

UFFICIO SCOLASTICO REGIONALE PER L'EMILIA-ROMAGNA
IRRE EMILIA-ROMAGNA

SCIENZE

*Ricerca sul curricolo
e innovazione didattica*

a cura di
MILENA BERTACCI

Contributi di:

*Nerino Arcangeli, Milena Bertacci, Luigi Catalano, Giancarlo Cerini
Villi Demaldè, Marta Gagliardi, Nella Grimellini Tomasini, Mariarosa Musiani
Antonio Testoni, Cristina Tioli, Angela Turricchia, Margherita Venturi*

tecnodid
EDITRICE

Il volume 'Scienze' è il risultato di un lavoro coordinato tra Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna e IRRE Emilia-Romagna, nell'ambito del progetto 'Gruppi di ricerca'. Il finanziamento è assicurato dall'USR E-R, nell'ambito dell'utilizzazione dei fondi 2004 per la formazione in servizio e dei fondi 2005 e 2006 della legge 440/97 per il sostegno all'autonomia scolastica.

Il Gruppo di ricerca è composto da:

Milena Bertacci (coordinatrice), Teresa Andena, Marzia Colonna, Villi Demaldè, Marta Gagliardi, Miria Gasperi, Nella Grimellini Tomasini, Mariarosa Musiani, Manuela Nerbano, Antonio Testoni, Cristina Tioli, Stefano Tommasini, Angela Turrichia, Margherita Venturi.

I testi del volume sono stati curati dagli autori che appaiono nell'indice e che sono riportati in testa ad ogni contributo.

Volume a cura di Milena Bertacci

Coordinamento scientifico del progetto di ricerca: Giancarlo Cerini, Nerino Arcangeli

Coordinamento redazionale: Maria Teresa Bertani

Editing: Maria Teresa Bertani, Angela Turrichia

Collana "I Quaderni dei Gruppi di ricerca USR e IRRE Emilia-Romagna"

Quaderno n. 8 - agosto 2007

La riproduzione dei testi è consentita previa citazione della fonte.

Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna
Piazza XX Settembre, 1 - 40121 Bologna - Tel 051 4215711
E-mail: direzione-emiliaromagna@istruzione.it; sito web: www.istruzioneer.it
Direttore Generale: Luigi Catalano
Ufficio V - Formazione, autonomia e iniziative editoriali
Dirigente: Giancarlo Cerini

Codice ISBN: 978-88-86100-31-1

Stampa Tecnodid editrice, Napoli, agosto 2007

Indice

Presentazione della collana 5
Luigi Catalano

Introduzione 6
Milena Bertacci

Parte I - Lo sfondo culturale di riferimento

La posizione del gruppo di ricerca 11
Marta Gagliardi, Nella Grimellini Tomasini, Antonio Testoni

Parte II - Percorsi di conoscenza

I progetti in atto 39
Milena Bertacci

Laboratorio di termologia 41
Cristina Tioli

Da una sensazione alla misura 62
Angela Turricchia

L'ebollizione e l'evaporazione dell'acqua 67
Antonio Testoni

Gli stati della materia e i passaggi di stato: un percorso sperimentale 79
Villi Demaldè

I passaggi di stato 87
Mariarosa Musiani

Luce e colore	95
<i>Margherita Venturi, Angela Turricchia</i>	
La combustione	102
<i>Antonio Testoni</i>	
Quanto è grande il Sistema Solare	111
<i>Angela Turricchia</i>	
Energia?	116
<i>Angela Turricchia</i>	
Bibliografia	121

Postfazione

Un 'ponte' verso nuove indicazioni nazionali	125
<i>Giancarlo Cerini, Nerino Arcangeli</i>	

Presentazione della Collana

UNA SCUOLA IN CAMMINO

*Luigi Catalano**

**Direttore Generale dell'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna*

Negli anni tra il 2004 e il 2006 si è sviluppata in Emilia-Romagna un'intensa attività di ricerca e formazione sui temi dell'innovazione nella scuola di base, promossa dall'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna in partenariato con l'IRRE Emilia-Romagna.

L'azione di 'ricerca' (in riferimento ai nuovi ordinamenti del primo ciclo e alle innovazioni curriculari nella scuola dell'autonomia) ha previsto la costituzione di sedici gruppi di lavoro (10 su temi di carattere disciplinare, 6 di carattere pedagogico-organizzativo), formati da insegnanti delle scuole impegnate nell'innovazione, da rappresentanti delle associazioni professionali e disciplinari dei docenti, da ricercatori dell'IRRE e dell'Università, da dirigenti tecnici.

L'obiettivo dell'iniziativa era triplice: sviluppare una riflessione critica sui contenuti culturali proposti dall'Amministrazione, commisurare le innovazioni con le migliori pratiche diffuse nelle scuole, affrontare le questioni della valutazione.

I sedici volumi che documentano le attività svolte sono il frutto di collaborazioni scientifiche tra i centri di ricerca didattica e universitaria e le scuole. Il raccordo fra teoria e prassi è garantito in particolare dall'USR E-R e dall'IRRE E-R, con la collaborazione delle associazioni professionali.

I risultati della ricerca dimostrano che il confronto aperto degli attori della ricerca sulle tematiche pedagogiche e su quelle disciplinari rappresenta un momento indispensabile di partecipazione e riflessione critica allo sviluppo della scuola, in relazione ad un territorio fertile dal punto di vista culturale ed educativo come è quello dell'Emilia-Romagna.

La ricchezza delle pratiche innovative, le proposte sul curricolo e sulle costanti pedagogiche che sottendono i modelli didattici di una scuola di eccellenza acquistano un significato pregnante per la costruzione di un curricolo per le scuole dell'Emilia-Romagna, ma si propongono anche come idee, indicazioni e riflessioni utili per il contesto nazionale. Solo la pluralità delle migliori intelligenze potrà contribuire alla costruzione di una scuola aperta e flessibile, accogliente ed equa, in linea con gli orientamenti europei.

Sommessamente, è questo il messaggio positivo che vorremmo diffondere con la pubblicazione della collana dei quaderni di ricerca sul curricolo.

INTRODUZIONE

Milena Bertacci*

**Ricercatrice IRRE E-R, Coordinatrice del Gruppo Regionale di Ricerca 'Scienze'*

Il presente Quaderno dà conto, in forma essenziale, di un percorso di ricerca sulla didattica delle Scienze sviluppato nell'ambito del Progetto regionale di comunicazione-formazione-ricerca-monitoraggio sull'attuazione della legge n. 53/2004 – e conseguente decreto legislativo n. 59/2004 – promosso dall'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna.

I protagonisti del percorso sono un gruppo di docenti (di scuola primaria e secondaria, ma anche di area universitaria) disponibili a mettersi in gioco, attraverso un confronto a più voci, sulle strategie e sui repertori didattici emergenti dalle buone pratiche attivate dalla scuola regionale e rivisitati nell'ottica della ricerca sulle didattiche disciplinari.

Il libro si articola in due parti.

La prima rappresenta una riflessione sullo stato dell'arte e sullo sfondo culturale di riferimento, che ci è sembrato opportuno richiamare per innestare, su una linea di senso condivisa, il lavoro di progettazione curricolare e di ricerca in atto in molte scuole protagoniste di buone pratiche nella didattica delle scienze. Questo capitolo intende esplicitare la posizione del gruppo di ricerca, sia rispetto alla visione di Scienza e di Educazione alla Scienza condivise dal gruppo, sia rispetto ai processi di apprendimento ed alle strategie didattiche, sia infine rispetto all'individuazione di elementi utili ricavabili dalla lettura delle indicazioni normative.

La seconda parte si incentra sui problemi dell'insegnamento/apprendimento nella realtà della classe, contiene esemplificazioni, esperienze, 'modelli' rappresentativi di operatività didattica.

Infine il volume raccoglie un'articolata bibliografia che rappresenta un'opportunità di approfondimento.

Costituzione del Gruppo di ricerca e condivisione del Progetto

È apparso chiaro fin dall'inizio che la costituzione di uno spazio regionale di ricerca e studio sulla didattica delle scienze, se voleva essere di qualche efficacia e utilità, avrebbe dovuto sviluppare azioni di sostegno e di accompagnamento sul versante scolastico, creando momenti di raccordo tra il Gruppo di ricerca regionale e l'azione di ricerca sviluppata sul territorio da parte della scuola in azione, evitando il più possibile il rischio dell'autoreferenzialità.

Dopo aver colto e precisato il senso complessivo della ricerca, il Gruppo ha definito un protocollo operativo che ha contemplato i seguenti segmenti di approfondimento:

- *i documenti* – analisi e interpretazione dei documenti ufficiali a partire da una lettura approfondita dei testi relativi alla Riforma (L. 53/2003, Indicazioni, Raccomandazioni, PECUP, posizioni espresse dalle Associazioni disciplinari...);
- *gli scenari* – messa in comune della letteratura più significativa relativa ai temi oggetto di indagine e predisposizione di una bibliografia mirata;
- *le prassi* – raccolta e discussione di alcune buone pratiche di ricerca attivate dall'esperienza delle scuole.

I componenti il gruppo (la cui costituzione è venuta parzialmente a modificarsi in corso d'opera) si sono fin da subito confrontati sul ruolo dell'insegnamento scientifico nella realtà della società e della scuola contemporanea. Infatti, l'area disciplinare che definiamo Scienze ha una complessità fondativa, concettuale ed epistemologica quanto mai articolata in discipline diverse, ciascuna delle quali possiede un proprio 'statuto' epistemologico che via via è venuto storicamente modificandosi. Ci si è chiesti quale idea di scienza il gruppo potesse condividere e, al contempo, da quale modello di apprendimento partire per costruire un primo sfondo comune di riferimento, tenuto conto anche dello sviluppo del curriculum scientifico.

Un paradigma trasversale tipico del metodo scientifico in cui i componenti il gruppo si sono riconosciuti è l'approccio sperimentale, che privilegia una didattica euristica, esplorativa, interrogativa. Dal gusto di cercare risposte a domande 'vere' di conoscenza sboccia l'approccio scientifico.

Ci si è confrontati a lungo su quelle che potrebbero essere alcune matrici/elementi trasversali condivisibili, in via del tutto esemplificativa si citano alcuni di questi punti di vista irrinunciabili rispetto al contributo che la didattica delle Scienze può immettere nella formazione dei giovani:

- offrire un approccio fenomenologico al processo di costruzione della conoscenza;
- portare nel curriculum scientifico la dimensione della problematicità, predisponendo contesti, situazioni, esperienze mirate e rapportate al livello di età;
- sviluppare 'una prudente confidenza con il mondo dei viventi', sollecitando curiosità, interesse, contatti;
- stimolare nei ragazzi un orientamento esplorativo e interrogativo sulla realtà, trasformando 'guardare' in 'vedere';
- potenziare modi di pensare sistemici e procedere a uno sfrondamento 'saggio' dei contenuti;
- sviluppare il ricorso alle attività sperimentali ed aiutare i ragazzi a porsi domande vere, piuttosto che a dare risposte giuste.

Attraverso la discussione e il confronto, il Gruppo ha cominciato ad elaborare un primo sfondo di riferimenti culturali in cui riconoscersi e attorno ai quali sviluppare una propria identità. A partire dall'idea di Scienza condivisa, si è sviluppato un vivace confronto su elementi di problematicità didattica ritenuti rilevanti e significativi.

Si fornisce qualche esempio di problematizzazioni sviluppate dal gruppo:

- *Quale rapporto intercorre tra l'esperienza diretta e la conoscenza disciplinare?*
- *Come la scuola può raccogliere/documentare i saperi comuni e favorire/motivare il passaggio e l'integrazione con i saperi disciplinari?*
 - *Se è vero che va il più possibile favorita una didattica che parta dai problemi, piuttosto che dalle discipline, come si innesta uno 'sguardo disciplinare' sulle esperienze e sulla curiosità dei ragazzi?*
- *Quale il legame che si instaura tra apprendimento disciplinare e abilità trasversali?*
- *Come si individuano gli organizzatori cognitivi per la formazione di una rete concettuale in ambito scientifico?*
 - *Come si pone la mediazione del docente tra cultura, discipline, realtà, allievo e strutture cognitive?*
 - *Si può costruire un thesaurus di competenze essenziali per l'apprendimento scientifico?*
 - *Come aiutare i docenti a operare scelte significative e favorire il passaggio dalla quantità alla qualità?*
 - *Se è vero che si può parlare di metodo scientifico in generale, come si possono differenziare gli approcci all'interno di ciascuna disciplina del comparto scientifico?*
 - *Come si sviluppa nella scuola una pratica reale di utilizzo del laboratorio per arricchire le esperienze e la curiosità dei ragazzi?*
 - *Quali sono i repertori linguistici che vanno favoriti nelle diverse fasce d'età? (Infatti, il docente deve favorire (con gradualità) modellizzazioni, a partire dall'esperienza e dalle conoscenze di senso comune dei ragazzi, per poi approdare ad una conoscenza formalizzata, che tuttavia non dovrebbe mai apparire astrusa e troppo distante dalla loro realtà esperienziale e cognitiva).*

Attraverso un confronto aperto e dialettico si è data priorità all'individuazione di punti di problematizzazione piuttosto che costruire una mappa rigida di visioni teoriche e certezze metodologiche e operative. I casi e le esperienze presentati hanno consentito di controllare direttamente sulle prassi gli elementi di convergenza e anche, talvolta, le inevitabili dissonanze, assunte dal Gruppo di ricerca come una forma stimolante di ricchezza culturale e didattica.

Per una nuova didattica delle discipline scientifiche

Il Gruppo di ricerca si è necessariamente misurato con l'idea di scienza sviluppata dal pensiero contemporaneo. Tale idea ha rinunciato da tempo a una visione apodittica del sapere, per privilegiare invece una visione evolutiva e rivedibile del processo scientifico. Le rivoluzioni scientifiche che si sono succedute nel Novecento e la conseguente rottura dei paradigmi epistemologici tradizionali hanno, infatti, contribuito ad elaborare un'idea di scienza non più come scoperta e collezione di verità assolute, bensì costruzione di modelli e teorie in continua evoluzione.

Non sempre la didattica ha saputo tradurre le nuove visioni della scienza in strategie operative coerenti, in grado di coinvolgere l'interesse dei giovani. Negli ultimi decenni, infatti, molte ricerche hanno evidenziato l'inefficacia dell'insegnamento scientifico e ne hanno individuato la causa principale nella lontananza tra le conoscenze scientifiche insegnate, da una parte, e le concezioni spontanee e le strutture cognitive degli studenti, dall'altra.

Anche l'indagine PISA – *Project for International Student Assessment*, sull'apprendimento scientifico nei vari Paesi europei, promossa dall'OCSE, ha evidenziato per gli studenti italiani risultati (478) inferiori alla media (500). L'analisi dei risultati mostra che le omissioni di risposta sono una delle cause principali del basso punteggio: gli studenti italiani non rispondono prevalentemente a domande a risposta aperta nelle quali è richiesto di argomentare, confrontare, discutere dati e opinioni. Secondo Michela Mayer, coordinatrice dell'indagine “*Non si tratta quindi di mancanza di conoscenze di base o di mancanza di abitudine ai test (nelle risposte a scelta multipla le medie si avvicinano a quelle internazionali), ma di difficoltà ad applicare le conoscenze scientifiche a situazioni concrete unite a mancanza di abitudine ad esprimere e argomentare la propria opinione utilizzando concetti e processi scientifici?*”.

Molti studiosi hanno variamente insistito sull'opportunità di rappresentarci il processo di costruzione della conoscenza come un fenomeno teso a consolidare strutture generative essenziali autocostruite dal soggetto, in quanto la conoscenza si pone come risoluzione attiva dei problemi (Dewey), costruzione di strutture fondamentali (Bruner), capacità di apprendere ad apprendere (Ausubel), azione interiorizzata (Piaget).

Da più parti ci si interroga su come tradurre in percorsi e strategie didattiche efficaci gli stimoli provenienti dalle nuove visioni delle scienze consolidate negli ultimi decenni. In un contesto scolastico, l'approccio scientifico si sviluppa dal gusto di porre domande e dal piacere di formulare ipotesi per possibili risposte, da un'osservazione guidata e ragionata della realtà, dal coinvolgimento in esperimenti compatibili con l'età dei ragazzi, dal modo come vengono declinati gli obiettivi specifici della disciplina nella trama dei saperi e delle competenze già elaborati. Si concorda sul fatto che per sviluppare conoscenza (e competenza), soprattutto nelle discipline scientifiche, occorre partire dalla costruzione di esperienze significative e dagli stimoli di riflessione che da esse possono scaturire.

L'età degli alunni della scuola primaria suggerisce un approccio di tipo fenomenologico alla didattica delle Scienze volto a osservare alcuni semplici fenomeni che fanno parte dell'esperienza spontanea e quotidiana, per poi passare a primi elementi di oggettivazione, generalizzazione e formalizzazione.

L'educazione scientifica dovrebbe mirare alla costruzione di una ‘*mente ben fatta*’ in grado di interpretare gradualmente la realtà attraverso i concetti peculiari della conoscenza scientifica, ma sempre nella consapevolezza che al realizzarsi delle reti cognitive contribuiscono i diversi saperi e che è dunque necessario sviluppare la capacità di cogliere nessi e relazioni tra diversi fenomeni, assumendo anche un'ottica interdisciplinare. Nel Gruppo di lavoro sono stati soprattutto i docenti di scuola primaria ad insistere per un ‘passaggio morbido’ verso gli strumenti e le categorie proprie di una dimensione disciplinaristica dell'insegnamento scientifico.

Dalla fine degli anni '60, questa nuova concezione scientifica e culturale, tesa a scoprire relazioni significative tra discipline un tempo separate, ha trovato conferma nella nuova visione epistemologica che ha contribuito in modo determinante a rompere il tradizionale isolamento delle discipline e a costruire “*concezioni organizzatrici che permettono di articolare i domini disciplinari in un sistema teorico comune?*” (Morin).

Al centro del curriculum (e in particolare nel curriculum scientifico) c'è il soggetto, la persona che costruisce, anzi autocostruisce, il suo percorso di apprendimento. Il grande spostamento nel *focus* della progettazione curricolare è appunto dalle discipline o dai saperi al soggetto che quei saperi deve legare e interiorizzare. Accanto all'asse portante delle discipline, che restano il fulcro culturale del curriculum, si affianca quello che Lucio Guasti ha chiamato asse o *'criterio antropologico'*, vale a dire l'indiscussa *centralità del soggetto che apprende*. In quanto, scrive il nostro autore, *"al curriculum tradizionale è mancata l'intenzione di mettere il soggetto nella condizione di essere un protagonista della sua cultura cioè di imparare a liberare le sue 'energie vitali'. Si è pensato che un buon corso di studi con buoni contenuti fosse, di per sé, sufficiente a formare un buon allievo. Non è così e la storia dimostra che il cambiamento nella direzione del protagonismo del soggetto è diventato un nuovo imperativo categorico della formazione"*.

Oggi il binomio insegnamento/apprendimento appare nella sua reale natura di processo che coinvolge il soggetto e le sue esperienze. Si tratta di imparare a imparare lungo l'arco dell'intera vita; tutti gli studiosi insistono sull'opportunità di costruire ambienti educativi nei quali siano curate la dimensione laboratoriale e l'esplorazione della realtà, come spazi emblematici dove è possibile porsi domande significative, guardare le cose con occhi nuovi, avanzare ipotesi, costruire interpretazioni a partire dai dati osservati.

Ci piace pensare che questo Quaderno possa contribuire ad alimentare il dialogo e il confronto tra quanti – docenti e ricercatori – si sentono, a pari titolo, impegnati in un processo di rinnovamento didattico e culturale dell'insegnamento delle Scienze.

Parte I

Lo sfondo culturale di riferimento

LA POSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA

*Marta Gagliardi**, *Nella Grimellini Tomasini**, *Antonio Testoni***

**Dipartimento di Fisica, Università degli Studi - Bologna*

***Docente, Istituto Tecnico Industriale 'Copernico' - Ferrara*

In questa prima parte del Quaderno si è ritenuto opportuno e necessario esplicitare la posizione del gruppo di ricerca sia rispetto alla visione di Scienza e di Educazione alla Scienza che sta alla base delle diverse proposte di lavoro in classe che verranno prospettate nella Parte II, sia rispetto ai processi di apprendimento e alle strategie d'insegnamento alle quali verrà fatto esplicito riferimento. Particolare attenzione è stata dedicata al ruolo e al significato dell'intreccio fra conoscenza di senso comune e conoscenza scientifica, al ruolo di un approccio fenomenologico allo studio dei fenomeni naturali, al ruolo del linguaggio e ai processi di schematizzazione, modellizzazione e matematizzazione, nonché allo sviluppo longitudinale del curriculum. Concluderà questa parte una riflessione su una diversa prospettiva d'insegnamento, non più riferita al 'programma' ma basata su una visione di 'insegnamento per progetto'.

Visioni di Scienza e di Educazione alla Scienza

La nostra visione di Scienza e di Educazione alla Scienza è fortemente influenzata dalla consapevolezza della complessità della costruzione scientifica, evidenziata dai risultati dell'indagine storico-epistemologica nell'ambito della quale emerge la necessità di una continua riflessione critica sulla Scienza e sul fatto di come possano esistere diverse interpretazioni del corpo delle conoscenze scientifiche.

Percorriamo ora, in maniera molto schematica, il passaggio da una visione tradizionale di Scienza, ancora accreditata in molti contesti istituzionali, ad una visione di Scienza rivisitata alla luce dei risultati dell'attuale riflessione storico-epistemologica¹.

¹ C. Tarsitani, *Immagini di Fisica e insegnamento scientifico*, Comunicazione al X Convegno del Gruppo Nazionale di Didattica della Fisica, Milazzo (Messina), 1993.

Nella visione tradizionale, la Scienza è vista come un insieme di conoscenze dimostrate vere dai fatti sperimentali; per ogni contenuto di conoscenza esiste una formulazione univoca; il metodo scientifico porta alla scoperta di fatti certi; la conoscenza scientifica procede per accumulazione di conoscenze su conoscenze; il corpo stabilito di conoscenze non presenta problemi, non esistono questioni aperte, punti di vista diversi, tendenze contrastanti.

Come si riflette questa visione di Scienza sulla pratica d'insegnamento? Lo studente deve assistere passivamente all'esposizione dei contenuti; deve essere convinto dell'indiscutibile verità di tali contenuti, in quanto dimostrati veri dai fatti sperimentali; le esperienze di laboratorio (quando si fanno!) servono solo ad imparare a misurare grandezze già note e a confermare conoscenze già possedute; l'insegnamento scientifico porta a 'saperi' utili solo se si decide di proseguire nello studio delle discipline scientifiche; le conoscenze scientifiche sono conoscenze tecniche e specialistiche: la formazione culturale è centrata sulle discipline umanistiche.

Questa immagine di Cultura richiama alla memoria il noto problema affrontato da Snow negli anni '50, noto come il Problema delle due Culture, quella umanistica e quella scientifica, e del *gap* esistente fra l'una e l'altra. Purtroppo il problema è tuttora aperto e si riflette nella pratica d'insegnamento nella quale l'insegnamento umanistico è visto come insegnamento problematico, basato su presentazioni e discussioni di punti di vista diversi, anche contrastanti, mentre l'insegnamento scientifico è visto come insegnamento di nozioni, regole e procedure rigidamente stabilite e, per definizione, indiscutibili. A conferma di questa visione, possiamo citare due esempi tipici: il significato e il ruolo attribuito ai 'problemi' e il significato e il ruolo attribuito al 'laboratorio'. I problemi non sono reali strumenti/occasioni per condurre un'attività conoscitiva, ma sono semplicemente esercizi che richiedono l'applicazione di una formula per ottenere un risultato certo. Le attività di laboratorio si limitano, nella maggioranza dei casi, ad attività pratico-addestrative, totalmente separate da problemi conoscitivi: raramente il laboratorio è visto come '*spazio culturale*', come spazio privilegiato per tentare di formulare risposte a domande di conoscenza, per osservare e studiare fenomeni e riflettere sulla loro descrizione-interpretazione, come spazio nel quale teoria e pratica si compenetrano a vicenda.

