

Capitolo 1

La Natura della Scienza

Nelle Indicazioni Nazionali¹, sia per il secondo ciclo che per la scuola secondaria di primo grado, è espressa l'importanza della conoscenza critica delle scienze per lo studente, che deve imparare ad interrogarsi sul mondo circostante ed interpretare e modellizzare i fenomeni che lo circondano. La Natura della Scienza (NOS) e la Metodologia Inquiry (IBSE) si inseriscono perfettamente in tale contesto.

In questa sezione ci occuperemo della NOS. Ci sono cinque punti chiave che rendono la NOS importante ed utile alla vita del cittadino (Driver, Leach, Millar and Scott 1996), infatti essa è può essere considerata:

- **Funzionale:** comprendere la NOS è necessario per riuscire a capire a livello scientifico gli oggetti tecnologici della vita di tutti i giorni e utilizzarli in maniera consapevole.
- **Democratica:** comprendere la NOS è necessario per prendere decisioni socioculturali consapevoli.
- **Culturale:** comprendere la NOS è necessario per riconoscere il valore della scienza come parte della cultura contemporanea.
- **Morale:** Comprendere la NOS aiuta a comprendere le regole della comunità scientifica, le quali rappresentano gli impegni morali generalmente condivisi dalla società.
- **Utile alla conoscenza scientifica:** comprendere la NOS facilita l'apprendimento delle materie scientifiche.

Quindi essa risulta essere un importante obiettivo per la vita di uno studente.

1.1 Ma che cos'è La Natura della Scienza?

Con il termine NOS si vuole intendere l'epistemologia, cioè la scienza come modalità attraverso la quale si giunge alla conoscenza, o i valori e le credenze inerenti la conoscenza scientifica o lo sviluppo di questa (Abd_El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1992). Di seguito verranno riportati alcuni aspetti della NOS che ogni studente dovrebbe conoscere. Tale elenco non è però esauriente, in quanto esistono aspetti che possono essere inclusi o omessi.

1. È importante che gli studenti siano a conoscenza della differenza tra *osservazione* e *inferenza*. Le osservazioni sono affermazioni riguardo i

¹ http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/licei2010/indicazioni_nuovo_impaginato/decreto_indicazioni_nazionali.pdf
http://www.indicazioninazionali.it/documenti/Indicazioni_nazionali/Indicazioni_Annali_Definitivo.pdf

fenomeni naturali legati alla natura sensoriale, per esempio gli oggetti posti ad una certa altezza tendono a cadere verso il basso. L'inferenza, invece, va oltre i sensi e con essa, attraverso dei ragionamenti, si giunge ad una conclusione. Ad esempio, nello schema Newtoniano, gli oggetti tendono a cadere verso il basso a causa della forza di gravità: il concetto di gravità è quindi inferenziale.

2. Strettamente collegato alla differenza tra osservazione ed inferenza vi è la distinzione tra *leggi e teorie scientifiche*. Molto spesso si crede che le teorie possano trasformarsi in leggi se supportate da opportune evidenze, quindi su una scala gerarchica le teorie sarebbero al di sotto delle leggi. In realtà, leggi e teorie sono due modi diversi legati della conoscenza e non è possibile che uno dei due si trasformi nell'altro. Le leggi sono affermazioni o descrizioni delle relazioni esistenti tra fenomeni osservabili: ad esempio, la legge di Boyle lega la pressione di un gas con il suo volume a temperatura costante. Le teorie sono spiegazioni dedotte per fenomeni osservabili (in questo caso si fa inferenza): ad esempio, citiamo la teoria cinetica dei gas, la quale fornisce una spiegazione per ciò che si osserva e descrive attraverso la legge di Boyle.
3. Il terzo aspetto della NOS riguarda la *creatività e l'immaginazione* umana. Infatti la scienza, contrariamente a ciò che comunemente si crede, non è totalmente razionale o rigorosa. Essa nonostante sia legata all'osservazione di fenomeni naturali coinvolge costantemente l'immaginazione e la creatività umana. Infatti gli scienziati devono essere muniti di grande inventiva per realizzare dimostrazioni o interpretare i dati.
4. La conoscenza scientifica è *soggettiva o basata sulla teoria*. Le conoscenze pregresse, l'esperienza e la metodicità influenzano il lavoro degli scienziati nel loro modo di condurre indagini, in ciò che osservano e nella loro interpretazione. Tuttavia, esistono alcune convenzioni nel fare ricerca per limitare l'impatto negativo della soggettività, infatti in alcuni casi questa può diventare dannosa, soprattutto quando porta ad ignorare le evidenze.
5. La scienza è influenzata dal contesto *culturale/sociale* nella quale è inserita. Questi elementi culturali e sociali possono essere: la struttura sociale, la politica, fattori socioeconomici, la filosofia e la religione.
6. Il sesto aspetto della NOS è il suo essere *empirico*. Infatti qualsiasi ipotesi scientifica ha bisogno di essere testata empiricamente, cioè la conoscenza scientifica deve essere legata quanto più è possibile al mondo naturale. Questa sua caratteristica la diversifica da altre discipline come la filosofia e la matematica.
7. La conoscenza scientifica è *tentativa e provvisoria*. Contrariamente a quanto si crede le ipotesi scientifiche, le teorie e le leggi non sono assolute, in quanto soggette a cambiamenti di fronte a nuove evidenze. Proprio per questo è possibile avere dei progressi a livello teorico e tecnologico.

