiche (in corso di pubblicazione)
- 20) I. Asimov – Breve storia della Chimica – Zanichelli Ed. Bo, 1968, p.3-6
- 21) I. Solov'ev- L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri- EST Mondadori, Mi, (1976), pp. 87-92
- 22) F. Abbri – La chimica del '700 – Loescher Ed., To, (1978), pp.185-188
- 23) Idem 22) pp. 188-191
- 24) idem 18) pp.94-105
- 25 A.B.Arons- Guida all'insegnamento della fisica- Zanichelli Ed., pp.366-367