Gli orientamenti della nuova epistemologia ci propongono una visione alquanto diversa da quella tradizionale. In tale visione le teorie scientifiche non sono solo strumenti di conoscenza, o sintesi di dati sperimentali, ma sono veri e propri modi di vedere il mondo, che determinano i fatti da osservare e da studiare, il linguaggio con il quale descriverli/interpretarli, i problemi da affrontare e quelli da tralasciare. La Scienza non procede per accumulazione di conoscenze, è caratterizzata da cambiamenti radicali in seguito ai quali le rappresentazioni dei fenomeni mutano, il linguaggio usato muta e gli scienziati non vedono più le stesse cose che avevano visto in precedenza. Non esistono osservazioni sperimentali indipendenti dalla teoria: gli esperimenti sono decisi e programmati mirando alla ricerca di risposte a domande di conoscenza che si

pongono all'interno di una determinata prospettiva teorica; in altre parole, i dati sperimentali sono 'carichi di teoria'. Le ipotesi e le teorie scientifiche non si basano solo sugli esperimenti: i criteri di scelta fra modelli o teorie alternative dipendono da molti fattori: è cioè messa in discussione l'idea che gli scienziati posseggano criteri razionali codificati, una volta per tutte, per respingere/accettare una teoria: i criteri di scientificità/oggettività sono una 'convenzione' stabilita e accettata all'interno della Comunità scientifica. Se il linguaggio scientifico ammette regole codificate in tempi di ricerca stabile, nei periodi di transizione verso nuove teorie il linguaggio si articola e si modifica, i concetti cambiano di significato e gli scienziati non parlano più delle stesse cose anche quando usano gli stessi termini. È inoltre discutibile l'esistenza di un metodo d'indagine scientifico che possa essere giustificato indipendentemente dalle conoscenze scientifiche del momento storico dato. Le stesse basi logiche del discorso scientifico hanno una dimensione ipotetica e congetturale: lo sviluppo storico della logica e della matematica ha mostrato che gli stessi criteri di rigore e dimostrazione sono storicamente connotati².

Nuove teorie emergono dalla capacità di alcuni scienziati di andare oltre i paradigmi accettati, di creare ipotesi che le teorie consolidate non fanno neppure immaginare e che le osservazioni, di per sé, non fanno intravedere. Quasi tutte le teorie fondamentali delle diverse discipline scientifiche hanno rappresentato una rottura, una discontinuità rispetto alle concezioni accreditate nelle diverse comunità scientifiche in un determinato periodo storico. In molti casi, la discontinuità è stata di tale portata da impedire la comunicazione tra gli innovatori e gli scienziati più anziani. La Storia della Scienza fornisce innumerevoli esempi di affermazione delle nuove teorie solo dopo la morte dei sostenitori dei paradigmi precedenti. È stato introdotto il concetto di 'riorientamento gestaltico' per indicare il fatto che i nuovi concetti spesso non si sono limitati ad ampliare la conoscenza, ma hanno determinato un modo radicalmente diverso di percepire la realtà³.

Comprendere la centralità, nello sviluppo della scienza, della problematicità intrinseca al processo di costruzione della conoscenza scientifica, pur senza arrivare a posizioni popperiane radicali, significa prendere consapevolezza della discontinuità e delle relative implicazioni pedagogico-didattiche: è sufficiente pensare a quale 'riorientamento gestaltico' abbiano dato origine, per esempio, le teorie di Galileo, Newton, Lavoisier e Darwin, per rendersi conto di come i concetti elementari dell'organizzazione specialistica delle discipline scientifiche sono tutt'altro che elementari sul piano epistemologico e psicologico.

Mentre nella concezione tradizionale della scienza, dogmatica e lineare, ogni nuovo concetto appare come un ovvio ampliamento di quelli precedenti, nella nuova concezione ogni nuovo concetto significativo è il prodotto del superamento di un ostacolo

² C. Tarsitani, op. cit.

³ T. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969.

epistemologico (Bachelard, 1972)⁴. Mentre, secondo la vecchia concezione, ogni concetto è di per sé evidente grazie alla sua collocazione in un ordinamento lineare della disciplina, nella seconda ogni concetto significativo può essere compreso nella misura in cui si collegano le connessioni e le discontinuità con le problematiche che ne hanno permesso l'invenzione (Bruner, 1996)⁵. Mentre la prima concezione contempla una struttura delle conoscenze scientifiche di tipo logico-deduttivo, grammaticale, linguistico, la seconda ipotizza un'organizzazione delle conoscenze di carattere problematico, contestuale e semantico, grazie all'utilizzo della storia e dell'epistemologia.

Quali conclusioni è possibile trarne sul piano pedagogico?

Per usare il linguaggio della filosofia della scienza, talvolta i bambini devono sottoporsi ad un mutamento di paradigma del loro modo di pensare. Rosalind Driver, ricordando l'affermazione di Planck: *“le nuove teorie non convertono la gente, ma semplicemente i sostenitori delle precedenti muoiono di vecchiaia”*, si pone una domanda importante: *“Se gli scienziati hanno una tale difficoltà a riformulare le loro concezioni del mondo, c'è da stupirsi che, talvolta, faticino a farlo i bambini?”*⁶.

Condividendo questa visione di Scienza, riteniamo che l'educazione scientifica debba consistere in un processo di costruzione di conoscenza che, partendo da modi di guardare ai fenomeni naturali caratteristici della conoscenza comune, porti gradualmente e sempre più consapevolmente gli allievi ad appropriarsi di nuovi modi di guardare il mondo, caratteristici della conoscenza scientifica. Tale costruzione deve avere innanzitutto un valore culturale, cioè consentire il raggiungimento esplicito di una visione della Scienza come una delle tante forme di conoscenza elaborate dalla specie umana nel corso della sua storia, caratterizzata da finalità e metodi specifici di descrizione/interpretazione della realtà. Riteniamo che tale visione possa essere pienamente e consapevolmente costruita solo in tempi lunghi, attraverso una formazione scientifica che parta dalla scuola primaria, se non da quella dell'infanzia, e prosegua fino alla secondaria superiore, attraverso un percorso coerente e progressivo, caratterizzato da livelli crescenti di consapevolezza.

Finalità di un'Educazione Scientifica di base

Da molto tempo sono indicati, come finalità dell'educazione scientifica, obiettivi di carattere generale quali il contribuire allo sviluppo nello studente di competenze osservative-logico-linguistiche. Questi obiettivi vengono in generale prospettati, non solo per le scienze, ma pure per tutte le discipline, come finalità fondamentali per contribuire alla formazione democratica del cittadino. Tuttavia, spesso queste finalità rimangono solo proclamazioni d'intenti che non trovano nessuna realizzazione nell'impostazione tradizionale dell'insegnamento.

⁴ G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, Laterza, Bari, 1978.

⁵ J. Bruner, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997.

⁶ R. Driver, *The pupil as scientist?*, The Open University Press, 1983. Traduzione italiana di G. Cavallini, *L'allievo come scienziato?*, Zanichelli, Bologna, 1988.

La visione di Scienza e di Educazione alla Scienza prospettate possono, a nostro parere, davvero contribuire allo sviluppo e al consolidamento di competenze trasversali fondamentali quali lo sviluppo di un pensiero critico e responsabile, di una forma mentis aperta e problematica ma rigorosa e di competenze di carattere logico-linguistico-comunicativo, quindi alla formazione democratica del futuro cittadino. Ma lo possono fare purché gli obiettivi specifici di conoscenza da indicare per la scuola di base siano selezionati, con criteri espliciti e condivisi, su diversi piani: disciplinare, cognitivo, didattico, epistemologico, culturale. A loro volta, gli obiettivi generali possono essere effettivamente realizzati purché siano stati formulati in maniera mirata, facendo riferimento al ruolo centrale di una efficace e consapevole attività di mediazione culturale.

In particolare la visione di Scienza condivisa dal Gruppo permette di sviluppare anche alcuni aspetti centrali di un'educazione alla democrazia, quali: l'apertura mentale, l'importanza del confronto e del dialogo, un atteggiamento non dogmatico e rigido, il coinvolgimento emotivo⁷, ecc.

Una delle caratteristiche della tradizionale impostazione manualistica circa l'insegnamento della Scienza è la quasi totale mancanza di un'idea di curriculum verticale⁸; anche per molti esperti di didattica delle scienze, ad ogni livello scolastico, a partire dalla scuola elementare, si dovrebbe insegnare 'un po' di tutto', ovviamente si aggiunge 'in modo adatto agli studenti di quel livello'. Ciò porta, in pratica, al fatto che gli argomenti trattati sono affrontati in modo tale da apparire allo studente privi di significato, sia dal punto di vista disciplinare, sia da quello culturale e, in particolare, estranei all'esperienza della vita quotidiana. La regola diventa la fretta, la superficialità, il nozionismo. Il risultato è la mancanza dello sviluppo di qualsiasi competenza o, ancora peggio, dello sviluppo di una qualsiasi dimensione del concetto di competenza. Nel passaggio da un livello scolastico all'altro si riparte sempre da capo, non esistendo competenze sulle quali costruire conoscenze.

Per realizzare un insegnamento culturalmente significativo sono, invece, necessari tempi lunghi, adeguati per ciascuna problematica affrontata⁹; se, viceversa, i tempi impiegati sono più simili a quelli degli spot televisivi, o detto in altre parole, sono quelli di un insegnamento nozionistico, trasmissivo, libresco dove compito principale dello studente è leggere e studiare a casa le pagine assegnate, come è immaginabile che resti nello studente qualche conoscenza e che si sviluppi contemporaneamente, seppur gradualmente, il piacere di capire?

⁷ R. Rorty, *Scritti sull'educazione*, La Nuova Italia, Firenze, 1996.

⁸ C. Fiorentini, *Quali condizioni per il rinnovamento del curriculum scientifico?*, in F. Cambi, *L'arcipelago dei saperi. Progettazione curricolare e percorsi didattici nella scuola dell'autonomia*, Le Monnier, Firenze, 2000, pp. 275-290.

⁹ È molto interessante l'articolo di S. Tamburini, *Cambiare la scuola in America*, in "Sapere", 1997, n. 5: viene presentato *Project 2061*, un progetto americano preparato per rinnovare radicalmente l'insegnamento scientifico-matematico-tecnologico. Tra le innumerevoli proposte avanzate, vi è un totale ridimensionamento degli aspetti formalizzati. In più punti si parla invece di *comprensione qualitativa*.

Indubbiamente una delle caratteristiche dell'insegnamento scientifico dovrebbe essere quella di sviluppare nello studente una *forma mentis* logico-critica rigorosa. Infatti, una qualsiasi disciplina scientifica ha una sua organizzazione speciale, caratterizzata da specifiche relazioni fra concetti e da un proprio lessico; quando le parole che si usano sono quelle utilizzate anche nella vita quotidiana, le stesse parole possono assumere, nel contesto disciplinare, significati che potrebbero non avere nulla in comune, o addirittura essere in contraddizione, con i significati che avevano nell'ambito della conoscenza di senso comune.

Lo studente potrà gradualmente sviluppare questa *forma mentis*, questo nuovo *modo di vedere il mondo* soltanto se potrà gradualmente costruire, durante tutto l'arco scolare preuniversitario, almeno alcuni aspetti fondamentali della disciplina adulta, se si troverà nella situazione di vivere situazioni problematiche – sul piano sperimentale e/o teorico e/o culturale e/o sociale – che lo porteranno a comprendere l'utilità, o la necessità, o la possibilità di una nuova ipotesi, di un nuovo concetto, di un nuovo linguaggio, di un modello, di una legge, di un principio, di una teoria più generale. Se, viceversa, tutto ciò gli viene proposto nella modalità usuale dei manuali, in modo asettico, non contestuale, non problematico, già ripulito e rifinito, il risultato, nella mente dello studente, non è il rigore, la razionalità, la logica, ma la mancanza di significato (di senso) e quindi la noia e il rifiuto.

Bruner ci ricorda costantemente la fondamentale importanza del '*fare senso*', che "*senza il conferimento di un significato non ci può essere linguaggio, né mito, né arte – e non ci può essere cultura... I significati permeano le nostre percezioni e i nostri processi di pensiero in un modo che non esiste in nessun'altra parte del regno animale... Per capire bene il 'significato' di qualcosa è indispensabile la consapevolezza dei diversi significati che possono essere attribuiti alla cosa stessa, indipendentemente dal fatto che si concordi o meno con esso*"¹⁰. Inoltre "*le epistemologie attuali tendono ad assumere al centro una precisa connotazione interpretativa, anti-riduzionistica e disponibile ad un pluralismo metodologico, nutrita di coscienza storica e capace di cogliere, al di là della semantica e della sintassi, anche il 'senso' di ogni sapere*"¹¹.

Per accedere alla conoscenza in ambito scientifico, i termini e i concetti non possono essere trattati come se fossero venuti alla luce nel modo in cui sono presentati usualmente nei manuali, '*decontestualizzati, liberati di ogni ambiguità*', sterilizzati, ormai senza vita e senza significati. "*Comprendere una cosa in un certo modo è giusto o sbagliato solo nella particolare prospettiva dalla quale la si considera. Ma la correttezza di una particolare interpretazione, pur dipendendo dalla prospettiva in cui si colloca, implica anche il rispetto di regole quali quelle della dimostrazione, della concordanza e della coerenza. Non tutto è accettabile. Esistono criteri intrinseci di giustezza, e la possibilità di interpretazioni diverse non le autorizza tutte indiscriminatamente*"¹².

¹⁰ J. Bruner, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997, p. 179, 27.

¹¹ F. Cambi, *La complessità come paradigma formativo*, p. 142.

¹² J. Bruner, op. cit., p. 27.

Ogni problematica importante ha infatti bisogno di tempi molto lunghi per essere acquisita in modo significativo, per diventare competenza; ciò implica considerare le variabili tempo e quantità dei contenuti in modo responsabile e non demagogico. *“Questo tipo di ragionamento a sua volta implica che l’obiettivo dell’istruzione non sia tanto l’ampiezza, quanto la profondità”*. Considerazioni di questo tipo erano presenti anche nel documento conclusivo della Commissione dei Saggi ed erano rivolte all’insegnamento di tutte le discipline scolastiche¹³. Programmi di alto livello culturale non sono quei programmi che fanno riferimento a tutti gli aspetti fondamentali dell’enciclopedia scientifica, ma quelli che, effettuando scelte precise, propongono una quantità di contenuti effettivamente compatibili con un insegnamento che ha bisogno di tempi lunghi. Questa esigenza è, a nostro parere, imprescindibile, sia nella scuola di base sia nella scuola secondaria di secondo grado. *“Il nemico della riflessione è il ritmo a rotta di collo”, “le mille immagini”*. In un certo senso, più profondo, possiamo dire dell’apprendimento, e in particolare dell’apprendimento di materie scientifiche, quello che diceva Mies van der Rohe a proposito dell’architettura: *‘il meno è più’*.

Le considerazioni prima espresse implicano una radicale revisione dell’idea di programma e un’attenta riflessione sui criteri alla base di una progettazione curricolare longitudinale, sia per quanto riguarda l’insegnamento scientifico nella prima fase della scolarità (scuola di base) sia nella seconda fase (scuola secondaria superiore).

Le implicazioni che derivano dalle precedenti considerazioni sono quelle di evitare, nella prima fase di scolarità, un’impostazione strettamente disciplinare dell’insegnamento delle materie scientifiche, peraltro ampiamente diffusa in tutti i livelli scolastici. La formalizzazione delle conoscenze (leggi, principi, teorie) propria della struttura specialistica delle discipline scientifiche, dovrebbe essere introdotta nel primo biennio della scuola secondaria di secondo grado, in quanto la comprensione di conoscenze formalizzate presuppone sia l’acquisizione di specifiche conoscenze e competenze di tipo fenomenologico, sulle quali si dovrebbe concentrare la scuola di base, sia lo sviluppo di determinate competenze operativo-logico-linguistiche. Quando è in gioco la scelta di un percorso didattico, non è detto che le scelte più ragionevoli siano solo quelle dettate dalla logica interna alla disciplina. Tutti noi siamo stati allevati all’idea che le discipline scientifiche, ed in particolare la matematica, la fisica, la chimica, richiedono una presentazione rigorosamente concatenata sulla base di rigide propedeuticità, e questa non è certo un’abitudine alla quale gli insegnanti rinuncino facilmente. Siamo però consapevoli che questa concatenazione è frequentemente il risultato di una sistematizzazione a posteriori, accettata per consuetudine, rassicurante; troppo spesso, però, essa

¹³ *“Elemento cruciale per l’apprendimento è dato dalla qualità delle esperienze che insegnanti e studenti realizzano in relazione alle aree di studio... L’istruzione non può e non deve mirare ad essere enciclopedica. Sezioni diverse del sistema scolastico hanno livelli e scopi diversi, ma in ognuna di esse la regola dovrebbe essere l’insegnamento di alcune cose bene e a fondo, non molte cose male e superficialmente: si deve avere il coraggio di scegliere e di concentrarsi?”*. (R. Maragliano, *Sintesi dei lavori della Commissione tecnico-scientifica*, in “Le conoscenze fondamentali per l’apprendimento dei giovani nella scuola italiana nei prossimi decenni. I materiali della Commissione dei Saggi”, Le Monnier, Firenze, 1997, p. 78).

ignora la complessità dei fenomeni analizzati, le motivazioni che hanno spinto il ricercatore, la ricchezza della fase della scoperta. Tutto ciò, se è vero per la storia della scienza, non è meno rilevante per il processo individuale di costruzione di conoscenza, al punto che un insegnamento basato solo sulla trasmissione di un sapere già strutturato può costituire un ostacolo, a volte insormontabile, al processo di apprendimento e, più in generale, può non contribuire significativamente ad una educazione scientifica dell'individuo né, tanto meno, ad infondere motivazione o passione e desiderio per lo studio di tali discipline.

“Qualunque insegnante sensibile ai modi in cui il pensiero opera nell’esperienza naturale del ragazzo [...] riconoscerà che quella specie di elaborazione logica che contrassegna la materia trattata nello studio della maturità non è l’unica possibile e quella specie di organizzazione che si trova nel materiale scientificamente elaborato è di fatto indesiderabile finché la mente non abbia raggiunto un grado di maturità capace di comprendere perché si adotta proprio questa forma piuttosto che un’altra. In realtà, ciò che è strettamente logico dal punto di vista della materia trattata rappresenta le conclusioni di una mente esperta ed educata. L’unica maniera in cui una persona può raggiungere la capacità di fare deduzioni accurate, classificazioni penetranti e generalizzazioni comprensive, sta nel pensare in modo vigile ed attento al livello in cui essa presentemente si trova”¹⁴.

Conoscenza scientifica e conoscenza di senso comune¹⁵

Come appare lecito parlare di conoscenza scientifica, appare pure lecito parlare di conoscenza di senso comune, intendendo con ciò fare riferimento ad un insieme di atteggiamenti conoscitivi e di asserzioni fattuali riguardanti aree di esperienza quotidiana, intesa nel senso più generale del termine, conoscenza che risulta essere socialmente condivisa, indipendentemente da ogni istruzione scolastica.

Definire metodi e contenuti della conoscenza di senso comune appare più arduo di quanto possa esserlo nel caso della conoscenza scientifica accreditata, anche perché la conoscenza di senso comune è, per sua natura, implicita: essa non ha, fra i suoi scopi, quello di riflettere su se stessa. Gli individui, riguardo ai diversi ambiti di realtà con cui interagiscono, non si pongono infatti il fine di costruire teorie esplicite, controllabili, coerenti, esaustive come possono essere quelle che uno scienziato di professione utilizza, modifica o crea nel suo lavoro. Ma sia la conoscenza di senso comune sia la conoscenza scientifica sono prodotti della mente umana¹⁶, che si configurano come costruzioni socializzabili, in ambiti più o meno parziali e definiti di realtà, si strutturano attraverso un complesso insieme di processi che selezionano, raggruppano, pongono in relazione singoli aspetti di realtà: entrambe dunque intendono descrivere e spiegare fenomeni che vengono percepiti come ‘isolabili’ dal *continuum* della esperienza quotidiana.

¹⁴ J. Dewey, *Come pensiamo*, La Nuova Italia, Firenze, 1961.

¹⁵ Questo paragrafo fa ampio e puntuale riferimento al capitolo II del volume di N. Grimellini Tomasini e G. Segrè (a cura di), *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, Firenze, 1991.

¹⁶ A. Einstein, L. Infeld, *L’evoluzione della fisica*, 1938, Bollati Boringhieri, Torino, ristampa 2000.

Ci sono diversi tipi di fattori che orientano e determinano le scelte delle porzioni di realtà da ri-conoscere e ri-costruire, i modi per farlo e i risultati che si ottengono, sia per la conoscenza di senso comune sia per quella scientifica: le nostre caratteristiche biologiche (sistema nervoso, canali sensoriali con i loro vincoli percettivi), gli scopi che a volta a volta ci prefiggiamo, gli strumenti d'indagine a nostra disposizione... Se le caratteristiche biologiche sono più o meno le stesse per tutti gli umani, scienziati e non, scopi e strumenti d'indagine, che non siano i nostri sensi, differiscono significativamente nei due ambiti. Ne deriva che sono possibili diverse letture degli stessi fenomeni, dei loro aspetti, delle loro interrelazioni secondo gli ambiti. In ciascun ambito è richiesta una coerenza interna, ma le gerarchie di valori nell'individuazione di ciò che è necessario e ciò che è casuale, di ciò che è fondamentale e ciò che è accessorio, di ciò che è causa e ciò che è effetto sono diverse. A questo proposito riteniamo utile dare almeno un esempio dei modi diversi in cui, nell'ambito della conoscenza di senso comune e di quella scientifica, si possono costruire descrizioni/interpretazioni dello stesso fenomeno. Ci riferiamo al campo delle conoscenze biomediche nel quale non mancano certo numerosi esempi di situazioni in cui il vissuto quotidiano è interpretato, nei due ambiti, in maniere molto diverse, eppure ognuna internamente coerente e, a suo modo, soddisfacente. Si veda il caso delle cosiddette 'malattie da raffreddamento' per le quali esiste una diffusa conoscenza di senso comune che accentua gli aspetti fenomenologici soggettivi (prender freddo, aver bisogno di stare al caldo) e stagionali (quanto è strano prendere il raffreddore d'estate), contrapposta a quella scientifica che sottolinea il carattere di contagio virale nella causa di tali malattie. Vale a dire che, poiché durante l'inverno tali malattie sono più frequenti, è facile per la conoscenza comune collegarle con i fattori climatici, mentre per l'epidemiologo il fenomeno sta nel fatto che al chiuso e negli ambienti affollati il contagio è più probabile.

I codici di schematizzazione e di comunicazione che garantiscono la socializzabilità delle conoscenze sono i diversi tipi di linguaggio, ognuno con le sue regole più o meno rigide. Vi è differenza fra linguaggio naturale, tipico della conoscenza di senso comune, e linguaggi diversamente formalizzati, tipici della conoscenza scientifica, sia dal punto di vista della versatilità, sia da quello, antagonista, del rigore. Anche gli scopi della comunicazione sono molto diversi nell'ambito della conoscenza di senso comune e in quelli delle discipline scientifiche. Qualunque genitore, scientificamente acculturato, ha il diritto (o forse solo il buon senso!) di dire ai suoi bambini, in inverno, di mettere il cappotto, prima di uscire, per evitare di 'prendere freddo'. Sarebbe ridicolo parlare loro di dispersione del calore corporeo troppo grande, dato il forte gradiente di temperatura con l'ambiente esterno che creerebbe un abbassamento della temperatura del corpo incompatibile con una corretta cinetica delle reazioni biochimiche, oppure un'accelerazione dei processi metabolici compensativi troppo rapida per... Non c'è alcun dubbio che dire 'prendere freddo' è più che adatto a spiegare quello che si intende dire, in un codice di comunicazione perfettamente comprensibile che fa riferimento a specifiche sensazioni e a quanto si sa delle conseguenze che si possono avere sulla salute.

D'altra parte, poiché è inevitabile e necessaria una compresenza di linguaggio comune e di linguaggi scientifici, è nell'ambito scolastico che deve essere costruita la consapevolezza dei loro reciproci rapporti. Ad esempio, la rilevanza che ha la sensazione tattile nella nostra esperienza quotidiana fa sì che espressioni come la lana è calda o il marmo è freddo abbiano pieno diritto di cittadinanza anche nel linguaggio dell'adulto scientificamente alfabetizzato. Lo studente deve essere messo in grado di riconoscere i diversi domini di conoscenza e di pensare ed operare in maniera differenziata e consapevole in ciascuno di essi¹⁷.

Se è vero che ciascun individuo possiede una propria conoscenza di senso comune alla quale fa continuo riferimento nel processo di costruzione di nuove conoscenze, è altrettanto vero che anche lo studente, in quanto individuo, possiede fin dai primi anni di età un proprio bagaglio di esperienze/conoscenze. In altre parole, intendiamo affermare che esiste anche una scienza di senso comune dello studente, a cui è necessario fare riferimento e sulla quale, a partire dagli anni '80, si è sviluppato un ampio settore di ricerca nell'ambito di alcune didattiche disciplinari. L'esigenza di affrontare il problema come problema di ricerca è nata dal fatto che non era diffusa fra gli educatori la consapevolezza che, nei confronti di molti aspetti di realtà, lo studente possiede proprie idee, non di rado originali e comunque soggettivamente sensate, che spesso non coincidono né con quelle della scienza ufficiale, né con quelle che l'insegnante intende trasmettergli. I risultati di tali ricerche mostrano non solo che gli studenti posseggono proprie rappresentazioni mentali dei fenomeni naturali, ma anche che tali modi di guardare sono fortemente radicati nella mente degli studenti e resistenti al cambiamento tanto da persistere nel tempo e interagire in modo significativo con la scienza appresa a scuola. Ci possiamo quindi domandare che cosa avviene a scuola nell'interazione fra 'scienza dello studente' e 'scienza dell'insegnante', intendendo per scienza dell'insegnante quella particolare versione della conoscenza accreditata, mediata dai manuali e dalle proposte curriculari, selezionata e proposta dall'insegnante. Gilbert, Watts e Osborne¹⁸ prospettano, a questo proposito, cinque diverse situazioni: il punto di vista dello studente non viene sostanzialmente modificato dall'insegnamento; le rappresentazioni mentali possedute dagli studenti restano inalterate e quanto è 'insegnato' loro viene distorto e utilizzato per confermare tali rappresentazioni; le idee degli studenti che risultano dall'interazione sono un amalgama, ricco di contraddizioni interne, di idee scientifiche corrette e rappresentazioni mentali preesistenti; la visione scientifica del mondo, sostanzialmente respinta dallo studente, non viene usata se non in ambiente scolastico (sostanzialmente ai fini di una valutazione sommativa); l'alunno raggiunge una visione scientifica significativa e coerente che sa applicare al mondo in cui vive.