Spesso si confonde la NOS con il metodo scientifico, il quale si avvicina di più all'indagine scientifica (inquiry). È importante quindi fare una distinzione tra i due:

- il metodo scientifico è un'attività connessa alla raccolta e analisi dati al fine di formulare una conclusione;
- la NOS si rivolge invece ai supporti epistemologici delle attività scientifiche.

Ad esempio, l'osservazione e l'inferenza sono processi del metodo scientifico, mentre comprendere che le osservazioni sono supportate da teorie e limitate al nostro apparato sensoriale fa parte della NOS.

Fonti:

L.B. Flick and N.G. Lederman, Scientific Inquiry and Nature of Science, 301-317, 2006 Springer

N.G. Lederman , Nature of Science: Past, present and Future

Capitolo 2

Il ruolo del laboratorio nella didattica delle scienze

Per molti anni gli insegnanti delle materie scientifiche hanno sostenuto l'importanza delle attività di laboratorio per una migliore comprensione del mondo naturale da parte degli studenti (Rosen, 1954). Negli anni cinquanta del secolo scorso, le attività di laboratorio erano utilizzate soprattutto per illustrare tematiche precedentemente spiegate dagli insegnanti. A partire dagli anni sessanta il ruolo del laboratorio assume un diverso significato; infatti, con esso si vuole porre maggiore importanza all'indagine scientifica e alla comprensione dei concetti. In questo periodo la maggior parte dei curricula scolastici si basa sulle teorie di Bruner, Gagne e Piaget per giustificare l'enfasi data all'indagine e all'esperienza che gli studenti acquisiscono durante i laboratori. In un articolo di Ramsey e Howe si legge che *“il laboratorio dovrebbe essere parte integrante del percorso educativo nelle materie scientifiche”*. Negli anni settanta i ricercatori hanno studiato la percezione che gli studenti hanno della classe come ambiente di apprendimento e la relazione di questa con i risultati e le attitudini raggiunte. In seguito, un'analisi simile è stata fatta per verificare la percezione che gli studenti hanno dell'ambiente laboratoriale come ambiente di apprendimento e le loro attitudini e risultati scientifici ottenuti: Fisher, Henderson e Fraser (1997) hanno riportato una correlazione significativa tra questi due aspetti. L'importanza del laboratorio è sottolineata ancora una volta nel 1990 da Tobin, il quale afferma che *“le attività di laboratorio consentono agli studenti di imparare in modo conscio e coinvolgono gli stessi nel processo di apprendimento”*. Recentemente, all'inizio del XXI secolo abbiamo assistito ad una nuova era di riforma dell'educazione scientifica. Proprio in questo periodo sono emersi nuovi standard per stabilire in modo significativo l'educazione delle scienze. Ancora una volta si dà importanza al ruolo delle attività di laboratorio e all'indagine come importante strumento nell'insegnamento delle scienze (National Research Council , 2000).