Il problema dell'interazione/confitto fra scienza dello studente e scienza dell'insegnante è comunque solo un aspetto particolare di una problematica più ampia che ri-

¹⁷ J. Solomon, *Learning about energy: how pupil think in two domains*, in "European Journal of Science Education", 1983, n. 1, pp. 51-62.

¹⁸ J. K. Gilbert, D. M. Watts, R. J. Osborne, *Concezioni degli studenti in meccanica*, in "La Fisica nella scuola", 1986, n. 2, pp. 122-128.

guarda l'interazione fra conoscenza di senso comune e conoscenza accreditata. Per schematizzare questa complessa interazione Pines e West¹⁹ prendono a prestito una metafora ideata da Vygotskij (utilizzata per descrivere l'interazione fra pensiero e linguaggio): “*Consideriamo i due tipi di conoscenza, (...) la conoscenza spontanea e quella formale, che hanno origini differenti. La conoscenza spontanea è il prodotto di uno sviluppo ontogenico relativamente lungo e interno ad una cultura, a sua volta all'interno di un ambiente fisico di esperienza; la conoscenza formale è un intervento pianificato dalla scuola. Non vi è una demarcazione netta, sono entrambe esperienze, tuttavia la conoscenza spontanea ha, per così dire, una base fenomenologica più intimamente sperimentata rispetto alla conoscenza formale imposta dall'autorità della scienza e sotto gli auspici di un sistema educativo.*”

Possiamo immaginare che ciascun tipo di conoscenza sia rappresentato da una pianta di vite: la conoscenza che nasce nell'individuo che apprende sarà una pianta che cresce verso l'alto (per sottolineare che è parte dello sviluppo organico dell'individuo); la conoscenza formale sarà una pianta che si sviluppa verso il basso (un'immagine che suggerisce l'imposizione dall'alto di una autorità sull'individuo)”.

Nella prospettiva costruttivista un apprendimento scientifico significativo è dunque visto come l'integrazione di questi due tipi di conoscenza, tipi diversi in quanto hanno origini differenti.

Attenendosi alla metafora di Vygotskij, l'apprendimento scientifico comporta che le due viti si intreccino in modo tale da perdere la propria individualità, nonostante la loro diversa origine. Prima che avvenga tale completa integrazione, tuttavia, nel momento in cui le due viti vengono a contatto, hanno grande importanza le origini dei due tipi di conoscenza. È possibile immaginare molte diverse situazioni che si possono realizzare quando le due viti entrano in contatto. Si va da una situazione di immediata affinità fra le due piante che ha come risultato un intreccio senza problemi e perciò rapido e completo, ad una situazione di rifiuto totale in cui fra le due viti non si realizza alcun intreccio.

Se la metafora ci appare molto appropriata per quanto attiene l'intreccio fra i due tipi di conoscenza, non altrettanto ci sentiamo di condividere la rigidità della contrapposizione fra le caratteristiche dei due tipi di conoscenza. È importante infatti sottolineare, oltre agli elementi di conflitto, anche gli elementi di continuità fra i modi delle spiegazioni di senso comune e quelli delle spiegazioni scientifiche, rintracciabili nel medesimo carattere evolutivo della conoscenza, nella coincidenza degli aspetti di realtà che si vogliono dominare, nell'identità dei canali d'interazione biologicamente determinati, nella continua dialettica che è necessaria fra i due campi.

Il lavoro dell'educatore dovrebbe mirare alla ricerca degli elementi di continuità che sono rintracciabili, da un lato, all'interno delle discipline, dall'altro, nelle strategie di base dell'apprendimento. Ciò per consentire un passaggio significativo, non necessariamente a piccoli passi, dalla conoscenza comune alle conoscenze disciplinari. In altre parole, è compito dell'insegnante progettare e realizzare con gli allievi percorsi didattici che partano e si sviluppino su quello che essi, momento per momento, sanno (vedere, dire, fare) in relazione ad aree fenomenologiche sufficientemente ricche di esperienza

¹⁹ A. L. Pines, L. H. T. West, *Conceptual understanding and science learning: an interpretation of research within a source-of-knowledge framework*, in “Science Education”, 1986, n. 5, pp. 583-604.

ed elaborazione già a livello di senso comune, percorsi che si articolano attraverso ristrutturazioni e ricostruzioni dei fondamenti delle varie discipline verso livelli di formalizzazione sempre più elevati.

Emblematica a questo proposito è la frase di Ausubel: “*Scopri quello che l’allievo conosce già e organizza di conseguenza il tuo insegnamento*”²⁰.

Processi di apprendimento e strategie d’insegnamento

Sulla base dei risultati delle ricerche condotte da alcuni ricercatori del Gruppo²¹ e di un’idea di D. Hawkins²², è stato elaborato uno schema di lavoro in classe, articolato in tre fasi, ciascuna delle quali caratterizzata da un particolare tipo di attività proposta agli allievi e da un particolare ruolo svolto dall’insegnante. Le fasi sono sequenziali e ricorrenti. Sebbene lo schema abbia alcuni punti in comune (prima fase) con il *learning cycle model* di Karplus, differisce da quello prevalentemente nelle due fasi successive.

La prima fase consiste sostanzialmente in una discussione in classe che, partendo da osservazioni dirette sui fenomeni, stimola l’allievo ad esplicitare, motivandole, le proprie idee e a metterle a confronto con quelle dei compagni. Questa fase viene chiamata ‘*pasticciamento*’ (Hawkins) perché offre all’allievo la possibilità di ‘*pasticciare con le scienze*’ dedicando un certo periodo di tempo ad un lavoro esplorativo durante il quale l’allievo osserva, fa previsioni, discute, progetta, costruisce, sperimenta, utilizza liberamente oggetti e materiali, sfruttando al meglio le conoscenze che già possiede. Durante questa fase l’allievo compie operazioni seguendo prevalentemente una propria logica interna e nell’ambito di un proprio modo di guardare al fenomeno, utilizzando le proprie conoscenze ed esperienze. In questa fase l’insegnante ha il compito fondamentale di ascoltare con attenzione e registrare fedelmente tutto ciò che succede nella classe, limitando i propri interventi a domande di chiarimento e a favorire il dialogo diretto tra gli allievi, creando situazioni che consentano a ciascun allievo di esprimere al meglio le proprie potenzialità. È in questa prima fase che dovrebbe trovare innesco una diversa dinamica di lavoro di classe e di lavoro di gruppo: una dinamica incentrata non sul ruolo dell’insegnante, ma sul problema che si sta affrontando.

La fase di *pasticciamento* viene molto spesso trascurata nella progettazione e nella attuazione di percorsi didattici perché considerata ‘tempo sprecato’. Essa richiede infatti per la sua attuazione un periodo di tempo non trascurabile, la cui durata può essere prevista solo approssimativamente poiché dipende da un intreccio di molti fattori, quali l’interesse per l’argomento, l’atmosfera che si sviluppa nella classe, il livello di creatività individuale e collettiva che stimola ad inventare cose nuove, la presenza o meno di allievi particolarmente motivati... Questa fase è invece, a nostro parere, molto importante, non solo per l’allievo al quale vengono offerte molteplici occasioni per

²⁰ D. P. Ausubel, *Educazione e processi cognitivi*, Franco Angeli, Milano, 1987.

²¹ CNR - Commissione Didattica, P. Guidoni (a cura di), *Rapporto di Ricerca, Per una Educazione Scientifica di base*, La Goliardica Pavese, Pavia, 1991.

²² D. Hawkins, *Imparare a vedere*, Loescher, Torino, 1974.

familiarizzare con i fenomeni considerati, ma anche per l'insegnante in quanto permette di raccogliere informazioni preziose sulle conoscenze possedute dagli allievi, sui loro modi di guardare alla realtà che li circonda, sulle loro rappresentazioni mentali del fenomeno che si è scelto di studiare.

Sulla base dei risultati raggiunti in questa prima fase, nasce la necessità di *'mettere un po' d'ordine'* nel lavoro svolto cercando di compiere un passo avanti nella costruzione di conoscenza sfruttando, con interventi opportunamente mirati da parte dell'insegnante, le molteplici occasioni che si presentano per invitare gli allievi a riflettere sul proprio modo di guardare ai fenomeni, in un continuo processo di ri-strutturazione delle idee e di ri-lettura dei fenomeni alla luce delle nuove idee. In questo senso la seconda fase può essere definita come una fase caratterizzata da un *'intervento esterno'* perché spetta appunto all'insegnante il compito di avviare un processo di ristrutturazione dei modi di guardare degli allievi e proporre attività adatte a favorire tale processo. Questa fase dovrebbe costituire per gli allievi una occasione per ri-vedere le proprie idee ed esperienze e ri-costruire la propria conoscenza secondo prospettive diverse, sfruttando tutte le potenzialità di un lavoro collettivo tra pari, in una dinamica di classe centrata sul fenomeno e orientata alla pianificazione e realizzazione di attività mirate alla sua descrizione/interpretazione. In questa fase il compito più delicato e impegnativo per l'insegnante è quello di individuare quali tipi di attività possano favorire gli allievi nell'attribuzione di significato ai concetti e, al tempo stesso, possano indirizzarli verso un nuovo modo di guardare al fenomeno, sempre più vicino a quello scientifico accreditato. Si tratta di creare situazioni nelle quali fornire stimoli di natura diversa: nuove chiavi di lettura, embrioni di concetti, stimoli di riflessione, suggerimenti metodologici, nuovi strumenti di indagine...

Alla fase di *'pasticciamento'* e a quella di *'intervento esterno'* fa seguito una fase di *'costruzione di reti concettuali'* nella quale i risultati ottenuti nelle due fasi precedenti vengono rilette nella prospettiva di ottenere un quadro nel quale le nuove idee assumano un significato più generale, consentendo una rilettura e una re-interpretazione del fenomeno studiato in una nuova prospettiva, più vicina a quella disciplinare e tale da consentire una riflessione sulle, e una giustificazione delle, descrizioni/interpretazioni date in precedenza. In questa fase l'insegnante ha il compito di progettare e mettere in atto, tenendo conto del livello di elaborazione delle idee e di problematizzazione dei risultati raggiunti dagli allievi, strategie di intervento volte ad evidenziare la ricchezza dei nuovi modi di guardare ai fenomeni, favorendo la costruzione di reti concettuali via via più complesse e potenti.

L'ordine delle fasi è sequenziale solo nel senso che non può svilupparsi nell'allievo l'esigenza di concentrarsi su un particolare problema, se prima non è stato messo nella condizione di cimentarsi liberamente con questo e di confrontare le proprie idee con quelle dei compagni e, ancor meno, l'allievo può essere disponibile nei confronti di nuove idee se prima non ha avuto la possibilità di difendere e controllare la validità delle proprie idee e riconoscerne gli eventuali limiti.

Le tre fasi hanno inoltre uno svolgimento ciclico nel senso che possono ripetersi più e più volte nel corso della stessa proposta didattica: per esempio, da una prima fase di *'pasticciamento'* possono nascere nuove idee, alla luce delle quali rileggere il fenomeno considerato, per arrivare alla formulazione di nuove previsioni (seconda fase) a partire dalle quali avviare una nuova fase di *'pasticciamento'*, naturalmente a livello più avanzato.

Osservare un fenomeno e impegnarsi in libere esplorazioni della realtà che ci circonda potrebbe rappresentare, di per sé, un'attività più o meno ludica, anche se irrinunciabile almeno ai primi livelli di scolarità, ma non essere sufficiente per innescare un processo significativo di costruzione di conoscenza o, usando un'altra terminologia, un processo di concettualizzazione. Ciò che dei fenomeni dovrebbe principalmente interessare, al di là del primo momento, non è il loro aspetto magico o spettacolare, ma la loro dimensione problematica, la rete di connessioni e ipotesi che può essere costruita a partire da un'osservazione prima libera e, successivamente, guidata. Ciò non sta nella immediatezza dell'esperienza, ma viene dalla riflessione sull'attività svolta, che dovrà essere realizzata per mezzo di un'attenta e costante opera di mediazione cognitiva e didattica nella quale il linguaggio svolge un ruolo fondamentale. È, infatti, il linguaggio che permette l'effettuazione di quelle attività cognitive, come descrivere, rappresentare, individuare differenze e somiglianze o relazioni e connessioni causali, classificare, definire, ecc. che possono produrre significatività e consapevolezza delle relazioni fra grandezze che caratterizzano una determinata fenomenologia e che permettono quindi di concettualizzarla²³.

Riteniamo, in particolare, che l'allievo, durante e dopo le diverse attività, debba essere impegnato, con continuità e a livello sia di gruppo sia personale, in un'attività di riflessione mirata che lo porti a *'mettere in forma'* le sue conoscenze in modo strutturato, il più possibile completo e coerente, per essere comunicate ad altri (l'insegnante, la classe). Nel corso della scuola di base si potrà passare da disegni infantili a schemi e a rappresentazioni grafiche via via più elaborate e, soprattutto, da verbalizzazioni orali a relazioni scritte. Nel processo di concettualizzazione, la verbalizzazione scritta individuale ci sembra infatti un aspetto prioritario ed ineliminabile, in quanto, diversamente dalla discussione di gruppo o di classe, la verbalizzazione scritta impegna l'allievo ad un lavoro personale di *'messa in forma del mondo'* che si sta osservando, filtrando attraverso le proprie strutture cognitive le conoscenze acquisite nell'esplorazione dei fenomeni e nel confronto fra pari e con l'insegnante.

Solo se a ciascun allievo viene dato modo di riflettere, a livello personale, sulle proprie rappresentazioni mentali e sulle proprie strategie di ragionamento, il confronto e la discussione collettiva diventeranno strumenti decisivi sia nel processo di costruzione di conoscenza sia nel potenziamento della motivazione.

Nel quadro che abbiamo appena delineato, come dobbiamo considerare il ruolo del laboratorio e degli esperimenti?

²³ L. S. Vygotskij, *Pensiero e linguaggio*, Giunti Barbera, Firenze, 1969.

Riteniamo, come già detto, irrinunciabile la scelta della partecipazione attiva degli alunni nelle attività in classe e del contatto diretto con le cose. Riteniamo, tuttavia, necessario prendere le distanze da alcuni aspetti dell'attivismo che hanno sicuramente contribuito, nonostante le nobili intenzioni, al suo discredito e alla sua sconfitta. Nel movimento attivistico, l'attività di sperimentazione, l'attività concreta, l'attività in prima persona da parte dell'allievo sono diventate spesso dei fini; sono state trascurate le attività di riflessione, di concettualizzazione; è stata sottovalutata in modo notevole la dimensione linguistica.

Nell'ipotesi da noi prospettata, il primo approccio, osservativo-manipolativo, rimane imprescindibile, ma non è detto che debba sempre costituire la fase più impegnativa né temporalmente né come impegno cognitivo richiesto allo studente: *"L'agire con le mani deve essere sempre accompagnato dall'agire con la mente, l'agire con la mente può essere accompagnato dall'agire con le mani"*²⁴.

Gli esperimenti devono servire a porre concretamente i fatti, cioè determinate fenomenologie, davanti agli occhi e alla mente e non a rappresentare la conferma o l'illustrazione di un qualche concetto spiegato precedentemente dall'insegnante.

La concettualizzazione avviene con le modalità già indicate, che sono caratterizzate dal ruolo centrale dello studente, dal ruolo decisivo, nella costruzione della conoscenza, della sua attività intellettuale e linguistica, realizzando un passaggio graduale da rappresentazioni intuitive, irriflessive ed asistematiche a rappresentazioni consapevoli e coerenti.

Fornire i parametri di osservazione prima di iniziare l'analisi del fenomeno è limitativo, è sicuramente più efficace una metodologia che permetta agli studenti stessi di evidenziare che cosa è significativo attraverso un confronto che si sviluppa all'interno della classe (la scienza è anzitutto una costruzione condivisa). Gli studenti non dovranno/potranno sempre (e per forza) arrivare a comprendere da soli quali sono, fra le variabili in gioco in una data situazione sperimentale, tutte e sole quelle che devono essere prese in considerazione per rispondere al particolare problema conoscitivo che si sta affrontando. Sarà l'insegnante a dover decidere se, quando, e come intervenire per guidarli nelle attività sperimentali (sui diversi piani che vi sono intrecciati: osservazione, azione, discussione e riflessione), operando la funzione di mediazione, che Vygotskij situa nella zona di sviluppo prossimale, necessaria per raggiungere consapevolmente un livello di conoscenza altrimenti non attingibile. Questo implica che non si deve pretendere di arrivare subito ad un modo, scientificamente accreditato, di guardare al fenomeno: tutti possono portare contributi. Se si vuole che gli studenti diventino attori del processo in atto, si deve dare loro tempo e modo per esprimersi. Le risposte non adeguate contribuiscono alla soluzione, se sono fatte oggetto di riflessione; se sono impedito o semplicemente sanzionate restano nel pensiero dello studente che non ha potuto superarle con piena consapevolezza, determinando nella sua conoscenza l'uno o l'altro degli stati ibridi descritti da Pines e West.

²⁴ M. Vicentini, M. Mayer, *Valenza didattica del laboratorio dal punto di vista dell'apprendimento*, in "Didattica della fisica", La Nuova Italia, Firenze, 1996, p. 166.

Come abbiamo in più occasioni sottolineato, non si tratta di fornire definizioni da vocabolario o di realizzare *‘esperimenti a ricetta’*, ma di contestualizzare specifici problemi all’interno di percorsi che conducano alla concettualizzazione.

Noi riteniamo che un’impostazione di questo tipo permetta effettivamente all’insegnamento scientifico di svolgere nella scuola di base le due funzioni fondamentali che la migliore pedagogia contemporanea attribuisce a tutte le discipline, cioè: da una parte, quella di contribuire effettivamente al processo formativo – e in particolare di contribuire al potenziamento di capacità osservativi–logico–linguistiche– e, dall’altra, quella di favorire l’acquisizione da parte degli studenti di conoscenze scientifiche elementari che costituiscano realmente la base su cui continuare nella scuola secondaria di secondo grado la costruzione della conoscenza scientifica.

L’insegnante deve gestire il processo con molta intelligenza e competenza. In una prospettiva costruttivista dei processi di apprendimento il ruolo dell’insegnante cambia infatti radicalmente: non trasmettitore di nozioni, ma regista del processo di costruzione di conoscenza da parte degli allievi. E questo è un ruolo molto più complesso di quello svolto in un insegnamento tradizionale in quanto, coinvolgere consapevolmente tutti gli allievi nel processo di apprendimento presuppone il possesso di notevoli competenze sia sul piano epistemologico, sia su quello disciplinare e cognitivo, sia su quello psicologico-pedagogico-relazionale.

Significato e ruolo di un approccio fenomenologico allo studio dei fenomeni naturali e dei processi di schematizzazione, modellizzazione e matematizzazione

Un processo di insegnamento/apprendimento con le caratteristiche delineate nei paragrafi precedenti implica l’attribuzione di un ruolo privilegiato ad un approccio fenomenologico allo studio delle scienze della natura.

Per meglio spiegare cosa si intende per approccio fenomenologico alla costruzione di conoscenza in ambito scientifico vale la pena partire dal significato della parola fenomeno.

Dal punto di vista che più qui interessa, il significato più pertinente, fra i diversi che in filosofia sono stati attribuiti alla costruzione di conoscenza, può essere così illustrato: *“A partire dal secolo XVIII e in connessione con la rivalutazione dell’apparenza come manifestazione della realtà ai sensi ed all’intelletto dell’uomo, la parola Fenomeno comincia a designare l’oggetto specifico della conoscenza umana in quanto appunto appare sotto particolari condizioni, caratteristiche della struttura conoscitiva dell’uomo. (...) A misura che si riconosce che gli oggetti della conoscenza si rivelano nei modi e nelle forme proprie della struttura conoscitiva dell’uomo e che perciò essi non sono ‘le cose in sé stesse’ cioè le cose quali sono o quali potrebbero essere al di fuori del rapporto conoscitivo con l’uomo, l’oggetto della conoscenza umana si configura come Fenomeno, cioè come cosa apparente in quelle condizioni?”* (Abbagnano, 1991)²⁵.

²⁵ N. Abbagnano, *Dizionario di filosofia*, UTET, Torino, 1991, p. 387.

Per costruire la conoscenza della realtà naturale, la scienza non può che partire da tutto ciò che è “*manifestazione della realtà ai sensi e all'intelletto dell'uomo*” per darne storicamente descrizioni/interpretazioni condivisibili sotto forma di regole, modelli, teorie, la cui validazione passa ineludibilmente attraverso un continuo ritorno/confronto con i fenomeni dal cui studio si è partiti.

Si genera un circolo (virtuoso?) che non può essere linearizzato. Si può dire tanto che “gli oggetti cadono perché c'è la gravità”, quanto che “c'è la gravità perché gli oggetti cadono”. Ogni oggetto che cade costituisce un fatto manifesto ai sensi. ‘La caduta’ degli oggetti costituisce un fenomeno manifesto all'intelletto. Del fenomeno si è cercata una spiegazione sin dall'antichità, inventando via via teorie che se oggi arrivano alla Relatività Generale, ieri erano la teoria della Gravitazione Universale di Newton e l'altro ieri la teoria del Luogo Naturale di Aristotele. Tutte queste teorie prendono in realtà in considerazione insiemi di fenomeni ben più ampi della sola ‘caduta’ degli oggetti ma, cosa particolarmente importante dal nostro punto di vista, questi insiemi non coincidono fra loro.

Un approccio fenomenologico al processo di insegnamento/apprendimento vuol dire mettere gli allievi nelle condizioni di dipanare personalmente il filo che conduce, dai fatti manifesti ai sensi, ai fenomeni manifesti all'intelletto ed alla loro descrizione/interpretazione in forme sempre più prossime a quelle disciplinari, ripercorrendo negli anni della scuola le tappe cognitive (da non confondere con le teorie storiche) che l'umanità ha percorso da quando ha cominciato a chiedersi il come, dove, quando, perché... delle cose e dei fatti.

Se, come si è detto in precedenza, è a livello di scuola secondaria superiore che si può pensare di arrivare ad una prima sistematizzazione teorica delle conoscenze costruite, cosa si può/deve fare nei livelli precedenti?

Proviamo a fare un esempio, a partire da un fenomeno che fa parte dell'esperienza quotidiana.

Sin da piccoli tutti i bambini hanno visto ‘ombre’, le loro, quelle di altre persone e quelle di animali e oggetti. Sin da piccoli hanno anche imparato che quando fa freddo, per strada, è meglio camminare ‘al sole’ e quando fa caldo è meglio camminare ‘all'ombra’. Fa dunque parte dell'esperienza manifesta ai sensi sia la visione di ombre, sia la sensazione che si prova stando all'ombra invece che al sole. In italiano una sola parola – ombra – è utilizzata per descrivere entrambi gli intrecci fra contesto fisico e percezione relativi alle due situazioni. In inglese, invece, l'uso di due parole diverse (*shade* e *shadow*) indirizza l'intelletto di ogni allievo a riconoscere tale differenza da quando apprende a parlare. Il ‘manifesto ai sensi’ ed il ‘manifesto all'intelletto’ sono inscindibilmente legati nell'individuo sin dalla più tenera età.

Cosa succede a scuola?

Le ombre sono spesso un contesto utilizzato nell'insegnamento della matematica per illustrare/applicare concetti o teorie di vario tipo e difficoltà (dallo studio della proporzionalità a quello delle trasformazioni geometriche), a livelli diversi di approfondimento.

Nell'insegnamento scientifico le ombre hanno al più un breve cenno nell'ambito dello studio dell'ottica, sbrigativamente risolto rimandando alla proprietà della luce di propagarsi in linea retta (cosa eventualmente ripetuta, senza apprezzabili variazioni, dalla scuola elementare a quella secondaria superiore).

In entrambi i casi, le ombre 'scolastiche' generalmente sono solo 'ombre che si vedono' e non anche 'ombre nelle quali si può stare'. Inoltre sono solo 'ombre ideali' (senza penombra), lo studio delle quali non consente di capire la stragrande maggioranza delle situazioni reali che possono essere osservate (se si vuole farlo, o se capita di farlo) nell'ambito dell'esperienza quotidiana. Il fenomeno delle ombre è molto più ampio e complesso di quanto si considera a scuola e il modo in cui generalmente viene trattato induce spesso un rafforzamento di idee comuni non scientificamente corrette.

Un approccio fenomenologico prende in considerazione tutta la fenomenologia delle ombre per trovarne descrizioni e spiegazioni coerenti e via via più generali che permettano:

- di arrivare a connettere in un'unica rete concettuale fatti che si manifestano a scale diverse: da una scala locale 'a misura d'uomo' (l'ombra del bambino che gioca nel cortile), fino alla scala astronomica (dalla notte che, come dice Arato di Soli, 'è l'ombra della Terra' alle eclissi);
- di costruire modelli (delle sorgenti di luce, della propagazione della luce, dell'interazione luce/oggetti, della visione umana...) utilizzabili per costruire un unico quadro coerente di interpretazione di tutta l'esperienza relativa alla formazione di ombre/coni d'ombra e per situare tale quadro in un insieme più ampio di fenomeni.

Si può lavorare per giungere a questi obiettivi lungo tutto l'arco della scuola di base, partendo già da quella dell'infanzia²⁶. Guidando opportunamente i bambini in attività inizialmente di libera esplorazione/gioco e, via via, in esperienze/esperimenti appositamente strutturati, si può sviluppare un percorso che conduce gli allievi ad accorgersi di aspetti che in genere sfuggono all'osservazione quotidiana, ad individuare gli elementi fondamentali del sistema che consente di 'vedere ombre' (sorgente, oggetto, schermo), a riconoscere relazioni spaziali invarianti (l'oggetto è sempre 'fra' sorgente ed ombra), a studiare come/cosa cambia nell'ombra cambiando la disposizione dei singoli elementi (in particolare superando la convinzione spontanea che l'ombra abbia sempre 'la stessa forma dell'oggetto'), a riconoscere l'esistenza di un invisibile 'spazio d'ombra'... Si scopre che non sempre le ombre appaiono ben definite, ma a volte hanno contorni sfumati, o sembrano svanire o non esserci affatto... e si cercano parole per esprimere tutti gli aspetti delle situazioni e le caratteristiche delle ombre su cui si è soffermata l'attenzione.

Ci si può poi porre il problema di indagare il 'perché' delle diverse regole scoperte per le ombre e per farlo si può decidere consapevolmente di cominciare a considerare

²⁶ Vedi il capitolo *Le ombre* del volume di M. Arcà, M. Ferrarini, N. Garuti, D. Guerzoni, P. Guidoni, M. Magni, *Esperienze di luce*, Emme edizioni, Torino, 1989, pp. 46-56, che propone un percorso di educazione scientifica sperimentato nella Scuola dell'Infanzia del Comune di Modena.

i casi più semplici, ripromettendosi di ritornare poi a quelli più complessi. Acquista allora significato sul piano culturale, e non solo scolastico, lo studio delle ombre con oggetti di forma semplice (per esempio sagome piatte con forme geometricamente definite), in situazioni nelle quali i contorni sono sufficientemente netti. Si può così precisare il legame fra ombra e luce, fino alla costruzione, possibile già nella scuola elementare²⁷, di un modello a raggi, dal quale si può partire per riconoscere le relazioni geometriche fra forma di un oggetto e forme possibili della sua ombra, riconoscendo invarianti e interpretando cambiamenti... Poi si torna a considerare i casi più complicati (oggetti di forma qualsiasi, ombre sfumate...), inventando nuove esperienze per verificare l'applicabilità della modellizzazione appena costruita.

Attraverso questo lavoro si forma gradualmente la consapevolezza del fatto che l'ombra è semplicemente ('semplicemente?') una zona di spazio o di superficie meno illuminata dello spazio circostante e svanisce l'idea spontanea che sia qualcosa che esiste di per sé, una sorta di immagine che si stacca dall'oggetto e si appoggia sulle superfici del suolo, dei muri e così via... Questa idea spontanea accomuna le ombre e le immagini allo specchio e inizialmente richiede una guida attenta dell'insegnante perché gli allievi apprendano, su base puramente percettiva, a non confonderle e siano quindi in grado di lavorare separatamente con entrambe. Quando poi si è costruita una sufficiente confidenza su entrambe le fenomenologie, diventa di nuovo possibile un confronto su un livello più astratto, che permette di raggrupparle in un unico insieme nel quale trovano posto tutte le situazioni interpretabili attraverso il modello di raggio. Quest'ultimo, arricchito a sua volta dalle regole sperimentali che definiscono il comportamento della luce alla separazione fra mezzi materiali, porta a costituire la teoria dell'ottica geometrica. Teoria che offre spiegazione anche dei fenomeni astronomici e che ha permesso sin dall'antichità, insieme alle regole della geometria proiettiva, di effettuare misure sulla geometria della Terra e del sistema solare...

Abbiamo esposto una traccia, alquanto succinta, di un possibile esempio di approccio fenomenologico che potrebbe essere sviluppato longitudinalmente, dalla scuola dell'infanzia alla scuola secondaria inferiore, accompagnandosi allo sviluppo di altri temi con i quali possono esserci intersezioni, intrecci, unioni e separazioni in vari momenti e in diversi modi: temi di tecnologia, che prendono in considerazione per esempio strumenti ottici; temi di biologia, che prendono in considerazione per esempio costituzione e funzionamento degli organi di senso; temi di matematica, che si intendono attraverso la geometria, l'aritmetica, l'algebra, un iniziale studio di funzioni (a partire, per esempio, da relazioni di proporzionalità diretta e inversa); ovviamente, anche altri temi di fisica, che da un lato 'esauriscano' le fenomenologie dell'ottica geome-

²⁷ Vedi l'estratto della tesi di laurea in Fisica di E. Zampieri (relatori N. Grimellini, M. Gagliardi, Università di Bologna, A.a. 1997-98) riportato nel sito web "Luce e Visione" all'indirizzo http://pctidiji.mi.infn.it/lucevisione/risorse/esempio_percorso.htm. Il sito (autori M. Gagliardi, E. Giordano et al.) fa parte dei materiali prodotti nel Progetto Nazionale di Ricerca SeCiF per la formazione/aggiornamento in fisica degli insegnanti dei diversi livelli scolastici.

trica (compresa, per esempio, la rifrazione) dall'altro ne evidenzino il carattere di parzialità rispetto ai fenomeni (uno studio dei colori per esempio non trae dall'ottica geometrica elementi utili, fatta salva l'interpretazione del fenomeno della dispersione come rifrazione differenziata per le diverse componenti dello spettro luminoso) ed i limiti (esperienze di diffrazione nelle 'ombre')²⁸.

Nel biennio della scuola secondaria superiore il cammino di costruzione gerarchica di fenomenologie sempre più ampie in connessione a teorie sempre più generali dovrebbe portare ad una visione in cui si unificano, all'interno della teoria dell'elettromagnetismo, i fenomeni ottici, elettrici e magnetici, grazie alla costruzione ed all'evoluzione di un modello di 'onda' che a scuola può essere fatto nascere, come è avvenuto anche storicamente, all'interno di 'esperienze manifeste al senso della vista' già nell'ambito dell'esperienza comune (onde meccaniche in mezzi 'visibili'). La costruzione progressiva di conoscenza in questo ambito può avvenire seguendo le stesse tappe cognitive che si sono determinate storicamente²⁹.

Infine, forse a livello di triennio della scuola secondaria superiore, può essere effettuata una rilettura 'trasversale' di tutto l'insieme delle teorie fisiche (e non solo fisiche) studiate, alla ricerca dei concetti e dei principi che appaiono comunque essenziali quale che sia l'ambito fenomenologico di riferimento e si può, per esempio, rileggere la 'vecchia' ottica in termini di energia e quantità di moto, o ritrovare le leggi della riflessione, le leggi della rifrazione e il fenomeno della dispersione come casi particolari del principio di minima azione.

Quali sono gli elementi dell'esempio appena fatto che possiamo estrapolare come caratteristiche generali di un approccio fenomenologico alla costruzione di conoscenza scientifica a scuola?

²⁸ In M. Gagliardi, P. Guidoni, C. Maturo, F. Volpe, *La luce: sperimentazione di un insegnamento integrato di fisica e matematica nella scuola media* in "La Fisica nella scuola", XV, 1, 1982, pp. 26-33 ed in M. Gagliardi, F. Volpe, *La geometria delle trasformazioni nella scuola media inferiore, come esempio di insegnamento interdisciplinare della matematica* in "L'educazione matematica", Anno VII, Serie II, vol. I, 1, 1986, pp. 83-100 viene presentato un percorso di insegnamento dell'ottica sperimentato a livello di scuola media, evidenziandone rispettivamente gli aspetti fisici e gli aspetti matematici.

²⁹ Il modello primitivo è stato dapprima usato (da Galilei) per interpretare esperienze manifeste al senso dell'udito (onde sonore), attraverso un'ipotesi ardita basata sullo studio delle relazioni fra le caratteristiche della sensazione sonora provocata dalle vibrazioni (onde visibili) di uno strumento musicale e alcune caratteristiche dello strumento stesso, quindi è stato usato (a partire dall'epoca di Newton, Huygens, padre Grimaldi) per fare ipotesi sulla natura della luce, partendo dal riconoscimento di un isomorfismo fra categorie di fenomeni luminosi e fenomenologie già note per le onde meccaniche (propagazione rettilinea, riflessione, rifrazione, sovrapposizione, diffrazione, ecc.). Lo sviluppo dell'analisi ha infine consentito di tradurre in forma matematica il primitivo modello di propagazione delle onde meccaniche e di riconoscerlo nella forma delle equazioni del campo elettromagnetico di Maxwell. Questo riconoscimento, unito al fatto che i risultati delle misure sperimentali rivelavano una coincidenza fra velocità della luce e delle onde del campo elettromagnetico, ha infine consentito di riconoscere la luce come parte delle radiazioni elettromagnetiche, riducendo così l'insieme dei fenomeni luminosi a un caso particolare della fenomenologia elettromagnetica e l'ottica ad un capitolo dell'elettromagnetismo.

L'intreccio fra la moltitudine di piani diversi, che in una prospettiva costruttivista caratterizzano la messa in atto di tale approccio come processo di mediazione culturale e didattica, rende inevitabilmente complessa questa esplicitazione. Ci sembra che, aldilà di questa difficoltà, le parole più adatte siano quelle di P. Guidoni (1995)³⁰ che afferma che si deve “*partire, in ogni caso, da un lato da ciò che nella realtà appare in modo più diretto ed immediato, e quindi coinvolge e struttura in modo più profondo la percezione e l'esperienza di ciascuno; dall'altro dai modi di guardare e vedere, pensare e parlare più caratteristicamente radicati nel pensiero-linguaggio naturale quotidiano.*”

È abbastanza chiaro che una scelta di questo genere pone il successivo sviluppo del percorso e della struttura di conoscenza in discrepanza abbastanza radicale con quanto è tradizionalmente offerto da un tipico manuale di ogni livello. Si tratta infatti, contrariamente all'abitudine, di partire dal complicato e dall'intrecciato dell'esperienza per arrivare al semplice e al separato dell'esperimento, delle leggi, dei principi; di farsi carico fin dall'inizio di un ricco patrimonio di conoscenza quotidiana e non formalizzata per individuarvi ed estrarne criteri di una riorganizzazione efficiente e significativa, invece di rimuoverlo sistematicamente come possibile (probabile) fonte di errore; di investire direttamente chi impara della consapevolezza e della problematicità delle scelte cognitive che via via è comunque necessario fare, e da cui dipende criticamente il successo dell'intera costruzione” (dal paragrafo 10.7 - *Fenomenologia come scelta culturale*).

“*Il primo cruciale (in qualche modo definitivo) passo della nostra interpretazione dei fatti di realtà è una descrizione adatta (aggiustata) di quello che di fatto accade; il secondo, una riorganizzazione esplicita delle relazioni tra le diverse cose che si sanno separatamente descrivere; il terzo, una strutturazione gerarchizzata di quello che si sa descrivere e correlare, inventando nuovi nomi per connettere le nuove idee di invarianza ai nuovi aspetti invarianti rilevati nei fatti. I tre momenti sono ovviamente intrecciati uno all'altro e, nel loro insieme, sostanzialmente si esauriscono (e soddisfano) ogni istanza di spiegazione.*”

Non c'è molto da aggiungere a queste notazioni di Wittgenstein³¹: soltanto, si può constatarne l'assoluta validità ad ogni livello del conoscere, dalla percezione alla teoria; soltanto, si può cercare di articolare ed esplicitare i tre momenti nella dinamica di formalizzazione (di messa in forma) propria di ogni livello. Perché rappresentazioni di fatti e di correlazioni fra fatti e gerarchie fra configurazioni di fatti sono proprio le modalità cognitive per cui l'imposizione di una forma adatta ai fatti risulta essenziale.

La forma specifica di ogni nostra descrizione di fatti (comune o scientifica) è sempre duplice: in un primo momento (di scoperta) <narrativa-particolare> (è successo/bo fatto questo e quello, poi quest'altro e quell'altro); in un secondo momento (di stabilizzazione) <assertiva-generale> (sempre, se succede/faccio questo e quello, allora deve succedere/devo fare quest'altro e quell'altro). Il passaggio dalla prima forma alla seconda implica, fra l'altro, complessi processi di esperienza ripetuta e variata, memoria, schematizzazione, confronto, categorizzazione ecc. (È facile osservare abbozzi di questa or-

³⁰ Sono riportati di seguito alcuni passaggi, opportunamente selezionati, del contributo di P. Guidoni, *Il senso di fare scienze a scuola: quale mediazione culturale* in F. Alfieri, M. Arcà, P. Guidoni, *Il senso di fare scienze*, Bollati Boringhieri, Torino, 1995, pp. 510-517.

³¹ L. Wittgenstein, *Ricerche filosofiche*, Einaudi, Torino, 1974.

organizzazione di pensiero e linguaggio già in bambini molto piccoli, in rapida evoluzione sotto la pressione culturale dell'ambiente).

Ogni descrizione è per sua natura incapsulata in un contesto di riferimento-regolazione (*framing*): dimenticarsene conduce all'errore cognitivo, di ogni livello. D'altra parte la totalità delle descrizioni indipendenti diventerebbe rapidamente ingestibile, e inutilizzabile, di fronte alla varietà e complessità dell'esperienza. Ad ogni livello di conoscenza è perciò essenziale correlare le diverse descrizioni, integrandovi gradualmente opportune forme di correlazione che costituiscono sempre un atto cognitivo altamente creativo (le relazioni tra i fatti non stanno, già pronte, nascoste nei fatti). Questo si fa enucleando e sovrapponendo nei contesti descritti elementi e relazioni noti, capaci di organizzarsi in strutture: elementi, relazioni e strutture che con l'abitudine diventano sempre più evidenti, come in trasparenza, attraverso i contesti; e che gradualmente assumono il carico e la guida della correlazione cognitiva intercontestuale. (...)

Sono dunque schemi parziali di correlazione tra fatti, selettivamente messi in forma in modo da poter essere inseriti e disinseriti dal contesto, ulteriormente correlati e reciprocamente strutturati, che costituiscono una fenomenologia. (...)

Non è possibile qui percorrere con cura il complesso processo di progressiva costruzione di una teoria formalizzata, a partire dalle prime evidenze di percezione, esperienza e linguaggio quotidiano. (E non è affatto necessario, anzi è spesso controproducente, che l'insegnamento cerchi di ripercorrerne la complessa elaborazione storica). Sembra importante però sottolineare che:

- anche se i diversi livelli a cui una conoscenza [per esempio] sulle forze può essere operativa (perceptivo, quotidiano, fenomenologico, teorico, assiomatico) possono apparire fra di loro disgiunti, è possibile ed è didatticamente importante esplicitare la continuità cognitiva che comunque li lega, li integra, li rende reciprocamente significativi;
- questa dialettica di continuità-discontinuità esiste e va riconosciuta sia per gli aspetti formali, di rappresentazione e correlazione, sia per quelli operativi, che contrappongono e intrecciano esperienza ed esperimento;
- su ambedue i piani, un'attenta analisi della dinamica storica offre preziosi indizi per aiutare i ragazzi a costruire significati: vale infatti per la conoscenza scientifica stabilizzata ciò che De Santillana³² notava per ogni tipo di mito, cioè il progressivo oscuramento del 'cosa vuol dire' dietro l'automatismo 'si dice così' (e la storia permette squarci di luce su che cosa può voler dire per chi ancora non lo sa);
- è comunque cruciale (per chi insegna come per chi impara) padroneggiare bene il livello fenomenologico, che corrisponde più o meno a quanto si sa dire/fare/vedere/organizzare sfruttando e correlando al meglio le potenzialità dell'esperienza, del linguaggio, della conoscenza e delle strategie che via via si possiedono, anche in formato non specialistico;
- tale obiettivo può definire l'ossatura diacronica del percorso didattico dei primi anni di scuola di base, e la struttura di riferimento (la garanzia di significato) per la prima formalizzazione sistematica degli ultimi anni di scuola secondaria: tenendo presente la delicatezza e gradualità del passaggio (fra media e biennio) e la sua centralità (a ogni livello);
- un atteggiamento didattico di questo tipo è efficace, efficiente e anche per questo divertente e motivante sul lungo termine: purtroppo devono ancora essere prodotti i necessari supporti didattici (testi,

³² G. De Santillana, *Le origini del pensiero scientifico*, Sansoni, Firenze, 1961.

laboratori, modelli di formazione) a esso coerenti; come ancora non esiste quella cultura della continuità educativa (trasversale e longitudinale) senza cui la trasmissione culturale diventa come aggirarsi in un oscuro labirinto” (dal paragrafo 10.8 - Cosa vuol dire fenomenologia).

Significato e ruolo della metacognizione: una visione longitudinale per un'educazione scientifica culturalmente significativa

Sia la psicologia cognitiva sia l'intelligenza artificiale individuano come caratteristica fondamentale dell'attività conoscitiva umana, a livello di conoscenza individuale, la costruzione di rappresentazioni mentali del mondo di oggetti e fenomeni in cui ciascuno si trova immerso³³.

Le discipline scientifiche, in quanto sistemi conoscitivi, possono essere viste anch'esse come risultato di un'attività (sociale) di costruzione di rappresentazioni dei fenomeni indagati. Le rappresentazioni disciplinari si basano però su modi di osservare/descrivere/interpretare sistemi e fenomeni peculiari di ogni disciplina, diversi da quelli usati per la costruzione delle rappresentazioni proprie di senso comune, ed utilizzano sistemi di formalizzazione anche molto diversi da quelli usati nella vita quotidiana.

D'altra parte, uno degli obiettivi generali di molte discipline, se andiamo a leggere i programmi dalla scuola dell'infanzia alla scuola secondaria superiore, è lo sviluppo di competenze osservative-logico-linguistiche: la capacità di descrivere, di confrontare, di cogliere differenze e somiglianze, di raggruppare, di classificare, di definire. Ci troviamo qui di fronte a competenze cognitive e metacognitive di alto livello, che riguardano tutti, anche le menti più geniali: la consapevolezza ed il controllo dei propri processi cognitivi nella investigazione della realtà è infatti globale e complessa.

In particolare, per quanto riguarda la cultura scientifica questa prospettiva implica che, oltre ad apprendere conoscenze disciplinari (modelli, leggi, teorie...), metodologie sperimentali, linguaggi formalizzati, gli studenti raggiungano anche la consapevolezza delle operazioni mentali che caratterizzano il processo stesso di costruzione di conoscenza. Solo in questo modo, l'apprendimento scolastico in ambito scientifico potrà divenire significativo e avere perciò valore autenticamente culturale.

Riteniamo che la consapevolezza delle specificità delle rappresentazioni costruite ed utilizzate rispettivamente nell'ambito della conoscenza comune e in quello della conoscenza scientifica (N. Grimellini Tomasini, G. Segrè, 1991)³⁴, possa e debba essere

³³ Non intendiamo qui entrare nel merito dei diversi modelli di mente e delle conseguenti diverse descrizioni/interpretazioni delle attività rappresentazionali della mente stessa. Il lettore interessato può ad esempio consultare, al riguardo, i testi indicati in bibliografia nel volume di O. Albanese, P. A. Doudin, D. Martin, *Metacognizione ed Educazione*, Franco Angeli, Milano, 2003 (P. N. Johnson-Laird, 1988; K. Nelson, 1986; E. Rosch, 1983; E. C. Schank., R. P. Abelson., 1977), che evidenziano una concezione di conoscenza come sistema complesso in cui ad ogni età coesistono nello stesso individuo forme diverse di organizzazione e sistemi diversi di rappresentazione.

³⁴ N. Grimellini Tomasini, G. Segrè (a cura di), *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, Firenze, 1991.

costruita a partire dai primi livelli di scolarità e stadi del processo di educazione scientifica (P. Bonelli Majorino, M. Gagliardi, E. Giordano, 2003)³⁵.

Questo scopo può essere raggiunto attraverso il dispiegamento di attività cognitive e metacognitive da parte di ciascuno studente in una dimensione cooperativa e in una prospettiva costruttivista della conoscenza: porsi domande di conoscenza; osservare i fenomeni; formulare ipotesi descrittive/interpretative; ‘registrare’ queste ipotesi; confrontarsi con gli altri; modificare e/o integrare quanto ‘registrato’ in precedenza; raggiungere una posizione condivisa.

Metacognizione e metapprendimento rappresentano dunque aspetti, fra loro strettamente intrecciati, che caratterizzano in modo profondamente innovativo il processo di insegnamento-apprendimento, rispetto alle modalità tradizionali basate soltanto sui prodotti, in quanto consentono il raggiungimento esplicito di una visione della scienza come una delle tante forme di conoscenza, elaborate dalla mente umana nel corso della storia, caratterizzata da finalità e metodi specifici di descrizione/interpretazione della realtà.

Tale visione può essere pienamente e consapevolmente costruita solo in tempi lunghi, attraverso una formazione scientifica che parta dalla scuola primaria, se non dalla scuola dell’infanzia, e prosegua fino alla scuola secondaria superiore, attraverso un percorso coerente e progressivo, caratterizzato dall’acquisizione di livelli crescenti di consapevolezza. Pertanto, non riteniamo necessario né proficuo separare la riflessione metacognitiva sulla conoscenza scientifica dalle attività di apprendimento di contenuti e metodologie disciplinari.

In questa prospettiva, ‘imparare-capire’ significa non solo acquisire nuovi elementi di conoscenza, ma anche essere in grado di affrontare le diverse situazioni di apprendimento sapendo scegliere le strategie adatte con la consapevolezza dei propri limiti e delle proprie risorse³⁶.

Quando chiediamo agli allievi “avete capito?”, dobbiamo essere consapevoli delle difficoltà implicite nella domanda. ‘Capire se si è capito’ è una competenza metacognitiva molto complessa e ‘capire se gli allievi hanno capito’ è cosa del tutto diversa rispetto all’insegnare loro a “capire da soli se hanno capito”.

Senza metacognizione/metapprendimento, la scuola rischia di essere una scuola poco significativa, una scuola senza qualità. George Katona, uno dei grandi psicologi della Gestalt, nel 1939, in *Memoria e organizzazione* affermava: “(...) come potremo dunque

³⁵ P. Bonelli Majorino, M. Gagliardi, E. Giordano, *Metacognizione come metacoscienza: l’insegnamento della fisica*, in O. Albanese, P. A. Doudin, D. Martin (a cura di), *Metacognizione ed Educazione*, Franco Angeli, Milano, 2003.

³⁶ Ad esempio, se consideriamo la comprensione di un testo (la maggior parte degli studi sulla metacognizione e il metapprendimento riguardano proprio gli aspetti della lingua: *abilità metalinguistiche, metacomprendimento, abilità di studio*) e confrontiamo il comportamento di un lettore esperto con quello di un altro alla prime armi, vediamo che il primo si dispone a leggere in modo diverso a seconda degli obiettivi che si pone: rileva lacune e incoerenze, ricorre a strategie di lettura quali rileggere, sottolineare, scorrere il testo e, soprattutto, è in grado di individuarne le parti più importanti. Un lettore alle prime armi, invece, stenta nell’attribuire una diversa importanza alle varie parti di uno scritto e di conseguenza incontra notevoli difficoltà, quando deve ‘imparare’.

*caratterizzare lo scopo fondamentale dell'educazione, escluso che essa consista nell'acquisizione di informazione specializzata? Gli allievi dovrebbero imparare ad imparare. Questo è ciò che di meglio potrebbe fare la scuola per essi. Non dovrebbero imparare soltanto a tenere a mente: dovrebbero imparare ad apprendere per comprensione*³⁷.

In questa prospettiva il ruolo svolto dall'insegnante è cruciale: del patrimonio culturale dell'insegnante dovrebbe quindi far parte non solo la conoscenza della disciplina, quale storicamente si è strutturata e continuamente va evolvendo, ma anche la consapevolezza della complessità del rapporto fra realtà e ricostruzione disciplinare, e di come tale rapporto si è storicamente determinato ed evoluto.

Dal programma al progetto (ovvero da una lista di argomenti ad un percorso concettuale finalizzato)

Dal quadro delineato nei paragrafi precedenti, emerge l'esigenza di riflettere sui modi di guardare all'insegnamento delle discipline scientifiche e sul modo di vedere il ruolo che lo studente può svolgere durante la sua esperienza scolastica, in particolare nella scuola di base; in altre parole, l'esigenza di rivedere le nostre scelte professionali alla luce di consapevolezze e modelli di riferimento espliciti.