2.1 Implicazioni nella pratica scolastica

Alcuni fattori da tener conto nella pratica di laboratorio sono:

- *Obiettivi di apprendimento*

Nella pratica laboratoriale sono stati individuati i seguenti obiettivi di apprendimento (Project 2061: Science for all americans, 1989; The National Science Education Standard , 1996):

- Identificare un argomento d'indagine e suggerire una strategia;
- Partecipare attivamente al lavoro suggerendo soluzioni e utilizzando conoscenze specifiche;
- Esibire interesse e controllo sull'indagine scientifica;
- Comunicare e collaborare nell'indagine scientifica;
- Prendere decisioni, esibire un pensiero analitico e riflessivo e autovalutazione;
- Utilizzare concetti scientifici;
- Conoscere la natura della scienza e la sua importanza nell'elaborare un piano d'azione per la ricerca, nell'interpretazione dei dati e nel formulare delle conclusioni;
- Prendere e giustificare delle decisioni riguardo la metodologia, l'insieme dei dati, l'analisi, l'organizzazione e la presentazione del lavoro di laboratorio;
- Dimostrare una robusta comprensione dei concetti fondamentali.

- *Selezionare gli argomenti e le attività di laboratorio appropriate per lo sviluppo concettuale*

Selezionare e stabilire cronologicamente le esperienze laboratoriali può condurre ad una più robusta struttura concettuale per lo studente. Inoltre non tutte le esperienze laboratoriali possono essere condotte negli stessi tempi: vanno quindi stabilite anche tenendo conto del tempo che si ha a disposizione.

- *Selezionare gli strumenti di laboratorio*

Utilizzare strumenti che gli studenti conoscono e di cui fanno esperienza regolarmente facilita la loro comprensione su ciò che stanno facendo e imparando in laboratorio. Allo stesso modo, quando gli studenti utilizzano un nuovo strumento durante l'attività di laboratorio, la loro attenzione cade principalmente sul funzionamento di quest'ultimo. Bisogna quindi far emergere non solo le loro idee riguardo la natura concettuale dell'esperienza, ma anche quelle riguardo il funzionamento del materiale a disposizione.

- *Stabilire la strategia laboratoriale*

L'insegnante ha un ruolo cruciale nell'aiutare gli studenti ad avere esperienze produttive quando si svolgono attività di laboratorio. La scelta di un'adeguata strategia è importante in quanto con essa stabilisce il tipo di comportamento da

assumere durante la lezione di laboratorio e ciò può avere influire sul successo dell'attività.

Search, Solve, Create and Share (SSCS) è un strategia d'insegnamento relativamente aperta (Pizzini et al., 1989) ed è adatta per le esperienze di laboratorio. Durante la fase di *Search*, gli studenti identificano la domanda di ricerca. Nella fase *Solve*, gli studenti, divisi in piccoli gruppi, stabiliscono in che modo indagare sulla loro domanda di ricerca, sviluppando un loro pian d'azione. Nella fase *Create*, ogni gruppo prepara una presentazione o un elaborato nel quale sono specificate la domanda di ricerca, il lavoro d'indagine, i risultati e le loro conclusioni. Nella fase *Share* ogni gruppo presenta il proprio lavoro. Questa strategia aiuta gli studenti ad imparare a formulare una domanda di ricerca, a progettare un piano per la loro ricerca e a rispondere d alcune di queste domande.

Predict-observe-explain (POE) può essere usata per un intera classe, per piccoli gruppi o la singola persona. Gli studenti effettuano una previsione del fenomeno da osservare: in questo modo aumenta l'interesse in ciò che sarà osservato. Quando si passa alla fase d'osservazione può accadere che la previsione dello studente non coincida con ciò che osserva, in questo modo si crea un conflitto cognitivo e lo studente sarà motivato nel capire cosa realmente accade. In ogni caso sia che la previsione coincida o meno con l'osservazione, il passo importante è la spiegazione che lo studente dà alla sua previsione e perché questa coincida o meno con l'osservazione.

Think-pair-share (TPS) può essere usata per piccoli gruppi o per un intera classe. Essa viene utilizzata soprattutto quando l'insegnante vuole che gli studenti ragionino su un fenomeno o un problema che viene infine discusso con l'intera classe.

Il POE e il TPS sono esempi di strategie che possono essere utilizzate per promuovere la riflessione su un qualsiasi argomento e non solo per le attività di laboratorio.

Fonti:

Lunetta

Rosen, 1954

Henderson e Fraser (1997)

(Project 2061: Science for all americans, 1989; The National Science Education Standard, 1996

Capitolo 3

Introduzione alla Metodologia Inquiry

Questa metodologia è da più di vent'anni riconosciuta come centrale nell'apprendimento delle Scienze sperimentali (NRC, 1996; Lunetta, 1998). La ricerca ha dimostrato che l'attività di *inquiry* favorisce una più profonda comprensione dei concetti da parte degli studenti e incrementa l'interesse nei confronti della scienza (Metz, 2000).

La metodologia *inquiry* prende spunto da “*i diversi modi in cui gli scienziati studiano il mondo naturale e propongono spiegazioni sulla base degli elementi derivanti dal loro lavoro*” (NRC, 1996, p. 23). Come Krajcik et. al (1999) affermano: “*l'inquiry consiste nel fare osservazioni, porre e raffinare domande, nella ricerca di informazioni di base, nel pianificare e progettare le osservazioni o gli esperimenti, utilizzando gli strumenti più adatti per raccogliere, analizzare, interpretare i dati, spiegare e comunicare i risultati*”. Spesso nella pratica dell'insegnamento *l'inquiry* è inteso genericamente come “fare esperimenti” (Schwartz & Crawford, 2006), ma tale accezione non riflette il complesso significato del termine. Il dibattito su ciò che deve essere proposto a scuola come *inquiry* è ancora in corso, anche se più autori ammettono che il metodo di lavoro degli scienziati non può essere riprodotto completamente e che solo alcune caratteristiche essenziali possono essere tradotte nella pratica scolastica (Bybee, 2006). In particolare, le attività che possono essere efficacemente condotte a scuola sono quelle in cui lo studente:

- è impegnato in una ricerca che abbia un carattere scientifico e che preveda una o più domande di ricerca;
- formula ipotesi e progetta esperimenti per rispondere alla domanda;
- dà la priorità a quanto già noto e all'evidenza raccolta nel rispondere alla domanda;
- sviluppa una spiegazione per le evidenze raccolte;
- collega la spiegazione alle sue conoscenze scientifiche pregresse;
- comunica e giustifica la sua spiegazione rispondendo alla domanda di ricerca posta all'inizio.

Quando gli studenti sono coinvolti in attività *inquiry*, si trovano ad affrontare delle piccole “sfide”, in cui nuove conoscenze scientifiche vengono apprese. Le attività di indagine sono essenzialmente centrate sullo studente e hanno lo scopo di migliorare

le sue capacità di astrazione, modellizzazione e comunicazione. L'insegnante, dal canto suo, ha un ruolo di guida del processo, esplicita agli studenti i compiti da portare avanti ed in particolare, a seconda del contesto e delle condizioni al contorno:

- suggerisce eventualmente una domanda scientifica da esaminare;
- li incoraggia ad esprimere le loro idee e a formulare ipotesi;
- suggerisce di eseguire un particolare esperimento;
- li invita a valutare diverse ipotesi e a riflettere sulle evidenze raccolte per rispondere alla domanda di ricerca iniziale.

Accade spesso che gli studenti confondano l'inquiry con il metodo scientifico (Lederman, 2006), con quest'ultimo spesso visto come una semplice sequenza di passi che tutti gli scienziati devono eseguire per effettuare un'indagine. L'inquiry invece può diversificarsi a seconda del tipo di indagine: infatti non sempre nelle ricerche scientifiche è possibile effettuare esperimenti ed è per questo che esistono ricerche di tipo descrittive come molto spesso avviene nella ricerca in anatomia o in astronomia.