Pensiamo, infatti, ad un insegnamento delle Scienze avendo in mente un programma di lavoro non in termini di una lista di argomenti da affrontare, magari costruita a partire dall'indice di un libro di testo, ma un vero e proprio percorso di conoscenza progettato e costruito sulla base di scelte consapevoli operate:

- sul *piano disciplinare* (quali temi, fenomeni, concetti e relazioni fra concetti selezionare e per quali motivi);
- sul *piano epistemologico* (a quali aspetti della conoscenza scientifica guardare e per quali motivi);
- sul *piano didattico e cognitivo* (quali esigenze di conoscenza soddisfare/suscitare negli allievi, per quali motivi e con quali strategie).

Dal punto di vista formativo e culturale, pensiamo che le scelte sul piano disciplinare debbano mirare prevalentemente ad *insegnare la Scienza*; quelle sul piano epistemologico ad *insegnare a riflettere sulla Scienza*; quelle sul piano didattico e cognitivo ad *insegnare ad imparare dalla Scienza e a riflettere sulle proprie conoscenze e strategie cognitive*.

Naturalmente emerge anche l'esigenza di individuare i criteri necessari alla costruzione di tali percorsi di conoscenza. Per semplicità, ma non nell'ambito di una visione riduttivistica dei processi di apprendimento, possiamo riferirci ai tre piani precedenti.

Piano disciplinare

- privilegiare la qualità della conoscenza rispetto alla quantità³⁸;
- giungere ad affrontare temi e problemi della scienza moderna a partire da una ricostruzione, in prospettiva didattica, della conoscenza classica.

³⁷ G. Katona, *Memoria e organizzazione*, Giunti, Firenze, 1972, p. 251.

³⁸ Grimellini et al. (1999), *Insegnare fisica per nuclei fondanti: un esempio riferito al concetto di spazio (Un esempio di percorsi concettuali sulla 'fisica dello spazio')*, in "La Fisica nella Scuola", XXXII, 4, pp. 202-213.

Piano epistemologico

- dare della scienza un'immagine di 'filosofia della natura' elaborata dall'uomo per rispondere a domande primarie di conoscenza, quindi di *'prodotto della mente umana'* in continua evoluzione.

Piano didattico e cognitivo

- prevedere un ambiente di apprendimento che consenta a ciascuno studente di costruire un proprio percorso individuale di crescita culturale, cognitiva ed emotiva, integrabile nel sapere consolidato.

Naturalmente, allo stesso percorso di conoscenza possono corrispondere percorsi didattici differenti, a seconda delle caratteristiche del contesto.

A conclusione di questa I Parte, può essere opportuno esplicitare il 'modello' di insegnante al quale, implicitamente, si è fatto riferimento nelle considerazioni esposte e nelle proposte avanzate³⁹.

Pensiamo ad un profilo professionale di insegnante, basato su una visione costruttivista dei processi di apprendimento, come *'insegnante-ricercatore'*, cioè di un insegnante in grado di guardare:

- all'insegnamento, come ad un'attività da progettare e realizzare avendo in mente sia un'immagine culturalmente significativa di Scienza sia un modello esplicito e consapevole dei processi di insegnamento/apprendimento;

- alla dinamica di classe, come ad un fenomeno complesso, da analizzare e capire al fine di trovare una mediazione efficace e significativa tra le diverse componenti dei processi di insegnamento/apprendimento e le peculiarità della struttura della disciplina da insegnare;

- alle attività di classe, come attività di *'riflessione in azione'* e come costruzione di una conoscenza da condividere e approfondire all'interno di una comunità.

In altre parole, pensiamo ad un insegnante in grado di guardare al proprio ruolo come quello di:

- *creatore di proposte* – essere in grado di svolgere un ruolo creativo nella progettazione e realizzazione di percorsi di conoscenza;

- *mediatore didattico e culturale* – impegnarsi a dare alla conoscenza scientifica una 'forma' in grado di consentire una trasmissione culturale significativa progettando e realizzando ambienti di apprendimento nei quali ogni studente possa essere guidato verso la costruzione di una sua visione del mondo, sempre più consapevole, nella quale la Scienza abbia una sua collocazione integrata e culturalmente proficua.

- *operatore socio-culturale* – essere disponibile ad assumersi l'impegno di contribuire a rinnovare l'immagine pubblica di Scienza.

³⁹ N. Grimellini, O. Levrimi (2003), *Is the 'teacher-as-researcher' model worthwhile for pre-service teacher education?*, Selected paper in "Quality Development in Teacher Education and Training", pp. 162-166.

Bibliografia citata

- ¹ C. Tarsitani, *Immagini di Fisica e insegnamento scientifico*, X Convegno del Gruppo Nazionale di Didattica della Fisica, Milazzo (Messina), 1993.
- ³ T. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969.
- ⁴ G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, Laterza, Bari, 1978.
- ⁵ J. Bruner, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997.
- ⁶ R. Driver, *The pupil as scientist?*, The Open University Press, 1983. Trad. it. di G. Cavallini, *L'allievo come scienziato?*, Zanichelli, Bologna, 1988.
- ⁷ R. Rorty, *Scritti sull'educazione*, La Nuova Italia, Firenze, 1996.
- ⁸ C. Fiorentini, *Quali condizioni per il rinnovamento del curricolo scientifico?*, in F. Cambi, *L'arcipelago dei saperi. Progettazione curricolare e percorsi didattici nella scuola dell'autonomia*, Le Monnier, Firenze, 2000.
- ⁹ S. Tamburini *Cambiare la scuola in America*, in "Sapere", 1997, n. 5.
- ¹³ R. Maragliano, *Sintesi dei lavori della Commissione tecnico-scientifica*, in *Le conoscenze fondamentali per l'apprendimento dei giovani nella scuola italiana nei prossimi decenni. I materiali della Commissione dei Saggi*, Le Monnier, Firenze, 1997.
- ¹⁴ J. Dewey, *Come pensiamo*, La Nuova Italia, Firenze, 1961.
- ¹⁵ N. Grimellini Tomasini e G. Segre (a cura di), *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, Firenze, 1991.
- ¹⁶ A. Einstein, L. Infeld, *L'evoluzione della fisica*, 1938, Bollati Boringhieri, ristampa 2000.
- ¹⁷ J. Solomon, *Learning about energy: how pupil think in two domains*, in "European Journal of Science Education", 1983, 1.
- ¹⁸ J. K. Gilbert, D.M. Watts, R.J. Osborne, *Concezioni degli studenti in meccanica*, in "La Fisica nella Scuola", 1986, 2.
- ¹⁹ A. L. Pines, L. H. T. West, *Conceptual understanding and science learning: an interpretation of research within a source-of-knowledge framework*, in "Science Education", 1986, 5.
- ²⁰ D. P. Ausubel, *Educazione e processi cognitivi*, Franco Angeli, Milano, 1987.
- ²¹ P. Guidoni (a cura di) CNR, Commissione Didattica, *Rapporto di Ricerca. Per una Educazione Scientifica di base*, La Goliardica Pavese, Pavia, 1991.
- ²² D. Hawkins, *Imparare a vedere*, 1974, Loescher Editore, Torino, 1974.
- ²³ L. S. Vygotskij, *Pensiero e linguaggio*, Giunti Barbera, Firenze, 1969.
- ²⁴ M. Vicentini, M. Mayer, *Didattica della fisica*, La Nuova Italia, Firenze, 1996.
- ²⁵ N. Abbagnano *Dizionario di filosofia*, UTET, 1991.
- ²⁶ M. Arcà, M. Ferrarini, N. Garuti, D. Guerzoni, P. Guidoni, M. Magni, *Esperienze di Luce*, edizioni EMME, 1989.
- ²⁷ E. Zampieri, Tesi di Laurea in Fisica (Università di Bologna, A.A. 1997-98, relatori Grimellini e Gagliardi) riportato nel sito web "Luce e Visione" all'indirizzo http://pctidifi.mi.infn.it/lucevisione/risorse/esempio_percorso.htm.
- ²⁸ M. Gagliardi, P. Guidoni, C. Maturo, F. Volpe, *La luce: sperimentazione di un insegnamento integrato di fisica e matematica nella scuola media*, in "La Fisica nella scuola", XV, 1, 1982.

- ³⁰ P. Guidoni, *Il senso di fare scienze a scuola: quale mediazione culturale* in F. Alfieri, M. Arcà, P. Guidoni (a cura di), *Il senso di fare scienze*, Bollati Boringhieri, Torino, 1995.
- ³¹ L. Wittgenstein, *Ricerche filosofiche*, Einaudi, Torino, 1974.
- ³² G. De Santillana, *Le origini del pensiero scientifico*, Sansoni, Firenze, 1961.
- ³³ O. Albanese, P. A. Doudin, D. Martin, *Metacognizione ed Educazione*, Franco Angeli, Milano, 2003.
- ³⁵ P. Bonelli Majorino, M. Gagliardi, E. Giordano, *Metacognizione come metaconoscenza: l'insegnamento della fisica*, in O. Albanese, P. A. Doudin, D. Martin (a cura di) *Metacognizione ed Educazione*, Franco Angeli Editore, 2003.
- ³⁷ G. Katona, *Memoria e organizzazione*, Giunti, Firenze, 1972.
- ³⁸ N. Grimellini Tomasini, O. Levrini, C. Casadio, M. Clementi, S. Medri Senni, *Insegnare fisica per nuclei fondanti: un esempio riferito al concetto di spazio (Un esempio di percorsi concettuali sulla "fisica dello spazio")*, in "La Fisica nella Scuola", XXXII, 4, 1999.
- ³⁹ N. Grimellini Tomasini, O. Levrini (2003), *Is the 'teacher-as-researcher' model worthwhile for pre-service teacher education?*, in "Quality Development in Teacher Education and Training".

Parte II

Percorsi di conoscenza

I PROGETTI IN ATTO

Milena Bertacci*

*Ricercatrice IRRE E-R, Coordinatrice del Gruppo Regionale di Ricerca 'Scienze'

Questa sezione del Quaderno contiene otto percorsi didattici realizzati in classi di scuola primaria e secondaria di primo grado, in modo diverso e peculiare esemplificativi di una didattica delle Scienze fondata sul coinvolgimento attivo degli allievi e su un approccio fenomenologico al tema/problema indagato.

All'interno del gruppo di lavoro – costituito non solo da docenti di estrazione professionale diversa ma anche di matrici culturali ed epistemologiche riconducibili a differenti statuti disciplinari, quali fisica, chimica, biologia, scienze naturali – hanno convissuto anime ed esperienze articolate le quali si sono variamente confrontate in un bel dialogo. Per questo avremmo desiderato offrire un ventaglio di argomenti riconducibili alle diverse discipline. Purtroppo, alcune presenze significative sono venute perdendosi prima della conclusione dei lavori, questo spiega, ad esempio, l'assenza di itinerari didattici riconducibili alla biologia o alle scienze naturali.

Riteniamo, comunque, che i percorsi proposti – sia pure di prevalente estrazione fisica e chimica – offrano un campione sufficientemente esaustivo di buone prassi didattiche dove le “soluzioni” non sono date dall'alto, bensì vengono costruite attraverso processi circolari di ricerca, *problem solving*, momenti laboratoriali, sperimentazione sul campo, interventi d'aula, domande degli allievi e attività di verifica.

Volutamente sono stati inseriti tre itinerari sui *passaggi di stato*, per offrire una esemplificazione di come lo stesso argomento possa essere affrontato e sviluppato con modalità e approcci diversi.

Per la descrizione dei percorsi didattici il gruppo ha fatto la scelta di adottare una scaletta, che ciascun autore ha reinterpretato con flessibilità, articolata – da un lato– sulla *presentazione delle linee essenziali del progetto* (criteri di scelta del tema, finalità, modello di apprendimento adottato, strategie di insegnamento, possibili ostacoli cognitivi ed epistemologici...), dall'altro articolata sull'*attivazione del progetto nella classe* (descrizione del lavoro svolto, risultati ottenuti, sviluppi disciplinari e raccordi pluridisciplinari...).

È appena il caso di aggiungere che in questa seconda parte del Quaderno, sia pure condivisa unitariamente nell'impianto complessivo, la responsabilità dei contenuti affrontati è legata allo sviluppo che ne hanno dato i singoli autori.

LABORATORIO DI TERMOLOGIA

SCUOLA PRIMARIA

Cristina Tioli*

*Docente di scuola primaria - 'M. L. King', IX Circolo, Modena

Linee essenziali del progetto

Si tratta di un Laboratorio realizzato nell'anno 2004-05 in gruppi di interclasse (4^a e 5^a, 17-18 alunni per gruppo) e condotto da due insegnanti in compresenza nella scuola primaria 'M. L. King' di Portile (Modena), per una durata di 10 incontri di 1h e 40' l'uno, nell'ambito del modulo 'Nuvole', parte di un progetto di sostenibilità biennale in collaborazione con 'Agenda 21' di Modena e l'INFEA 'Acqua, bene di tutti?'.
Si riportano nel grafico i temi del progetto e del modulo, per inquadrare il laboratorio nel contesto curricolare.

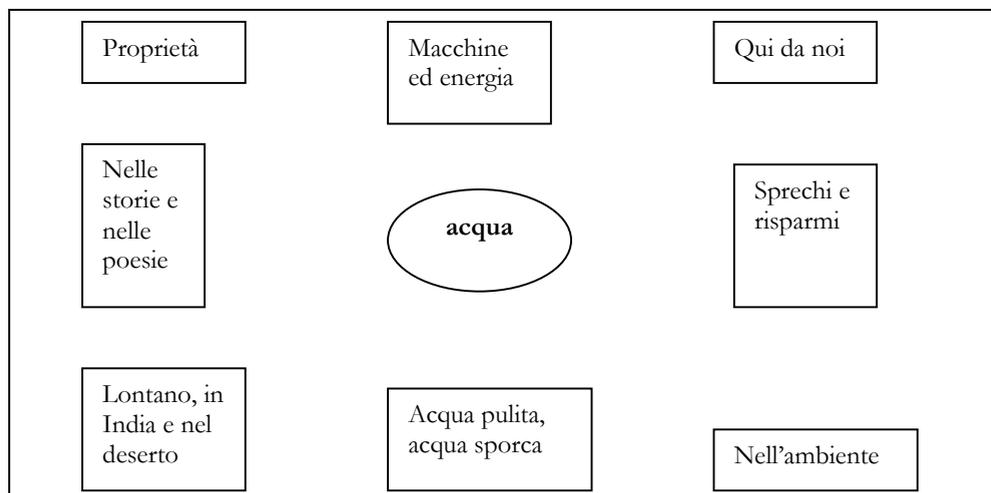


Fig. 1 - I temi del progetto e del modulo

In particolare abbiamo affrontato i temi: giochi con le gocce, l'acqua nascosta nelle cose, stati e cambiamenti (laboratorio di termologia), alcuni esperimenti, il ciclo dell'acqua.

Ciascun modulo è stato affrontato da diversi punti di vista disciplinari (fig. 2).

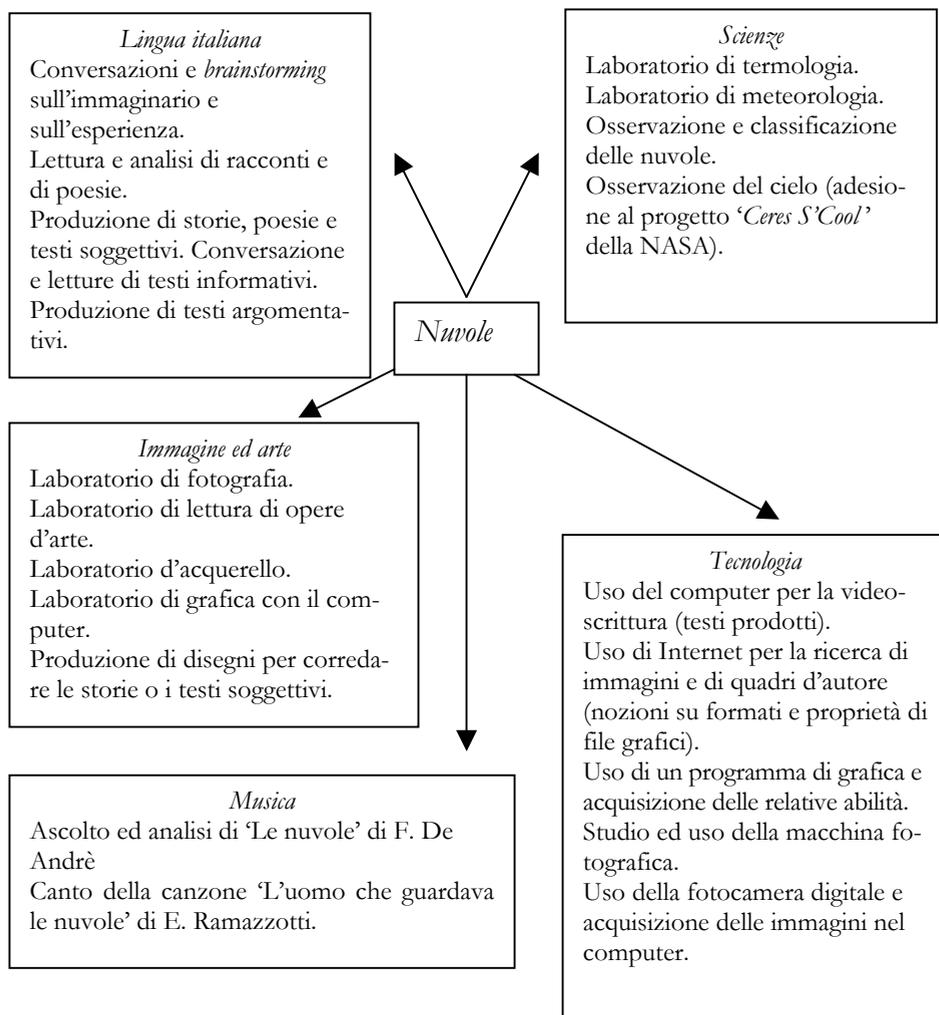


Fig. 2 - Le discipline

Finalità

Nella scuola 'King' crediamo nei progetti di sostenibilità perché si rivelano:

- reti di attività didattiche significative multidisciplinari e trasversali;
- contenitori per attivare potenzialità creative, razionalizzanti e propositive;
- sintesi di azione educativa ed istruzione;
- stimolo a provocazioni culturali e a modifica del comportamento.

In particolare, il Laboratorio di termologia veicola contenuti propedeutici alle attività sul ciclo dell'acqua e sui cambiamenti di stato; si collega a quanto sviluppato nell'ambito del Laboratorio di meteorologia; prepara il terreno ad affrontare il concetto di energia.

In generale, la scelta di progettare un'attività come questa ha il fine di far usare ai nostri ragazzi metodi tipici dell'indagine scientifica per farsi domande sui fenomeni naturali, discutere per capire ed eventualmente cambiare il proprio punto di vista, osservare in modo mirato ed affinare le proprie tecniche di pensiero rendendole più rigorose nel tentativo di cercare conferme o smentite alle proprie ipotesi.

Modello di apprendimento adottato e strategia di insegnamento

Ci ispiriamo alla didattica per concetti per la costruzione del percorso disciplinare ed al modello di apprendimento costruttivista, nella convinzione che il nostro compito sia quello di provocare e sostenere il passaggio dai concetti spontanei ai concetti scientifici accreditati, tenendo in grande considerazione il ruolo attivo del soggetto che apprende. Ricorriamo, di preferenza, a metodologie tipiche della didattica per situazioni-problema, ma anche all'uso di sfondi integratori, approcci metacognitivi, attività ludico-esplorative e laboratoriali ed infine a piccoli percorsi per obiettivi, perché pensiamo la nostra classe come una comunità dinamica e complessa, fonte di stimoli progettuali per noi insegnanti.

Le strategie di insegnamento individuate riconoscono grande valore all'interazione tra pari e al lavoro cooperativo e di gruppo, regolato da ruoli di compito e ruoli sociali:

- conversazioni e discussioni di 'lancio' (collettive);
- osservazioni mirate e focalizzazione di problemi (collettive o individuali);
- interviste individuali scritte;
- progettazione e realizzazione di esperimenti mirati (in piccolo gruppo);
- organizzazione dei dati raccolti (in piccolo gruppo e collettive);
- discussione sui risultati (in piccolo gruppo e collettive).

Contenuti

Nell'ambito dei grandi temi: *materia e sue proprietà*, i contenuti del Laboratorio di termologia vertono su calore e temperatura e su una prima intuizione del concetto di energia.

Segue una rappresentazione dei contenuti (fig. 3).

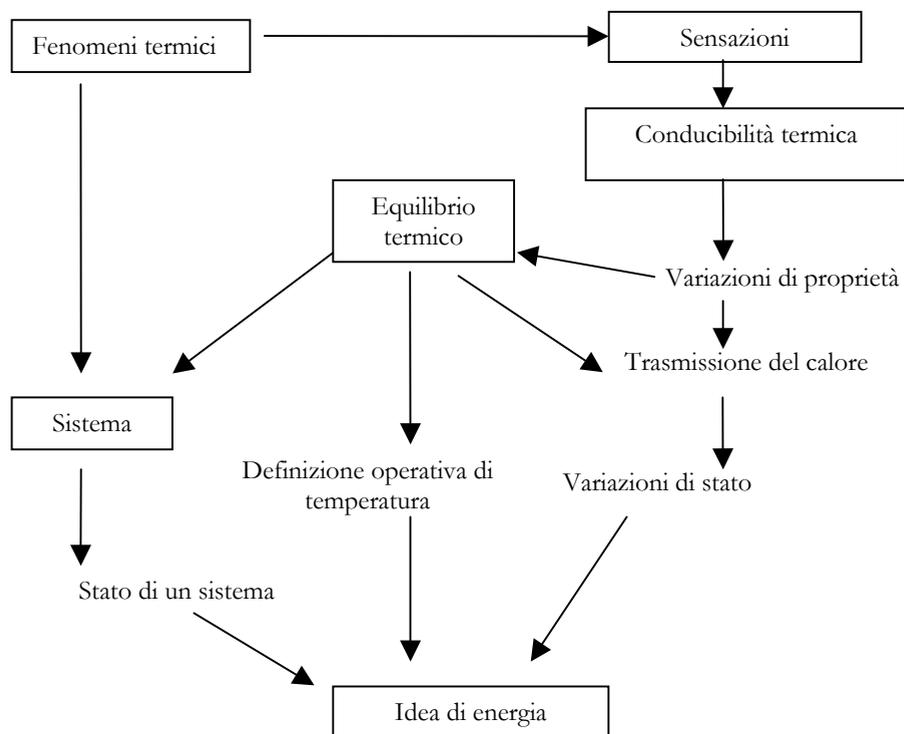


Fig. 3

Possibili ostacoli cognitivi ed epistemologici

Le concezioni spontanee o le misconcezioni indotte, in contrasto con la descrizione scientifica dei fenomeni termici alle quali si è cercato di porre particolare attenzione nel percorso didattico, sono¹:

- quantità di calore correlata alla sensazione termica;
- sorgente o materiale che produce calore (fuoco) in termini statici, come posseduto da un corpo, proprietà/potenzialità dello stato di un sistema (non si considerano i sistemi interagenti);

¹ Tali punti sono citati nel numero speciale n. 2 della rivista “La Fisica nella Scuola”, Anno XIX, 1986, che raccoglie una panoramica di categorie di modi di comprendere gli stessi concetti scientifici e delle inferenze sugli schemi di conoscenza. In esso si trovano contributi di A. Tiberghien, N. Grimellini Tomasini, M. Vicentini Missoni. Altre indicazioni derivano dai lavori di E. Albert, G. Erickson, R. Stavy e B. Berkovitz in “Science Education”, 1978-1980 e dal contributo di D. Hawkins in G. Cortini (a cura di), *Le trame concettuali delle discipline scientifiche*, La Nuova Italia, Firenze, 1985. Preziosi inoltre i volumi di F. Alfieri, M. Arcà, P. Guidoni, P. Mazzoli, *Insegnare scienza e I modi di fare scienza*.

- concretizzazione del calore (calorico), idea di frigore (fluido freddo opposto al calorico);
- idea di temperatura ‘identificata’ con quella di calore (calore solo caldo, temperatura anche fredda);
- temperatura come misura del ‘caldo/freddo’ posseduto dal corpo;
- relazione tra temperatura di equilibrio di un sistema e dimensione dei corpi;
- relazione tra rapidità di raggiungere la temperatura di equilibrio e la natura delle sostanze (conducibilità termica);
- relazione tra temperatura e stati di un sistema ($T < 0^{\circ}\text{C}$ o $T > 100^{\circ}\text{C}$).

Molti fraintendimenti sono influenzati dalle sensazioni termiche e dall’assenza dell’idea di ‘sistema’, come di sistemi di corpi fra loro interagenti. Su questi due punti si è cercato di costruire un percorso di riflessione nel contesto di fenomeni termici comuni.

Valutazione

Ci siamo proposti di promuovere nei ragazzi competenze trasversali quali una consapevole partecipazione alle discussioni ed al lavoro collaborativo e l’abitudine a problematizzare, a cercare soluzioni e a controllarne la validità con l’argomentazione. Abbiamo voluto sviluppare conoscenze relative ai concetti di calore e temperatura, ai cambiamenti di stato come trasformazioni, a una prima intuizione del concetto di energia, e abilità relative a classificazione, misura, trattamento dei dati, stesura di brevi osservazioni e relazioni.

Queste le competenze attese da noi considerate come fondamentali:

- *misurazione*: eseguire misure di alcune grandezze fondamentali (volume, massa, temperatura, tempo);
- *rappresentazione e modellizzazione*: rappresentare la complessità dei fenomeni con tabelle e grafici (temperatura, passaggi di stato dell’acqua), costruire modelli interpretativi di fatti e fenomeni, utilizzando anche il linguaggio simbolico e il formalismo disponibile;
- *correlazione*: confrontare fenomeni e fatti, cogliere relazioni tra proprietà e grandezze che descrivono uno stato o un fenomeno, partendo dalla realtà quotidiana (proporzionalità diretta ed indiretta fra grandezze fisiche, andamenti di fenomeni, anche a livello qualitativo), cogliere relazioni tra entità fisiche e rapidità dei cambiamenti (fusione e solidificazione, evaporazione e condensazione, ebollizione dell’acqua);
- *argomentazione*: discutere su fatti, fenomeni, dati, risultati di un’esperienza e sull’interpretazione dei vari aspetti coinvolti; argomentare le proprie opinioni con esempi ed analogie (è come quando, è come se...); utilizzare metafore per interpretare fenomeni nuovi facendo riferimento a situazioni conosciute (per esempio spiegare la trasmissione del calore da un corpo caldo a un corpo freddo per contatto con l’ipotesi di un fluido invisibile che si comporta come l’acqua nei vasi comunicanti);
- *realizzazione di esperimenti*: passare gradualmente dall’analisi dell’esperienza all’esperimento controllabile;

- *comunicazione e documentazione*: produrre relazioni di lavoro su temi scientifici;
- *comportamento*: sviluppare atteggiamenti di curiosità e attenzione, di riflessione sulle proprie esperienze, di interesse per l'indagine scientifica, di collaborazione.

La valutazione è stata quindi predisposta su vari fronti:

- osservazioni sulla registrazione (sbobinatura o appunti) delle discussioni di lancio o di bilancio;
- analisi dei protocolli individuali;
- osservazione durante i lavori di gruppo delle dinamiche, delle conquiste e delle crisi;
- individuazione da parte degli insegnanti di punti critici e di appoggio per la prosecuzione delle attività e del percorso e relativi aggiustamenti (anche attraverso una differenziazione delle attività);
- verifica attraverso una prova oggettiva (anche a risposte multiple, individuale);
- questionario sull'apprendimento raggiunto (a livello metacognitivo, individuale);
- osservazioni e verifiche durante l'attività del laboratorio di meteorologia.

Il progetto in atto

Di seguito si presentano alcune attività d'aula.

1. BIBITE FRESCHE - CONVERSAZIONE DI LANCIO CON OSSERVAZIONE MIRATA

Gruppo in semicerchio attorno ad un tavolo: è l'approccio ed è un momento di conversazione mirata, guidata da domande specifiche. Sul tavolo una bibita e il contenitore dei cubetti di ghiaccio.

Un insegnante pone le domande e coordina la conversazione, l'altro prende appunti (può interrompere se qualcosa non è chiaro). Le domande-guida, preventivamente predisposte, vanno scelte in relazione alle risposte e all'esito della conversazione.

Dovrebbero emergere alcune idee dei bambini rispetto al fenomeno e sicuramente alcune convinzioni sui fenomeni legati a calore e temperatura.

Di seguito si riporta la trascrizione delle discussioni fatte nel primo e nel secondo gruppo di lavoro.

<i>Discussione</i>
<p><i>Quando è estate, si mettono spesso cubetti di ghiaccio nel bicchiere. Perché?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • le bibite restano fredde • le bibite si raffreddano. <p><i>Cosa succede? (Eventualmente prova e osserva)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • il ghiaccio si scioglie piano piano • si appanna il vetro del bicchiere • la bibita diventa più fredda • il ghiaccio diventa più trasparente • il ghiaccio si rimpicciolisce • il ghiaccio galleggia • salgono delle bollicine

- il ghiaccio si sbriciola
- il liquido si alza di livello
- il colore della bibita schiarisce
- il vetro si raffredda.

Perché i cubetti di ghiaccio rinfrescano l'acqua?

- il ghiaccio dà del liquido freddo alla bibita
- il freddo del ghiaccio va nella bibita
- perché il ghiaccio è freddo
- perché il ghiaccio diventa acqua fredda che si mescola con la bibita.

Perché il ghiaccio si scioglie?

- l'acqua entra nel ghiaccio e lo scioglie
- il calore dell'acqua lo scioglie
- il ghiaccio non è alimentato dal freddo e torna acqua
- il ghiaccio si scioglie per la diversa temperatura
- per il cambiamento di temperatura
- perché la bibita è più calda
- il calore fa sciogliere il ghiaccio
- la bibita calda fa sciogliere il ghiaccio stando insieme
- la bibita è a temperatura ambiente
- il ghiaccio è solido e a contatto con qualcosa di più caldo...
- sono a due temperature diverse
- anche un pupazzo di neve si scioglie al sole
- il calore della bibita passa al ghiaccio che è più freddo. Succede sempre così.

Perché il ghiaccio è così duro e galleggia?

- con l'acqua frizzante galleggia, con l'acqua naturale va a fondo
- è il freddo che lo fa galleggiare
- il ghiaccio è vuoto e galleggia
- dentro al ghiaccio ci sono delle bollicine d'aria
- noi galleggiamo anche con l'acqua dentro, perché siamo pieni d'aria
- se buttiamo fuori tutta l'aria andiamo a fondo, per esempio quando siamo morti
- non è vero, a volte ci sono delle bollicine, ma ce n'è anche di quello tutto pieno: l'acqua deve essere più pesante del ghiaccio
- è strano, le molecole dei solidi sono tutte attaccate
- devono stare molto larghe nel ghiaccio, non come fa vedere il libro...
- perché il ghiaccio è più leggero dell'acqua
- diventando ghiaccio l'acqua diventa più leggera
- le molecole che formano il ghiaccio devono lasciare molti spazi vuoti, anche se sono solide e sono legate e fisse.

Perché il bicchiere si appanna?

- qualcosa evapora (io penso l'acqua)
- ma se è fredda?
- ma no, è colpa dell'umidità

- l'umidità è aria leggera e fredda
- si forma quando si scontrano caldo e freddo
- veramente sono goccioline molto piccole (come quando c'è umidità sul vetro)
- l'umidità non è il vapor acqueo che c'è nell'aria?
- sì, il vapore è acqua evaporata e si attacca al bicchiere
- infatti il bicchiere è bagnato
- sarà acqua evaporata che si condensa attorno al bicchiere freddo, ma è un po' strano
- il vapor acqueo si condensa, cioè torna acqua
- l'acqua evaporata era più calda, incontrando il bicchiere freddo, si è condensata

Perché il livello del liquido nel bicchiere si alza?

- perché il ghiaccio si è sciolto
- ma anche col ghiaccio si è alzato, mettendoci dentro delle cose il livello si alza
- si alza per il peso del ghiaccio
- non so se c'entra il peso, ma se metti dell'altra roba in un posto ci viene più quantità
- l'umidità è aria leggera e fredda
- si forma quando si scontrano caldo e freddo
- veramente sono goccioline molto piccole (come quando c'è umidità sul vetro)
- l'umidità non è il vapor acqueo che c'è nell'aria?
- Sì, il vapore è acqua evaporata e si attacca al bicchiere
- infatti il bicchiere è bagnato
- sarà acqua evaporata che si condensa attorno al bicchiere freddo, ma è un po' strano
- il vapor acqueo si condensa, cioè torna acqua
- l'acqua evaporata era più calda, incontrando il bicchiere freddo, si è condensata.

2. ESPERIMENTO DI LOCK E RIFLESSIONI

Il caldo e il freddo sono esperienze che abbiamo fin da piccoli:

- *come ce ne accorgiamo?*
- *qual è l'organo di senso che utilizziamo?*
- *sono affidabili le nostre mani?*

Si propone l'esperimento di Lock: mano destra nell'acqua calda, mano sinistra nell'acqua fredda, poi entrambe nell'acqua tiepida; l'acqua sembra fredda per la mano destra, mentre sembra calda alla mano sinistra.

Riflessioni conseguenti:

- *i nostri sensi ci ingannano?*



Discussione

- noi non sentiamo le temperature di preciso, ma solo se è caldo o se è freddo
- il nostro corpo sente i cambiamenti più delle temperature
- è capitato perché con una mano ci eravamo abituati al caldo, con quell'altra al freddo
- il nostro corpo si 'ricorda' delle sensazioni che ha appena sentito e si confonde
- la mano che era nell'acqua fredda in quella tiepida si è scaldata, il contrario l'altra
- nell'acqua calda il calore è stato assorbito dalla mia mano e poi nell'acqua più fredda si è disperso.

3. OGGETTI CALDI E OGGETTI FREDDI: ESPERIMENTO QUALITATIVO E DISCUSSIONE SUI RISULTATI

Poniamo sul tavolo una collezione di oggetti vari e chiediamo ai bambini di toccarli e prevederne la temperatura, badando di aspettare un po' tra una prova e l'altra. Gli oggetti possibili: sasso, carta, forbici, pezzo di legno, pezzo di polistirolo, scatola di plastica, bullone.

Registriamo le ipotesi e tentiamo una classificazione (o un ordinamento) degli oggetti in base alla temperatura presunta.



Discussione

- ci sono oggetti più caldi e oggetti più freddi: quelli di metallo di solito sono freddi
- il bullone però, che è piccolo, l'hanno toccato in tanti che ormai è caldo, ha assorbito il calore delle nostre mani
- non bisogna toccare troppo questi oggetti, altrimenti si scaldano
- non so se c'entra, ma mi viene in mente che quando vado a letto le coperte sono fredde, poi piano piano si scaldano
- siamo noi che le scaldiamo
- come le scaldiamo? con il respiro? quando esce l'aria dalla mia bocca è più calda di quando è entrata
- di solito i metalli sono più freddi
- ma d'estate no: ho lasciato una forchetta al sole d'estate e non si teneva in mano!
- anche la lamiera delle auto è incandescente!

Proponiamo infine una verifica:

- *come possiamo fare?*
- *cosa possiamo usare?*

In un primo momento potremo adoperare il termometro a striscia, ma va bene anche un termometro da liquido abbastanza sensibile. Strano! Hanno tutti la stessa temperatura! Ma guarda! È la stessa dell'ambiente!

Ci chiediamo che cosa misura un termometro e ci lasciamo con l'intenzione di chiarire come è fatto e come funziona.

4. LA MISURA DI TEMPERATURA

Questa tappa viene svolta in classe durante le ore di scienze o matematica.

Vengono presentati alcuni termometri diversi, vengono osservati e descritti, rilevandone le differenze (anche portata e sensibilità). Ci si concentra infine sul termometro a mercurio.

Si possono riproporre alcuni giochi già fatti: come far salire la colonnina del mercurio? come farla scendere? come farla tornare al punto iniziale?

Domande:

- *perché la colonnina di mercurio sale?*
- *perché scende?*
- *come funziona il termometro?*
- *che numeri sono quelli che ci sono scritti?*
- *nel termometro ci sono due grandezze legate tra loro: quali?*
- *altezza della colonnina di mercurio e valore della temperatura letta sul termometro sono grandezze direttamente proporzionali, nel senso che quando cresce una cresce anche l'altra e viceversa?*

Si può chiedere di fare altri esempi di grandezze che si comportano così.

Si può svolgere la 'taratura del termometro' come esperienza o mediante una lezione frontale nella quale sottolineare i seguenti punti:

- scelta delle situazioni fisiche di riferimento (cambiamenti di stato: fusione del ghiaccio ed ebollizione dell'acqua, al livello del mare) e dei corrispondenti valori di temperatura da attribuire allo stato del sistema (0°C e 100°C);
- taratura di un termoscopio a mercurio mediante l'indicazione del livello della colonnina di mercurio in corrispondenza di ciascuno dei due cambiamenti di stato del sistema (termicamente isolato) e suddivisione, dell'intervallo di quota che si ottiene, in un numero definito di parti uguali (scelta di una scala, ad esempio la scala Celsius, scala centigrada);
- possibilità di scelta di scale diverse e di valori negativi di temperatura.

5. ISOLANTI E CONDUTTORI: DISCUSSIONE SUI NUOVI DATI E SULLA FENOMENOLOGIA COMUNE; INTERPRETAZIONE COLLETTIVA

Si comincia con una discussione.

Discussione

Cosa abbiamo scoperto toccando con le mani oggetti di diverso materiale e cercando di prevederne la temperatura? come mai?

- che tutti gli oggetti avevano la stessa temperatura, quella della stanza
- che gli oggetti al tatto sembrano più caldi o più freddi a seconda di...
- toccandoli con le mani alcuni ci sembravano più freddi e alcuni più caldi
- quelli fatti di polistirolo, plastica (cioè derivati dal petrolio) o anche carta e legno, cioè quelli di materia organica sembrano più caldi
- quelli che vengono dai metalli danno la sensazione di freddo

- dipende dal materiale, ma quelli che sembravano più freddi si scaldavano a forza di scaldarli con le nostre mani
- alcuni materiali erano come ‘parenti’, della stessa famiglia, come la plastica dura, il polistirolo o come le forbici e il sasso
- abbiamo scoperto anche che noi siamo caldi!

Dalle risposte e dagli esempi dei ragazzi, evidenziamo alcuni *fenomeni esemplari*: se mettiamo sulla nostra guancia una moneta ed una gomma, sentiamo la moneta più fredda della gomma, ma dopo averle scaldate entrambe con le mani, la moneta sembra più calda della gomma, anche la lamiera dell’automobile si comporta così, d’inverno è gelida, d’estate...; le coperte del nostro letto d’inverno sono fredde appena entriamo, poi si riscaldano perché noi siamo caldi.

Ci sono materiali che si comportano in modo diverso: *cosa succede dunque?*

Allora cosa sentono le nostre mani, se, come abbiamo visto, non sono in grado di valutare la temperatura? Perché?

Ipotesi, discussione e stesura collettiva delle conclusioni. Questo è un punto cruciale nella concezione di temperatura, è bene stimolare una discussione e controllare che le affermazioni del gruppo siano condivise, rispecchiando gli interventi divergenti e chiedendone conto.

Discussione

- la moneta si scalda e si raffredda più velocemente, come succede al fabbro quando lavora il ferro con il calore
- invece le coperte e la lana sono più lenti, ma tengono più stretto il calore
- la lana tiene caldo ma siamo noi che la scaldiamo, lei non fa uscire il caldo
- anche il polistirolo si mette sui tetti delle case per non far uscire il caldo
- serve anche per non farlo entrare quando è estate e c’è molto caldo fuori
- quando tocco una cosa di metallo veloce a scaldarsi sento freddo perché mi ruba il calore
- è il calore del nostro corpo, che viene dal nostro sangue caldo
- il calore è un’energia, che passa dalle cose calde alle cose fredde
- se due oggetti di diversa temperatura vengono messi vicini il calore passa
- si scambiano il calore, va da quello più caldo a quello più freddo
- il calore smette di passare quando le due temperature si pareggiano
- tutto viene dal fatto che noi siamo caldi
- siamo sempre caldi, anche quando fuori c’è freddo, perché siamo caldi dentro
- noi moriamo quando diventiamo freddi anche dentro, il nostro sangue è caldo
- noi lo facciamo il calore, siamo una fonte di calore, come una stufa
- e cosa bruciamo come stufe, per fare il caldo? Mica il legno, bruceremo quello che mangiamo...
- le nostre mani non sentono la temperatura, ma sentono il calore, perché noi caldi quando tocchiamo un oggetto lo riscaldiamo

- sentiamo freddo di più a seconda del materiale, perché la mano è abituata al suo caldo e quando tocchiamo uno di quelli veloci a scaldarsi il calore fugge via e se lo prende il metallo
- quando un oggetto è caldo e va vicino a uno freddo, si raffredda, come le nostre mani che sentono che il calore se lo ciuccia il metallo, perché il calore esce dalla mano e va a finire nell'oggetto
- non è che noi prendiamo il loro freddo, sentiamo che cala il nostro caldo, se lo assorbe il metallo
- ma allora uno se tocca sempre metalli diversi perde tutto il suo calore?
- no, perché siamo noi che lo facciamo, il calore
- ci sono degli oggetti più veloci a prendere il calore, come i metalli tipo la lamiera della macchina d'estate e d'inverno, e altri più lenti come la lana delle nostre coperte
- si dice che lana tiene il freddo, ma anche il caldo, la usano anche i beduini nel deserto.

Conclusioni (testo collettivo redatto dalla classe)

Quello che sentono le nostre mani **non** è la temperatura, è una cosa diversa.

Ci sono materiali che si scaldano e si raffreddano velocemente, facilmente, sono 'golosi' (come il ferro e la lamiera) – *conduttori* – e altri che lo fanno molto lentamente, fanno fatica, sono 'pigri' (come la plastica, l'acqua e le coperte di lana) – *isolanti*.

C'è uno scambio di caldo e freddo tra le cose che vengono a contatto.

Le nostre mani sono calde, dunque fanno passare calore alle cose più fredde di noi; quello che sentono le nostre mani è il passaggio del calore: sentono freddo quando toccano cose più fredde di noi, tanto più freddo quanto più facilmente esse assorbono il nostro calore (cioè se sono conduttori), sentono caldo quando toccano cose più calde di noi, tanto più caldo quanto più facilmente le cose cedono calore alle nostre mani.

6. SCAMBI DI CALORE: PROGETTAZIONE DI ESPERIENZE CON PREVISIONE DEI RISULTATI

Vogliamo chiarirci come avviene lo scambio di calore tra oggetti a temperature diverse e che cosa significhi la temperatura dell'ambiente.

Progettiamo insieme ai bambini delle prove, degli esperimenti, per controllare in ogni momento la situazione. Proponiamo noi, se non lo fanno i ragazzi, di lavorare con l'acqua, perché è l'oggetto del nostro progetto, è disponibile facilmente e la sua temperatura è facilmente misurabile con i termometri da liquido.

Scegliamo infine e progettiamo, attraverso la conversazione collettiva due esperimenti che forniscano ai ragazzi una conferma alle loro ipotesi sugli scambi di calore: se necessario proponiamo procedure di lavoro e di documentazione dell'attività (materiale, divisione dei compiti, procedura, metodi di comunicazione).

Esperimento 1. Mettendo a contatto due quantità d'acqua a temperatura diversa, giungeranno alla stessa temperatura; chiamiamola Temperatura di equilibrio.

Esperimento 2. Mettendo una certa quantità di acqua nella stanza, prenderà la stessa temperatura dell'ambiente; chiamiamola Temperatura ambiente.

Gli alunni divisi in 4 gruppi (che ripetono a 2 a 2 lo stesso esperimento) conducono l'esperienza in modo il più possibile autonomo come è esplicitato nelle due schede seguenti. Si scelgono componenti eterogenei per capacità e per livello di socializzazione (si abbina un facilitatore, disponibile alla mediazione, con un bimbo con difficoltà di relazione o che entra spesso in conflitto). Quando è possibile si mantengono amicizie. Si assegnano ruoli sociali: incoraggiatore (dire cose gentili del tipo: bene, bravi, ottima idea, ottimo lavoro); controllore dei suoni (attenzione, stiamo parlando forte, dobbiamo abbassare il tono di voce); controllore dei turni (prima io, poi tu, poi lui); messaggero (fa da messaggero con l'insegnante ogni volta che ci sono dubbi); tempista (tiene d'occhio l'orologio "ricordiamoci che dobbiamo fare il lavoro entro la ricreazione, non perdiamoci troppo in questi particolari, come tempi ci siamo, ce la facciamo a consegnare in tempo").

Gli insegnanti seguono il lavoro dei gruppi e aiutano chi lo chiede. È previsto che i ragazzi siano in grado di compilare il grafico date le attività precedenti. Si dividono fra i ragazzi i compiti di esecutore (che preparerà materialmente l'esperimento); misuratore (che prenderà le misure con il controllo degli altri); registratore dei dati (che scriverà attentamente i dati in tabella); compilatore del grafico (che completerà il grafico con precisione); verbalizzatore (che scriverà la relazione finale ordinatamente).

Temperatura di equilibrio

Mettete in una vaschetta una caraffa di acqua fredda del rubinetto (misurate la temperatura) e dentro metteteci un'altra vaschetta contenente una caraffa di acqua calda (misurate la temperatura), misurate la temperatura della stanza. Fate le vostre previsioni ogni volta e prendete di nuovo le temperature delle due vaschette dopo 5 minuti per 4 volte.

<i>Temperatura ambiente: ...°C</i>		
<i>Tempi</i>	<i>Temperatura acqua fredda</i>	<i>Temperatura acqua calda</i>
t_0		
t_1		
t_2		
t_3		
t_4		

Temperatura ambiente

Mettete una vaschetta o un becker di acqua calda (misurate la temperatura) in classe, dove misurerete la temperatura ambiente, e prendete la temperatura dell'acqua ogni 3 minuti fino a quando, secondo voi, si è raggiunta la *temperatura di equilibrio*, che in questo caso dovrebbe *coincidere con la temperatura ambiente*.

<i>Temperatura ambiente: ... °C</i>					
<i>Tempi</i>	<i>Temperatura acqua</i>	<i>Tempi</i>	<i>Temperatura acqua</i>	<i>Tempi</i>	<i>Temperatura acqua</i>
t ₀		t ₅		t ₁₀	
t ₁		t ₆		t ₁₁	
t ₂		t ₇		t ₁₂	
t ₃		t ₈		t ₁₃	
t ₄		t ₉		t ₁₄	

*Scheda 2**Organizzazione dei risultati (grafici) e stesura delle relazioni*

Si leggono le relazioni ed eventualmente i compagni pongono domande sugli aspetti non chiari.

<i>Temperatura di equilibrio</i>
<p><i>Relazione 1</i> - Noi credevamo che si arrivasse più o meno ad avere le due acque a 25°, ma dovevamo avere più tempo. Comunque la temperatura dell'acqua calda è diminuita, quella dell'acqua fredda è cresciuta.</p> <p><i>Relazione 2</i> - Secondo noi le temperature incroceranno a 23,5. L'acqua calda diventa sempre più fredda; quella fredda diventa sempre più calda, fino a diventare a temperatura ambiente. L'acqua calda essendo più vicina alla temperatura ambiente, cambia di meno e più lentamente; quella più fredda, invece, essendo più lontana dalla temperatura ambiente, ci mette di più a incontrare quella calda.</p>

<i>Temperatura ambiente</i>
<p><i>Relazione 1</i> - Non abbiamo avuto abbastanza tempo: l'acqua era troppo calda per arrivare a temperatura ambiente abbastanza velocemente. Però abbiamo capito che con molta pazienza ci sarebbe arrivata.</p> <p><i>Relazione 2</i> - La temperatura dell'acqua è sempre calata, all'inizio più velocemente, alla fine più lentamente ed infine è arrivata a 24° come avevamo previsto. Non è facilissimo leggere bene il termometro.</p>

Si cerca di redigere una relazione comune su cos'è e come si arriva alla temperatura d'equilibrio e alla temperatura ambiente. Si discutono alcuni aspetti imprevisti (*'prestando'* ai ragazzi alcune parole con precauzione, ma correttezza, si potranno fare esempi ed adoperare le stesse parole nelle attività di classe).

Conclusioni sugli esperimenti (testo collettivo redatto dagli studenti)

La temperatura di equilibrio è la temperatura a cui arrivano due ‘corpi’ o oggetti a temperature diverse quando vengono messi a contatto. Questo succede *anche per il termometro*: il mercurio si ferma (di salire o scendere) quando ha raggiunto la *temperatura di equilibrio* con il liquido di cui deve *misurare la temperatura*. Fa presto perché di mercurio ce n’è poco.

Ci siamo accorti che questi esperimenti erano influenzati da un sacco di cose che succedevano nella stanza: se si apriva la finestra, se stavamo tutti sulle vaschette, se leggevamo il termometro in un modo o nell’altro. Nel caso dell’esperimento della temperatura di equilibrio succede che il calore delle due acque si disperde nell’ambiente, perché quello delle due vaschette *non è un sistema chiuso*, nel caso della temperatura ambiente succede che i nostri corpi lo riscaldano continuamente e quindi è molto difficile controllare come cambiano le cose che dobbiamo misurare, cioè le nostre *variabili*. Si dice che non sempre si riescono a stabilire le esatte *condizioni al contorno*.