Fonti:

L.B. Flick and N.G. Lederman, *Scientific Inquiry and Nature of Science*, 301-317, 2006 Springer

Capitolo 4

Il PORTFOLIO come strumento di autovalutazione dell'insegnante

(adattato da uno scritto di Matilde Vicentini, Dip. Fisica, La Sapienza Roma)

In un modello costruttivista dell'apprendimento acquista particolare significato il processo di valutazione di quanto appreso da parte dell'insegnante durante gli interventi didattici (nel seguito *autovalutazione*). Il modello attribuisce al soggetto conoscente da un lato la capacità di collegare le nuove conoscenze con quelle già possedute, con la propria esperienza e con immagini, esempi e controesempi che da esse derivano e dall'altro la capacità di organizzare in unità comprensive e ben strutturate quanto viene via via assimilato. Affinché il soggetto diventi consapevole delle conoscenze acquisite è tuttavia necessario anche un processo di riflessione sul proprio apprendimento che può essere attuato col ricercare risposte alle seguenti domande generali:

- *Cosa ho imparato dalla mia esperienza complessiva?*
- *Qual è la rilevanza culturale per gli studenti di ciò che ho comunicato?*
- *Quali sono state le mie eventuali difficoltà nella comunicazione con i miei studenti?*
- *Come e quali mie esperienze precedenti come insegnante e persona sono entrate nell'interazione con i miei studenti?*
- *(nel caso di sperimentazione di un intervento innovativo) Come mi sono rapportata con quanto proposto dall'esterno (riforma curriculare, corso di aggiornamento, proposta di un ricercatore)?*
- *Quale metodologia ho adottato e perché?*

1.1 Il portfolio come strumento per la valutazione dell'autoapprendimento

Dopo aver introdotto la propria autovalutazione rispondendo alle domande generali di cui sopra, si provvederà a redigere il vero e proprio "portfolio". Il portfolio diventa così una cartellina in cui inserire:

- a. *appunti sintetici* di ciascun intervento didattico completati da eventuali collegamenti fra ciò che è stato comunicato (o si intendeva comunicare) a lezione con le proprie esperienze e conoscenze e da indicazioni di eventuali difficoltà di comprensione e comunicazione dei contenuti oggetto dell'intervento didattico;
- b. analoghi *appunti sintetici* di quanto richiesto agli studenti come studio di testi o altro materiale a stampa, incluse eventuali griglie di valutazione
- c. i *lavori* (temi, questionari, esercizi, problemi...) effettivamente svolti dagli studenti negli incontri o per lo studio a casa.

Gli appunti del punto *a*) non devono consistere in una sistemazione completa dell'intervento ma in una reale sintesi, nella forma preferita dall'insegnante (scaletta, schema a blocchi, mappa concettuale), guidata dalle seguenti domande:

- a. E' stata fatta una sintesi riguardante i concetti e le relazioni rilevanti, gli eventuali ostacoli cognitivi e le riflessioni sulla rilevanza culturale per ciascun incontro didattico?
- b. L'insieme degli appunti è completo rispetto agli interventi didattici effettuati?.
- c. Sono stati commentati criticamente i materiali eventualmente distribuiti?
- d. Sono stati indicati sinteticamente i lavori proposti in aula o a casa
- e. È stata indicata la loro valenza didattica?
- f. È stata commentata e giustificata adeguatamente la metodologia didattica seguita?

Tale sintesi deve riguardare i contenuti concettuali e non essere (solo) una esposizione dell'eventuale reazione emotiva alla lezione.

I contenuti del portfolio serviranno a guidare gli interventi e valutarli in itinere e alla fine del percorso. Una risistemazione del contenuto del portfolio (per comunicare l'avvenuta acquisizione di conoscenze anche nella loro organizzazione) costituisce un elemento nell'autovalutazione finale.

Capitolo 5

Difficoltà di apprendimento degli studenti e questionari concettuali

Già nella prima metà del XX secolo, grazie agli studi di Piaget sullo sviluppo cognitivo e ai lavori di Bachelard sugli ostacoli epistemologici e le differenze tra conoscenza comune e conoscenza scientifica, emersero le prime indicazioni sulle concezioni che gli studenti hanno sui fenomeni naturali; essi, in effetti, possiedono schemi interpretativi, idee e concezioni personali su svariati fenomeni appartenenti al mondo naturale. L'interesse verso tali concezioni alternative cresce negli anni Settanta del secolo scorso e la terminologia usata, per indicare tali concezioni alternative, varia da *preconception* (Ausubel 1968) a *misconception* (Doran, 1972) altri preferiscono termini come *conceptual frameworks* e di *alternative frameworks* (Easley, 1978). Dagli studi effettuati e riportati da Besson (2015) emerge che “già il bambino in età prescolare si forma modelli esplicativi e interpretativi personali, più o meno elaborati, dei fenomeni in cui è coinvolto sulla base della propria esperienza senso motoria.” Alcune di queste concezioni spontanee risultano essere radicate e persistono sino all'inizio dell'università, altre invece vengono abbandonate o accantonate durante la scuola secondaria superiore.