7. DEFINIZIONE OPERATIVA DI TEMPERATURA: DISCUSSIONE SUI RISULTATI

Cerchiamo di fare il punto su ciò che abbiamo imparato della temperatura, attraverso una conversazione e la stesura di un testo di riferimento: si tratta di una proprietà misurabile dell’ ‘oggetto’ che stiamo osservando. Ragioniamo sui termini da usare: variabile, sistema, stato e trasformazione. Al contrario ci accorgiamo del calore solo quando passa, per esempio dalle nostre mani agli oggetti e viceversa e in questo caso non posso parlare di temperatura del sistema, perché non si raggiunge un equilibrio dal momento che noi siamo fonti di calore. Conversando in questo modo ci accordiamo su alcune ‘definizioni non definitive’ da dare ai termini temperatura e calore, per poterci capire tra noi e saper cosa cercare nelle nostre varie prove o discussioni.

Anche questo è un punto delicato, prima di redigere il testo collettivo è bene che ognuno ne scriva uno suo, che poi verrà discusso.

Conclusione

Dunque quando parliamo di caldo e freddo dobbiamo distinguere delle cose:

- la temperatura che ci chiarisce lo stato termico di un sistema;
- il calore (lasciamo perdere il ‘frigore’, che non ci serve; sarebbe come parlare della lunghezza e della ‘cortezza’, del peso e della ‘leggerezza’) di cui ci accorgiamo solo quando passa e si sposta, trasformando lo stato termico dei sistemi.

Al passaggio di calore, in questo caso, variano gli stati termici dei sistemi, cioè le loro temperature; si dice così che la temperatura è una variabile di stato di un sistema, mentre il calore è chiaramente una grandezza dinamica (dinamica vuol dire ‘di movimento’).

Temperatura e calore non sono la stessa cosa:

- la temperatura è una proprietà misurabile in un momento (stato) di equilibrio (variabile di stato del sistema);
- del calore ci accorgiamo solo quando passa, si trasferisce, e quando qualcosa si trasforma (grandezza dinamica).

8. PROPAGAZIONE DEL CALORE: CONVERSAZIONE E INTERPRETAZIONE DELLA FENOMENOLOGIA NOTA

Come si propaga il calore, come fa a passare da un corpo all'altro?

Conversazione e puntualizzazione sul trasferimento del calore per contatto (conduzione): quando due corpi vengono a contatto il calore va da quello più caldo a quello più freddo finché 'si pareggia', si raggiunge la stessa temperatura (di equilibrio).

Proposta di un modello esplicativo:

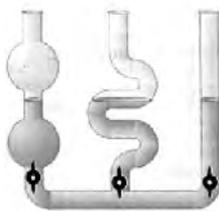
Conoscete qualche altro fenomeno che accada in questo modo? Somiglia a qualcos'altro?

Richiamiamo il modello dei vasi comunicanti, dove il flusso dell'acqua è paragonabile a quello del calore e il livello dell'acqua raggiunto nei vari tubi è paragonabile alla temperatura d'equilibrio raggiunta dal sistema.

Testo collettivo redatto dagli studenti

Trasferimento di calore per contatto

Il modo più semplice per fare passare calore da un corpo all'altro è quello di mettere a contatto due oggetti a temperature diverse: il calore passa dal corpo più caldo a quello più freddo fino a che le temperature si livellano (temperatura di equilibrio).



Vasi comunicanti

Un buon modello per spiegare quello che succede è l'apparecchietto dei vasi comunicanti. Si tratta di alcuni tubicini verticali, di forma e grandezza diversa, che comunicano alla base attraverso un tubicino orizzontale. Quando verso l'acqua in uno dei tubicini essa si trasmette anche agli altri raggiungendo lo stesso livello, anche se la quantità dell'acqua nei vari tubicini è diversa.

Se scaldo due pentole che contengono masse diverse di acqua, una più grande e una più piccola, volendo raggiungere la stessa temperatura, dovrò lasciare la pentola con più acqua per più tempo sul fornello, perché passi una quantità maggiore di calore.

Possiamo paragonare il livello dell'acqua alla temperatura di equilibrio in oggetti messi a contatto e il flusso dell'acqua al calore, che passa in quantità maggiore nei corpi più grandi, dovendo raggiungere lo stesso livello.

Chiediamo poi per iscritto in modo individuale:

Conosci altre forme di trasferimento di calore, diverse da quelle per contatto?

Leggendo e discutendo le risposte potrebbe emergere il concetto di irraggiamento (sole; lampadina: è veramente vuota?; forno: le cose si complicano perché c'è l'aria di mezzo).

Introdurremo come descrizione il fenomeno della convezione, magari usando un testo esplicativo e mostrando il riscaldamento di acqua in un vaso di vetro pyrex su di un fornello a cui aggiungeremo di volta in volta gocce di tempera o china.

Cosa accade se continuiamo a scaldare quest'acqua?

Organizziamo l'esperimento sul fenomeno dell'ebollizione dell'acqua in modo da tenere sotto controllo temperatura e fenomeni connessi (misuriamo anche il volume dell'acqua, con un cilindro graduato, prima (300 ml) e dopo la bollitura).

9. BOLLITURA DELL'ACQUA: PREPARAZIONE ED ESECUZIONE DELL'ESPERIMENTO

L'esperimento è collettivo: prendiamo le temperature ogni minuto od ogni due; alcuni dovranno notare tutti i fenomeni che si osservano, altri leggeranno il termometro e misureranno la massa dell'acqua, altri ancora prenderanno appunti. Infine si compierà la tabella e il grafico (sul tipo dei precedenti).

Al posto della relazione, per un riepilogo delle osservazioni, facciamo compilare il seguente questionario scritto individuale.

<i>Questionario</i>
Osservazione del fenomeno:
Dopo ... minuti, tolta dal fuoco e misurata in un cilindro graduato, l'acqua era ... ml. Questo perché:
Osservazioni sul grafico (andamento):
Cosa è successo, dunque?

Si leggeranno le risposte e ognuno correggerà ciò che non appare chiaro. Si compiranno poi le seguenti domande aperte, emerse anche dalla conversazione, individualmente, ma dopo un'elaborazione orale collettiva.

Perché la temperatura dell'acqua ha smesso di aumentare, da quando questa si è messa a bollire, sebbene fosse rifornita di calore dal fornello? (risposta condivisa: Tutto il calore viene usato per trasformare l'acqua in vapore). *Cos'è il fumo, di cosa è fatto?* (è l'acqua che evapora che si vede in questa situazione)

Cos'è che stacca le bolle dall'acqua e le fa uscire dalla 'pelle' superficiale dell'acqua, di che cosa sono fatte quelle bolle? (I ragazzi hanno introdotto il termine 'energia').

Perché l'acqua bolle già a 98°C, quando è noto che bolle a 100°C? (La pressione – ed altro ancora – influisce sulla capacità di evaporazione e l'acqua bolle a 100°C sul livello del mare; qui serve un suggerimento dell'insegnante).

10. ELABORAZIONE DI MODELLI PER IL TRASFERIMENTO DEL CALORE PER CONTATTO

Chiediamo ai ragazzi di esplicitare l'idea che si sono fatti sul calore in modo individuale e per iscritto. Leggendo le risposte, molto probabilmente si configurerà un mo-

dello di calore come fluido, simile a quello del calorico. Si potrà raccontare qualcosa in proposito: che un tempo si pensava proprio così, ma doveva trattarsi di un fluido (liquido o gas) invisibile e senza peso (si può raccontare la storia, di scolastica memoria, di Gabelli, che ricorda la pesatura del pesce vivo e del pesce morto).

Infine, se la discussione vi giungerà, si potrà introdurre un modello di calore come agitazione molecolare.

Conclusioni

Il lavoro in classe si è articolato in dieci incontri; abbiamo svolto le seguenti attività: il lavoro sul termometro, i controlli sui grafici in un momento comune con l'ausilio della lavagna luminosa in occasione del quale tutti gli alunni compilavano il grafico individualmente, la verifica e la sua correzione, la parte dello sviluppo storico.

Durante gli esperimenti, i ragazzi si sono rivelati assai attenti ed accurati, cercavano di controllare la dispersione di calore, soprattutto in occasione della solidificazione dell'acqua/fusione del ghiaccio (per ragioni di spazio, questo esperimento non è descritto in dettaglio). In realtà il problema è risultato subito di secondo piano, perché, dal momento che gli esperimenti erano condotti completamente da loro, ne sono intervenuti altri, ad esempio il termometro poteva essere quasi illeggibile perché ghiacciato nella provetta. Si sono ottenuti comunque risultati interessanti.

I ragazzi hanno seguito con partecipazione ed entusiasmo le attività, ognuno ha costruito un suo fascicolo che documenta l'esperienza, completo delle parti comuni e dei protocolli individuali. La prova di verifica (riportata di seguito) ha dato risultati soddisfacenti, considerati anche gli esiti della correzione collettiva condotta come discussione di bilancio. Le attività del successivo Laboratorio di meteorologia sono state affrontate agevolmente dagli allievi.

Verifica

Il calore si trasmette da un oggetto all'altro quando:

- fuori c'è freddo
- due oggetti sono diversi
- due oggetti hanno diverse temperature e sono a contatto
- due oggetti sono entrambi solidi o liquidi
- il calore può passare da un oggetto più caldo a uno più freddo

Nei solidi il calore si trasmette:

- per conduzione (contatto)
 - per convezione (con mescolamento di materiale)
- nei liquidi e nei gas il calore si trasmette
- per conduzione (contatto)
 - per convezione (con mescolamento di materiale)

Scaldo queste due pentole d'acqua:

Nel momento in cui le metto sul fuoco, entrambe hanno la temperatura di 20°C .

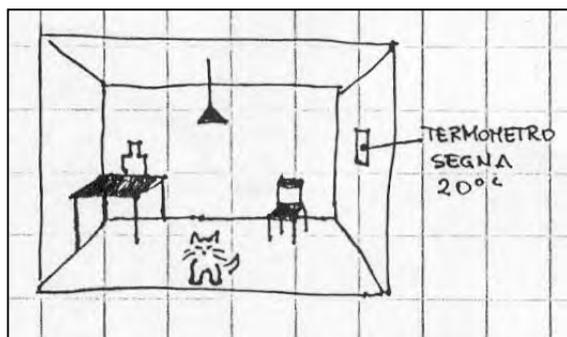
Cosa osservo dopo 5 minuti se misuro la temperatura?

Perché?

Cosa osservo se spengo il fornello e misuro la temperatura mentre si raffreddano?

Se prendo due quantità uguali (controllo con la bilancia) di acqua e di ferro e le scaldo a bagnomaria, cosa osservo dopo 5 minuti che stanno sul fuoco?

E se spengo il fuoco e misuro la temperatura mentre si raffreddano? Perché?



Che temperatura hanno (circa):

- la bottiglia d'acqua ...
- il tavolo di legno ...
- la sedia metallica ...
- il gatto ...

Indica con una freccia rossa il punto del termometro che 'sente' i cambiamenti di temperatura.

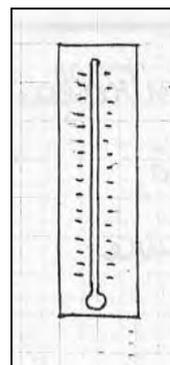
Che senso ha parlare di temperatura di equilibrio nel termometro?

Cosa succede alla temperatura di un bicchiere d'acqua a 60°C lasciato per qualche ora in una stanza a 20°C ?

Dove va il calore che sparisce dal bicchiere d'acqua?

Cosa sentono le nostre mani, toccando un oggetto che è stato in frigo?

Perché?



Spiega la differenza tra calore e temperatura.

Problemi aperti, occasioni perdute

Il problema ‘tempo’ è stato il più stringente. È capitato che suonasse la campanella prima della fine di un esperimento e fortunatamente nella nostra scuola (a tempo pieno) abbiamo potuto continuare con i ragazzi che non andavano a casa a pranzo. La forma laboratoriale con gruppi interclasse si è mostrata stimolante dal punto di vista relazionale e cognitivo, ma di più difficile gestione proprio per l’organizzazione dei tempi di lavoro. Ad esempio abbiamo scelto di impostare tabelle e griglie dei grafici su schede per ottimizzare i tempi di esecuzione, mentre di solito questa preparazione affidata ai ragazzi risulta assai significativa. Nello stesso modo, i ragazzi hanno potuto solo osservare l’esperimento di fusione/solidificazione del ghiaccio, dato che è stato essenzialmente preparato dagli insegnanti. A posteriori, consideriamo tutto questo un’occasione perduta.

Tuttavia, abbiamo fatto in modo da recuperare in classe gli stimoli che abbiamo registrato nelle discussioni e che non avevano avuto sviluppo.

Il laboratorio aveva tra i suoi scopi quello di aprire, da una parte, un percorso sull’energia (da sviluppare successivamente nella classe), dall’altra, un percorso verso l’idea di sistema, descrivibile da variabili di stato e interagente con altri sistemi.

Sviluppi disciplinari e raccordi pluridisciplinari

Si è già accennato al Laboratorio di meteorologia e a un percorso sull’energia che hanno seguito queste attività, e ai raccordi pluridisciplinari previsti. Nell’ultima parte, però, i ragazzi si sono accalorati su problematiche piuttosto ampie. Abbiamo preparato, quindi, una ‘coda’ al laboratorio, che è stata poi ripresa con diverse modalità nella classe successiva, su diversi argomenti (macchina a vapore e motore a scoppio, fonti rinnovabili e non, uso della statistica).

DA UNA SENSAZIONE ALLA MISURA

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

*Angela Turricchia**

**Docente - Planetario, Settore Istruzione, Comune di Bologna*

Linee essenziali del progetto

Qualunque libro di testo per la scuola secondaria di primo grado ha tra i primi capitoli quello relativo a calore e temperatura; questo argomento risulta quindi essere uno degli argomenti che introduce i ragazzini di scuola media allo studio della fisica. Abbiamo pertanto ritenuto importante affrontare questo tema con approccio sperimentale, di misura e di discussione sulle misure effettuate, invitando i ragazzi a ragionare e a progettare esperimenti. Abbiamo tenuto conto del fatto che sono argomenti che i ragazzi hanno comunque già affrontato nelle classi della scuola primaria, che i ragazzi usano normalmente il termometro e i gradi (in particolare centigradi), come unità di misura della temperatura, che sanno che la temperatura nei mesi invernali è generalmente più bassa rispetto a quella nei mesi estivi.

Come procedere per rinnovare l'interesse a questo argomento? Ci siamo posti nell'ottica di invitare i ragazzi ad affrontare la progettazione di esperimenti che avessero come obiettivo chiarire, a se stessi e ai compagni, cosa si debba intendere per calore e per temperatura. Desideravamo affrontare i classici contenuti relativi all'energia interna di un corpo, al calore come 'energia che passa da un corpo all'altro', alla misura di un indice dello stato di un corpo ed eventualmente alla taratura di un termometro. A questo scopo, volevamo però che i ragazzi si documentassero, individuassero delle problematiche che ritenevano prioritarie per la comprensione dell'argomento, preparassero un loro percorso e lo eseguissero sperimentalmente.

Modello di apprendimento e strategie di insegnamento

Si è previsto un lavoro a piccoli gruppi per quanto riguarda sia la documentazione che la progettazione di esperimenti, la preparazione di 'protocolli' per eseguirli e l'analisi critica degli stessi. Il modello di apprendimento è quello costruttivista.

Gli ostacoli cognitivi che ci attendevamo di incontrare nel percorso sono stati ampiamente citati nel primo capitolo di questo Quaderno.

Si è previsto che ogni attività fosse seguita da un breve resoconto e da una discussione collettiva che permettesse di condividere i diversi lavori e di mettere in comune le conoscenze acquisite. Alla classe sono stati dati da consultare testi sia di scuola media sia di liceo scientifico.

Contenuti

Abbiamo individuato alcuni concetti che i ragazzi avrebbero dovuto possedere al termine dell'attività:

- la 'misura' della temperatura;
- la 'taratura' di uno strumento;
- l'energia interna di un corpo;

ed alcune abilità:

- saper illustrare e descrivere le proprietà caratteristiche di corpi a diversa energia interna;
- saper individuare caratteristiche utili per la determinazione di una scala termometrica;
- saper usare strumenti per la misura della temperatura ed eseguire corrette ed accurate procedure di misura.

Valutazione

La valutazione doveva verificare l'acquisizione di concetti caratterizzanti il progetto mediante una griglia preparata dai ragazzi.

Il progetto in atto

Sapevamo in partenza che questo tipo di lavoro avrebbe 'richiesto' molto tempo, però poiché siamo convinti che la partecipazione dei ragazzi debba essere totale, abbiamo deciso di concedere a questa sperimentazione tutto il tempo necessario. Il progetto è stato così sperimentato, nell'anno scolastico 2006-07, in diverse prime classi della scuola secondaria di primo grado 'Besta' di Bologna.

Il lavoro si è svolto a gruppi di 4-5 ragazzi con la seguente modalità: i ragazzi hanno proceduto all'analisi del tema su testi¹ diversi, hanno evidenziato quelli che, secondo loro, erano i 'concetti fondamentali', li hanno raccolti in una mappa concettuale che doveva poi essere riempita di significato. Hanno evidenziato i problemi incontrati durante la lettura dei testi.

La discussione collettiva ha messo in evidenza la confusione che c'è tra calore e temperatura all'interno di testi scolastici. I ragazzi stessi hanno deciso di continuare le loro ricerche a casa per poter utilizzare testi che ricordavano di avere. Quindi la discussione finale è stata sviluppata nell'incontro successivo.

In figura è visibile la mappa scaturita dalla prima indagine fatta; sono evidenti alcune caselle vuote in corrispondenza alle 'non conoscenze' che i ragazzi si sono attribuite.

¹ I testi di scuola utilizzati sono stati: Flaccavento, Romano, *Osservare e sperimentare*, Fabbri editore, Milano; L. Cavalli Sforza, F. Cavalli Sforza, *Natura*, Einaudi scuola, Torino.

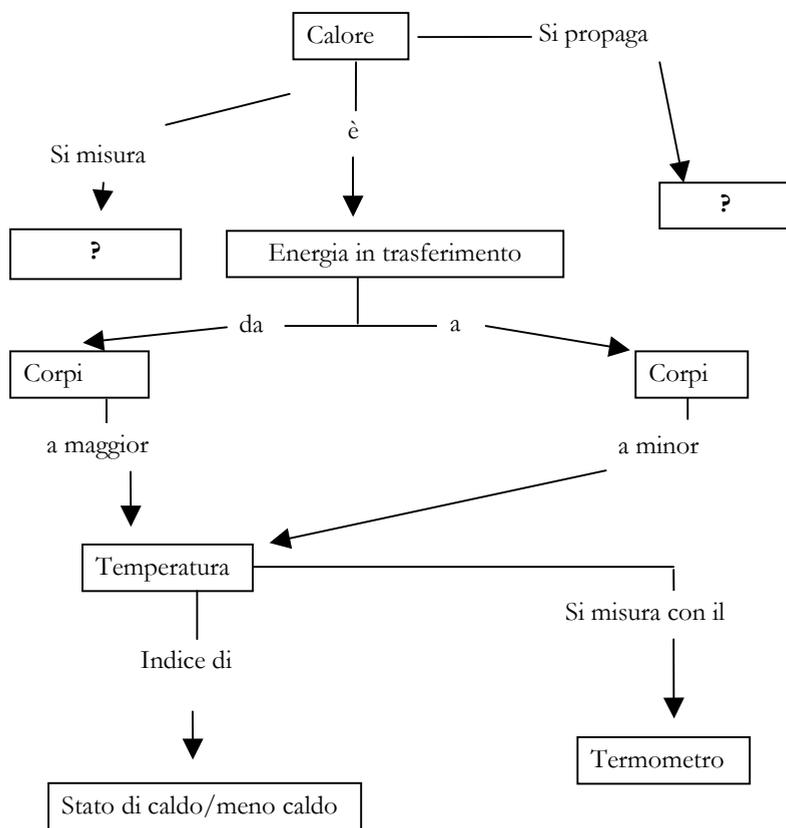


Fig. 4 - Mappa

La discussione relativa alla mappa ha portato alla rilevazione di alcune 'difficoltà' nell'usare termini scientifici. A questo punto i ragazzi hanno dovuto determinare una sequenza di esperimenti che potesse soddisfare le loro esigenze e chiarire i loro dubbi. Le hanno schematizzate nel seguente modo:

- comprensione del fatto che *se tocco un corpo con una mano quello che determino è una sensazione, questa sensazione non è sempre la stessa in condizioni diverse e che persone diverse valutano diversamente il caldo e il meno caldo di un corpo* (esperienza con le bacinelle che avevano già fatto alle elementari);

- comprensione del fatto che *tutti i corpi si 'allungano' e quindi posso considerare l'allungamento una caratteristica utile per misurare quanto è più caldo un corpo di un altro* (esperimento di riscaldamento di due beute con tubicino e liquidi diversi scaldati per un periodo di tempo uguale).

A questo punto si è presentato il problema di come poter utilizzare l'allungamento della colonna di mercurio per misurare la temperatura e di come fare per tarare lo strumento. La discussione è stata notevole evidenziando alcuni problemi di fondo: *“ma il termometro la suddivisione ce l'ha già fatta... Quindi qualcuno l'ha fatta?”*; questo ha permesso di introdurre il discorso delle unità di misura e del Sistema Internazionale.

In questa situazione l'uso quotidiano del termometro non ha aiutato i ragazzi, ma li ha spinti a rivedere le conoscenze acquisite dai libri e a pensare ad un metodo di taratura. L'operazione è risultata abbastanza complicata e ha suscitato molte discussioni. I quattro gruppi in cui era stata suddivisa la classe hanno utilizzato *un termometro senza suddivisioni* (cioè un termoscopio) e lo hanno posto nel ghiaccio che veniva riscaldato: *“adesso il ghiaccio si scioglie, la temperatura si alza e quindi il mercurio dovrebbe salire”*, *“ma ci mette molto tempo, perché non sale?”*

Le osservazioni hanno portato i ragazzi a condurre una indagine qualitativa osservando soltanto quello che succede al passare del tempo: *“il liquido nel termometro rimane fermo per un periodo di tempo abbastanza lungo, poi inizia a salire, sale molto velocemente finché l'acqua non bolle; dopo un po' che bolle il mercurio non sale più, si ferma di nuovo”*.

L'esperienza è stata ripetuta segnando il livello del mercurio durante la fusione del ghiaccio e successivamente durante l'ebollizione dell'acqua: *“i due valori estremi li chiamo 0 e 100, ma forse posso scegliere altri numeri... beh comunque scelgo questi perché sono più comodi... faccio prima a dividerli?”*.

Come insegnanti abbiamo ritenuto importante a questo punto porre una domanda: *“perché avete scelto proprio l'acqua per svolgere l'esperimento?”* non accettando la risposta immediata dei ragazzi *“perché lo abbiamo visto fare in questo modo”*. Questo ostacolo non era stato previsto e ci ha costretto a rivedere il percorso: i ragazzi stessi hanno dovuto ripercorrere tutto l'itinerario fatto fin dall'inizio arrivando alla conclusione che si trattava di fenomeni riproducibili e quindi di riferimento per eseguire la taratura.

La valutazione

Ogni gruppo ha preparato quattro domande cui un altro gruppo doveva rispondere, fra cui un esercizio (vedere Test 1). I ragazzi hanno anche scelto di compilare una scheda che mettesse in evidenza le difficoltà incontrate e pregi e difetti del modo di procedere nel percorso.

Test 1 (esempio di test preparato da uno dei gruppi per i compagni di classe)

Avete a disposizione due tegami pieni d'acqua che scaldate per 10 minuti su fornelli uguali. Misurate la temperatura nei due contenitori e leggete su un termometro 45°C e 80°C. Cosa potete dedurre (sui contenitori, sull'acqua...)?

1. Se taro un termometro e dò agli estremi dell'intervallo 25°C gradi e 180°C gradi, come posso suddividere l'intervallo stesso? È una scelta sensata?
2. Posso usare un altro liquido per costruire un termometro?
3. Elenca tutti i termini nuovi che hai usato all'interno della attività per costruire un glossario.

La raccolta dei dati, relativi a quest'ultima scheda, fatta a termine del lavoro dai ragazzi stessi, ha rilevato i seguenti risultati sui 22 ragazzi che hanno svolto l'esperienza: 20 hanno trovato interessante ed utile il modo di lavorare anche se molto faticoso (“*non avevo mai studiato così tanto*” è stato il commento di molti); 2 non lo hanno trovato interessante: “*è meglio studiare su un libro, gli esperimenti non fanno per me; in particolare provare a progettare degli esperimenti*”. Tutti hanno trovato difficoltà nella taratura del termometro “*non avremmo mai pensato che qualcuno doveva fare questa operazione, da cui poi gli altri termometri sono copiati!*”[sic!]

I risultati ottenuti

Un'osservazione personale al termine di questa esperienza: i ragazzi hanno realmente studiato tantissimo, ed hanno pensato all'ideazione degli esperimenti documentandosi anche a casa; dal punto di vista dell'insegnante direi che il risultato è stato buono, per la prima volta ho visto i ragazzi tutti interessati al lavoro in classe. In particolare cito un intervento di una ragazza “*beh, sì, scienze fatta così è proprio interessante, mi piace e mi diverte... non sarà sicuramente sempre così semplice, ma mi è sembrato un modo nuovo di studiare*”. Il commento è stato riferito dall'insegnante di lettere con cui la ragazza aveva parlato al termine di una lezione².