Tutte queste idee alternative possono influenzare l'apprendimento di determinati concetti. Alcuni autori (Clement, Brown e Zietsman, 1989) credono che queste idee, anche se non corrette, non necessariamente devono essere interpretate come ostacoli, bensì è possibile considerarle come idee ancora (*anchoring conceptions*) da cui partire per costruire nuove strutture concettuali e nuove conoscenze. Altri studiosi (Vosniadou, 1994; Rowlands et al., 2007) credono che queste idee molto spesso siano costruite ad hoc per poter dare risposta ad alcuni quesiti posti e come tali non sono concezioni preesistenti ben formate. Secondo DiSessa (1983), invece, gli studenti posseggono un insieme di strutture esplicative primitive, da lui chiamate *primitive fenomenologiche* (o *p-prims*), costruite per astrazione e generalizzazione di osservazioni fatte durante la vita di tutti i giorni. Inoltre si è osservato che alcune concezioni sembrano ricalcare i passi delle idee e teorie scientifiche del passato, si potrebbe quindi pensare a una similitudine fra lo sviluppo concettuale dell'allievo e quello della storia della scienza.

5.1 Cambiamento concettuale

L'interesse verso le concezioni alternative degli studenti portò, negli anni Ottanta del secolo scorso, a porre l'attenzione sui cambiamenti concettuali. Gli studiosi cercarono di capire in che modo favorire il passaggio dalla concezione difforme a una coerente con gli obiettivi d'insegnamento. In accordo con le idee piagetiane di *accomodamento* e *assimilazione* e le idee di Kuhn (1969) sui periodi rivoluzionari e quelli normali della storia della scienza, alcuni studiosi (Hewson, Strike, Posner, Bachelard) considerarono necessaria, per il cambiamento concettuale dello studente, una vera e propria personale rivoluzione scientifica che ha luogo attraverso un *conflitto cognitivo*.

Posner et al (1982) hanno elaborato un modello di cambiamento concettuale che si concentra sulle condizioni che portano ad accomodamenti radicali. Questa teoria si basa sulla creazione di un conflitto cognitivo e vengono specificate le condizioni necessaria affinché si realizzi il cambiamento: insoddisfazione della vecchia concezione, plausibilità e fecondità della nuova.

Negli anni Novanta l'impostazione basata sul conflitto cognitivo è stata criticata, osservando che provocare forti conflitti cognitivi può anche avere effetto negativo di rifiuto e disaffezione da parte dello studente.

Secondo Vosniadou (1994) si è data troppa importanza al conflitto cognitivo: la studiosa ritiene che l'apprendimento scientifico è un processo graduale in cui le strutture concettuali sono continuamente arricchite e ristrutturare. Inoltre la Vosniadou crede che i concetti risiedono in più ampie strutture teoriche riconducibili a due tipi: le *Framework theories*, che si sviluppano sin dalla prima infanzia e costituiscono i presupposti fondamentali ontologici ed epistemologici; le *Specific theories*, credenze riguardo le proprietà o i comportamenti degli oggetti che emergono dall'osservazione e/o sono trasmessi attraverso la cultura. Questi due tipi di strutture sono alla base della generazione di modelli mentali in risposta a domande riguardanti particolari situazioni.

Infine, DiSessa e Sherin (1998) credono che la nozione di "concetto" debba essere sostituita con costrutti teorici più accurati, i quali consentono di comprendere come funziona il processo di apprendimento. I due studiosi si concentrano sui processi cognitivi attraverso i quali è possibile acquisire informazioni dal mondo.

Fonti:

Ugo Besson, Didattica della fisica, Carrocci, 2015

Phil Scott, Hilary Asoko, John Leach, Student Conceptions and Conceptual Learning in Science,