Il calore rimane ancora un concetto vago, da riempire di significato. Il tempo ‘scolastico’ non ha permesso la soluzione del problema che i ragazzi dovranno affrontare giungendo ad inizio dell'anno scolastico prossimo con una proposta di lavoro.

² Quelli citati sono solo alcuni degli esperimenti che i ragazzi hanno progettato, e cioè quelli che a loro modo di vedere sono i più significativi.

L'EBOLLIZIONE E L'EVAPORAZIONE DELL'ACQUA

SCUOLA PRIMARIA E SECONDARIA DI PRIMO GRADO

Antonio Testoni*

*Docente di scuola secondaria di secondo grado - I.T.I Copernico, Ferrara

Riflessioni sui fenomeni dell'ebollizione e dell'evaporazione dell'acqua¹

Ostacoli cognitivi ed epistemologici, criteri di scelta, finalità e contenuti

Il riscaldamento e l'ebollizione dell'acqua sono fenomeni quotidiani; sono probabilmente già stati incontrati dai bambini nel primo ciclo e/o nella scuola dell'infanzia. Ma una cosa è avere esperienza di un qualsiasi fenomeno, ed un'altra è concettualizzarlo.

Il ricorso ad una metodologia costruttivista prevede necessariamente tempi lunghi: la proposta didattica che viene qui delineata è lunga ed articolata, e prevede di lavorare per due ore settimanali impiegando circa quattro mesi. La descrizione del riscaldamento dell'acqua e quella dell'ebollizione devono essere separate affinché gli alunni distinguano le due fasi e notino le differenze nella grandezza delle bolle che si formano e nella quantità di 'fumo' prodotto. Se non si interrompe il riscaldamento prima dell'ebollizione e si invitano i ragazzi a descrivere ciò che si osserva, gli alunni hanno difficoltà a distinguere i due momenti. Molti chiamano 'piccola ebollizione' o 'leggera ebollizione' la prima formazione di bollicine (di aria e di vapore) e 'grande ebollizione' o 'vera grande ebollizione' l'ebollizione vera e propria. A seguito di queste due descrizioni, gli alunni sono in grado di dare una prima definizione di ebollizione dell'acqua, cioè come quel fenomeno che è caratterizzato dalla contemporanea presenza di bolle all'interno dell'acqua, emissione di 'nebbia' dalla superficie dell'acqua, agitazione violenta della superficie dell'acqua, diminuzione del volume d'acqua.

L'esperimento della distillazione dell'acqua permette di analizzare vari aspetti del fenomeno e di rispondere a domande che non sono affatto banali, dal momento che, come risulta da diverse indagini (svolte anche in ambito universitario²), anche studenti che frequentano facoltà scientifiche pensano che le bolle in questione siano di aria o che il fumo che si vede sia vapore acqueo.

Infatti, alla domanda "*Che cos'è, secondo te, quel fumo bianco che esce dal becker?*" molti alunni hanno sottolineato che quel fumo era vapore acqueo; ma alla richiesta dell'insegnante di esplicitare ulteriormente che cosa intendevano con il termine vapore acqueo, nessun bambino ha risposto con chiarezza 'è acqua'; per alcuni era calore, per altri aria, per molti un termine che non si sapeva spiegare.

La comprensione di 'che cos'è il fumo bianco che vediamo uscire quando l'acqua è in ebollizione' è frutto di un percorso didattico, costituito da più unità di apprendi-

¹ Hanno collaborato al progetto G. Cioncolini, M. Falleri, C. Fiorentini, A. Greppi, A. Martinucci, R. Nencini, E. Aquilini.

²P. Mirone, *Chimica nella Scuola*, 1995, pp. 17, 43.

mento, che ha come esperienza di riferimento la distillazione dell'acqua, esperienza indispensabile, ma assai complessa se non opportunamente studiata. Non è assolutamente banale comprendere che durante la distillazione si verifica una trasformazione dell'acqua e che non si realizza nessun travaso. È necessario soffermarsi sulle singole fasi dell'esperienza, descriverle, discuterle, per offrire ai bambini l'opportunità di ragionare e di capire: solo a questo punto è opportuno introdurre il termine 'vapore acqueo' o 'acqua vapore', perché l'esperienza e la riflessione su di essa hanno dato significato alle parole.

La misura della temperatura di ebollizione dell'acqua viene effettuata a questo punto del percorso, interrompendo il riscaldamento verso i 40°-50°C e chiedendo agli alunni di fare ipotesi riguardo all'andamento della temperatura. Molti alunni dicono di aspettarsi un continuo aumento della temperatura oltre i 100°C. A questo punto, ripetendo le misure della temperatura fino all'ebollizione, si può costruire un grafico che permette di verificare le ipotesi fatte. In questo modo l'acquisizione riguardo alla temperatura di ebollizione non sarà cieca, ma consapevole. L'esperimento relativo all'evaporazione permette di chiarire la differenza fra la nebbia che si vede e che accompagna l'ebollizione e il vapore che non si vede.

Modello di apprendimento adottato e strategie di insegnamento

Fare scienze nella scuola primaria con l'obiettivo di permettere a ciascun alunno di arrivare a possedere il concetto operativo dei fenomeni studiati, significa prendere le distanze sia dalle metodologie di tipo trasmissivo basate sulla ripetizione per lo più mnemonica delle pagine del sussidiario, sia dall'esperienza fine a se stessa basata sulla presentazione di qualche esperimento per lo più a carattere esplicativo di argomenti già letti nel sussidiario, spiegati dall'insegnante e passivamente ripetuti dai ragazzi.

L'educazione scientifica nella scuola primaria obbliga ad una metodologia costruttivista che pone gli alunni sia come spettatori di esperienze opportunamente progettate e relative a semplici fenomeni con cui i bambini sono quotidianamente a contatto che come progettisti di esperimenti. La traduzione in linguaggio tramite narrazione individuale di quanto osservato attribuisce significato all'osservazione e permette ad ogni alunno di esprimere con le parole quanto percepito. La successiva discussione con i compagni arricchisce la riflessione individuale superandone i limiti e le scorrettezze. Se il riferimento al concreto e la scelta dei contenuti sono elementi indispensabili per apprendere, è, però, il linguaggio che determina la costruzione del significato. Risulta, infatti, fondamentale l'attenzione alle 'parole' usate dai bambini nei loro scritti e nei loro interventi, parole che, se si riferiscono a esperienze, cioè ad immagini ed azioni concretamente osservate, assumono un significato condiviso che, insieme, può essere ulteriormente esplicitato e pienamente compreso. Rispettando il tempo necessario per ogni alunno ad inserirsi in modo attivo in questo percorso e accogliendo i prodotti individuali di tutti come preziosi contributi allo sviluppo della conoscenza, si realizza in classe quel laboratorio della mente dove le difficoltà diventano curiosità e motivazione, dove l'errore non valuta ma arricchisce, dove ogni alunno impara, lentamente, ad esprimere i propri pensieri e ragionamenti.

Problemi aperti

La difficoltà maggiore che i bambini incontrano, rispetto al tema trattato, è nel comprendere che le bolle, che si formano durante l'ebollizione dell'acqua, sono formate da vapore acqueo. Probabilmente, il fatto che il concetto di pressione - fondamentale per comprendere appieno questa fenomenologia - non sia ancora stato sviluppato a questo livello scolastico e la difficoltà nell'immaginarsi la formazione di bolle di vapore rappresentano gli ostacoli maggiori che il bambino (e il docente) deve affrontare.

Per ciò che riguarda 'i criteri di valutazione, i risultati ottenuti', si rimanda a quanto riportato nel percorso 'La combustione ed i combustibili'.

Percorso didattico sull'ebollizione-evaporazione dell'acqua

Il riscaldamento e l'ebollizione dell'acqua sono fenomeni quotidiani, che i bambini incontrano usualmente, possono anche averne fatto una prima concettualizzazione se hanno parlato di soluzioni, per il recupero del soluto. Ma una cosa è avere esperienza di un qualsiasi fenomeno, ed un'altra è concettualizzarlo.

Attrezzatura e materiale occorrente: becker da 400ml, fornello elettrico, termometro, distillatore, acqua distillata, acque minerali.

Collocare sopra una piastra elettrica un becker da 400ml, contenente circa 100ml di acqua distillata e chiedere ai bambini di osservare attentamente quello che succede durante il riscaldamento. L'osservazione del fenomeno può essere fatta anche collettivamente, ponendo il fornellino al centro dell'aula e facendo disporre i bambini intorno ad esso in modo che possano osservarlo agiatamente. In questo modo si favorisce una discussione tra pari, mediata dall'insegnante, il quale assume un ruolo di 'regista' della situazione che, con il compito di focalizzare i problemi e di sottolineare osservazioni fatte da singoli bambini ma rilevanti per tutti, può diventare una risorsa significativa in funzione della elaborazione scritta individuale che ciascun bambino dovrà fare³.

Fare ai bambini la seguente richiesta: "*Descrivi quello che è successo all'acqua nel becker*".

Leggere una o due descrizioni e discutere collettivamente su eventuali aggiunte o correzioni che si potrebbero fare e quindi chiedere ai bambini: "*Dopo la discussione con i compagni, vuoi aggiungere o modificare qualcosa alla tua descrizione?*". Dopo che i bambini hanno raggiunto una descrizione adeguata del riscaldamento dell'acqua è possibile concettualizzare la 'ebollizione dell'acqua'.

I bambini conoscono già la parola ebollizione? I bambini riconoscono il fenomeno dell'ebollizione?

Nel caso che nessun bambino utilizzi questo termine, chiedere loro se vi è qualche fase del riscaldamento dell'acqua molto diversa dalle altre. Se dalla discussione non

³ "Il pensiero e il ragionamento individuale si costruiscono attraverso pratiche sociali del discorso: i processi interattivi che sono condotti pubblicamente nello scambio con altri individui sono la base per qualsiasi competenza che possa venire interiorizzata e riattivata in altri contesti di discorso e di ragionamento" (Pontecorvo, Ajello, Zucchermaglio, *Discutendo s'impara*, NIS, Roma).

emerge nulla di significativo, ripetere l'esperimento del riscaldamento dell'acqua facendo in modo che l'acqua non arrivi mai all'ebollizione. Chiedere, quindi, ai bambini: *“Osserva e confronta questa esperienza con quella precedente: quali differenze noti?”*. È necessario che l'insegnante ponga particolare attenzione alle consegne che dà agli alunni:

- devono essere formulate in maniera chiara, semplice e precisa in modo che essi comprendano appieno il significato della richiesta;
- devono essere in funzione della costruzione di significati e concetti e servono come strumento per guidare e indirizzare correttamente l'osservazione.

“L'osservazione non consiste in una registrazione passiva di un fenomeno ... Si tratta invece di un processo attivo col quale l'osservatore controlla le proprie percezioni confrontandole con le proprie aspettative... Finché le osservazioni non servono a rispondere ad una domanda posta con chiarezza è possibile che i ragazzi non registrino accuratamente quel che vedono” (Ausubel, *Educazione e processi cognitivi*).

Dopo che un fenomeno è stato identificato diventa necessario indicarne il nome. Chiedere ai bambini: *“Definisci l'ebollizione”*. Anche in questo caso diventa necessario, se non lo si è fatto precedentemente, spiegare il significato della parola 'definizione', in modo che sia chiaro per i ragazzi che si sta chiedendo loro di indicare quelle che sono le caratteristiche distintive di un fenomeno o di un oggetto, quelle che permettono, cioè, di riconoscerlo con precisione e sicurezza anche in altri contesti. È un'attività che i bambini hanno fatto costantemente fin dal primo ciclo, quando si lavorava sulle parole 'proprietà', ma è opportuno ripetere esperienze analoghe facendo ricorso ad esempi di definizione in altri contesti, ad esempio: *“definisci un fiore”*, *“definisci un pesce”* mettendo in evidenza che le caratteristiche indicate devono permettere di stabilire con precisione se un certo oggetto può essere 'classificato' o meno come fiore o come pesce. I bambini sono, adesso, nelle condizioni di produrre qualcosa di simile a questa prima definizione: *“l'ebollizione dell'acqua è quel fenomeno che si verifica ad un certo punto del riscaldamento dell'acqua e che è caratterizzato dalla contemporanea presenza dei seguenti aspetti:*

- *formazione di una grande quantità di bolle all'interno dell'acqua;*
- *emissione di fumo dalla superficie dell'acqua;*
- *agitazione violenta della superficie dell'acqua;*
- *diminuzione dell'acqua”*.

Questa definizione potrà essere assunta come collettiva, partendo chiaramente dal confronto delle definizioni individuali prodotte dai singoli bambini. Questo primo concetto di 'ebollizione dell'acqua' ha evidentemente un carattere soltanto descrittivo; esso, tuttavia, costituisce la base percettiva ed operativa indispensabile per uno sviluppo successivo, rappresenta, cioè, l'ancoraggio referenziale fondamentale.

Che cos'è il 'fumo'?

Diventa ora necessario iniziare a fornire delle risposte a interrogativi che i bambini pongono in relazione a ciascuno dei quattro aspetti caratteristici dell'ebollizione e che hanno bisogno di risposte e chiarificazioni. È necessario chiarire la natura del 'fumo'

(il termine corretto è nebbia; il fumo, che si ha infatti durante la combustione, contiene anche particelle solide. Con i bambini si continua, tuttavia, ad utilizzare il termine di uso comune, o termini simili da loro impiegati).

Predisponete il lavoro per l'osservazione di un'esperienza che prevede l'utilizzo del distillatore, che viene presentato ai bambini come uno strumento utile per comprendere meglio che cosa succede durante l'ebollizione dell'acqua. Il distillatore è uno strumento complesso che necessita di essere analizzato con attenzione prima di essere utilizzato: fate disegnare lo strumento ai bambini. È importante che tutti i bambini acquisiscano consapevolezza dei percorsi diversi delle acque che vengono messe in circolo: l'acqua dell'ampolla che si riscalda e che alla fine si raccoglie nel becker, 'passando' attraverso la serpentina, e l'acqua che invece è fredda, e che da una tanica viene fatta circolare nel tubo intorno alla serpentina e alla fine viene raccolta in un secchio. È importante accertarsi che tutti i bambini comprendano che le due acque non possono mescolarsi perché i percorsi sono separati e non ci sono tra loro vie di comunicazione.

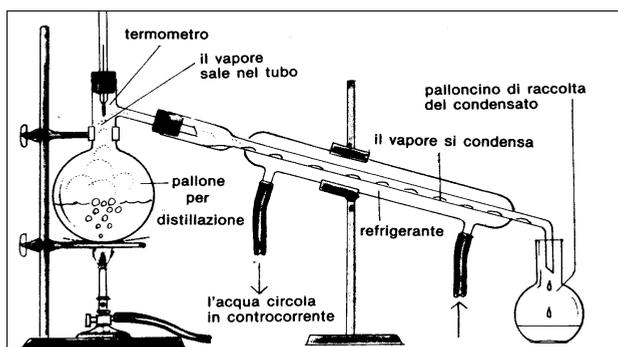


Fig. 5

Per favorire l'acquisizione delle consapevolezze precedentemente indicate, è opportuno, come prima operazione, far passare soltanto l'acqua di raffreddamento.

Dopo aver preparato il distillatore, iniziare il riscaldamento dell'acqua, per mezzo di una piastra elettrica, mettendo alcuni ml di acqua distillata nell'ampolla. Chiedere ai bambini, mentre osservano: *“Quali sono le somiglianze e le differenze che notate con l'esperimento iniziale, quando l'acqua veniva riscaldata nel becker?”*. Chiedete ai bambini di rispondere individualmente nel quaderno e socializzare le risposte. Se è necessario, invitate i bambini a rileggere nel loro quaderno la prima descrizione del riscaldamento e dell'ebollizione dell'acqua.

Probabilmente, è necessario ripetere la domanda precedente, chiedendo sempre ai bambini di rispondere individualmente, dopo aver tolto il tappo nel distillatore.

A questo punto, fate ai bambini la seguente domanda: “*Che cosa è successo all’acqua? Quali trasformazioni sono avvenute?*”. L’esperienza è di nuovo quella dell’ebollizione dell’acqua; essa è, tuttavia, effettuata con un dispositivo diverso da quello iniziale che permette più facilmente la comprensione di ciò che avviene: i bambini possono infatti constatare che tutta l’acqua dell’ampolla si trasforma in qualcosa che non si vede; che, a sua volta, si ritrasforma nella serpentina di nuovo in acqua, la quale va a finire nel becker. L’osservazione dell’esperimento dopo aver tolto il tappo può essere indispensabile per far sì che tutti i bambini acquisiscano la consapevolezza precedente, superando una visione di tipo magico. Quando si toglie il tappo ci si riporta al primo esperimento in cui si vede il ‘fumo’; appena si ritorna a tappare, non si vede nulla. In conclusione, la concettualizzazione che tutti i bambini sono invitati a costruire è che, durante l’ebollizione, l’acqua si trasforma in ‘acqua che non si vede’ che, a sua volta, si ritrasforma in acqua liquida, quando viene raffreddata. Soltanto a questo punto ha significato introdurre il termine vapore acqueo, per indicare l’acqua che non si vede’, soltanto nel momento in cui si è compreso il concetto, è importante introdurre il termine che permette di memorizzarlo. Indubbiamente è importante introdurre con i bambini termini corretti, chiarendo il diverso significato che essi possono avere in un contesto meno formalizzato come quello della realtà quotidiana. Le conoscenze di senso comune spesso favoriscono il radicarsi di misconcetti e impediscono una reale e piena comprensione di concetti scientifici. Probabilmente il termine ‘vapore’ era stato proposto da alcuni bambini fin dall’inizio di questa attività per designare il ‘fumo’. Vi è, tuttavia, una profonda differenza tra esso e il termine ‘vapore acqueo’: vapore è un termine generico e non specifico (tutti i liquidi per ebollizione danno vapori), che è utilizzato nella vita quotidiana come sinonimo di vapore acqueo. In questa accezione, quando vi è mancanza di consapevolezza in chi lo usa, esso nasconde il significato del ‘fumo’.

Si possono a questo punto introdurre i termini condensazione ed ebollizione inserendoli nello schema precedente fornendo una scheda del tipo seguente.



Aggiungiamo la seguente precisazione: la trasformazione del vapore acqueo in acqua per raffreddamento prende il nome di condensazione.

Si può porre ai bambini la seguente richiesta scritta individuale: *“Allora, il fumo che esce dall'acqua in ebollizione che cos'è?”*. Quando si sia compreso che il 'fumo' è costituito da goccioline piccolissime di acqua, si può chiedere ai bambini: *“Perché si forma?”*. Perché l'aria che si trova sopra il becker è fredda ed è in grado di condensare il vapore acqueo che esce dall'acqua.

Introdurre i termini condensazione ed ebollizione inserendoli nello schema precedente. Fate infine questa domanda ai bambini: *“Come pensate di spiegare che il vapore acqueo (presente nel distillatore durante l'ebollizione) non è visibile?”*. Con questa domanda cerchiamo di portare i bambini a comprendere la necessità di ipotizzare l'esistenza del microscopico, e cioè a formulare ipotesi quali la seguente: durante l'ebollizione l'acqua liquida si trasforma in particelle di acqua (o altri termini usati dai bambini) talmente piccole da non essere visibili.

L'acqua distillata

Ripetere l'esperimento dell'ebollizione dell'acqua, versando in un becker alcuni ml di acqua di rubinetto tenendola sul fornellino fino a che non si è consumata tutta. Quindi fare ai bambini la seguente richiesta: *“Osserva e confronta questa esperienza con quella dell'ebollizione dell'acqua distillata. Quali differenze noti?”*.

Socializzare le risposte e mettere in evidenza che l'acqua di rubinetto ha lasciato nel becker una 'patina biancastra'. Chiedere ai bambini spiegazioni circa la natura di quella patina e sottolineare che l'acqua è una soluzione perché, pur apparendo limpida e trasparente, contiene sostanze solide disciolte che si vedono solo quando tutta l'acqua si è trasformata in vapore acqueo.

Le acque minerali

Il sapore dell'acqua dipende dalla quantità e dal tipo di sostanze disciolte e ciò può essere constatato mettendo a confronto alcuni tipi di acque minerali. Scegliete tre tipi di acqua minerale con contenuto salino molto diverso; il confronto viene fatto sulla base del valore del residuo fisso a 180°C. Fate assaggiare le acque ai bambini e fare registrare le differenze.

Mettere circa 20ml di ciascuna delle tre acque in becker diversi, metterli sul fuoco fino a che si sono consumate tutte e chiedere ai bambini: *“Quali differenze noti nella 'patina' lasciata dai tre diversi tipi di acqua minerale?”*. Fotocopiare le etichette delle bottiglie e distribuirle ai bambini per confrontarle e mettere in relazione la quantità di patina lasciata da ciascuna con il relativo valore del residuo fisso a 180°C. Si constata così che ci sono grandi differenze nelle quantità di sali disciolti: vi sono acque minerali che ne contengono più di 1g/l, ve ne sono altre che contengono meno di 0,05g/l di sali. La

prima distinzione fra le acque minerali la fa il ‘residuo fisso a 180°C’ (si evaporano ml 200 di acqua in capsula di platino su bagnomaria, poi si secca in stufa a 100-110°C ed si scalda a 180°C fino a peso costante; il valore viene espresso normalmente in mg/l):

- acque ‘minimamente mineralizzate’ caratterizzate da un residuo fisso minore 50 mg/l di sali (sono indicate per chi soffre di calcoli renali e nei casi di ipertensione arteriosa);
- acque ‘oligominerali’ o ‘leggermente mineralizzate’ caratterizzate da un residuo fisso minore di 500mg/l (anch’esse favoriscono la diuresi e prevengono la calcolosi renale);
- acque ‘medio-minerali’ caratterizzate da un residuo fisso compreso fra 500mg/l e 1500mg/l (contengono una percentuale consistente di sali minerali, pertanto andrebbero alternate con acque più leggere);
- acque ‘ricche di sali minerali’ o ‘fortemente mineralizzate’, caratterizzate da un residuo fisso superiore ai 1500 mg/l (vanno bevute solo a scopo terapeutico su consiglio medico, per reintegrare eventuali carenze in sodio, potassio, magnesio o altri elementi).

L’acqua bolle a 100°C

È probabilmente conoscenza di senso comune che l’acqua bolle a 100°C, ma molti non conoscono il significato di questa affermazione. A scuola essa viene generalmente presentata in modo inadeguato psicologicamente: in alcuni casi viene semplicemente enunciata, in altri l’affermazione è accompagnata da un grafico indicante la relazione esistente tra tempo di riscaldamento dell’acqua e temperatura. Ma, anche nel secondo caso l’operazione è illusoria, in quanto lo studente della scuola di base non ha ancora la capacità di risalire da una rappresentazione così astratta alla realtà. Il cammino che suggeriamo di percorrere è quello opposto.

Se lo studente non avrà, in molte occasioni, negli ambiti fenomenologici più disparati, affrontato il passaggio dal concreto all’astratto, dal fenomeno alla rappresentazione in diagrammi, si troverà, anche nella scuola superiore nell’impossibilità di effettuare il percorso inverso.

Effettuare di nuovo il riscaldamento dell’acqua, ma ora la consegna non è quella dell’osservazione diretta del fenomeno bensì quella della registrazione della temperatura dell’acqua in relazione al riscaldamento.

Occorre ripetere l’esperimento; tuttavia ciò non è sufficiente: a volte gli esperimenti possono essere effettuati con modalità diverse, tali da renderli ora ciechi, ora intelligenti (Wertheimer, *Il pensiero produttivo*, Giunti, Firenze, 1965). È cieca la modalità più ovvia di effettuazione di questo esperimento, consistente nella diretta registrazione del tempo e della temperatura. Indubbiamente essa permetterebbe di comprendere il significato dell’affermazione ‘l’acqua bolle a 100°C’, ma lo farebbe in modo cieco in quanto questa caratteristica apparirebbe come un fatto ovvio.

Prima di effettuare l’esperimento è necessario verificare quale consapevolezza hanno i bambini degli effetti del calore sugli oggetti. È conoscenza di senso comune l’idea

che quanto più si riscalda un corpo, tanto più questo diventa caldo (questo principio è nel senso comune relativizzato, perché vi sono corpi che ad un certo punto bruciano, vi sono corpi che conducono bene il calore ed altri no, ecc.). Chiedere ai bambini di riportare in una tabella gli effetti del calore su un cucchiaino di metallo (esperienza effettuata l'anno precedente) con il passare del tempo: “*Cosa succede se metto su un fornellino acceso un cucchiaino di metallo?*”.

	<i>Dopo un minuto</i>	<i>Dopo cinque minuti</i>	<i>Dopo mezz'ora</i>
Succede che...			

Socializzate le risposte.

A questo punto si può iniziare l'esperimento di riscaldamento dell'acqua, dando l'indicazione ai bambini di registrare ogni trenta secondi la temperatura in una tabella con due colonne, una per il tempo di riscaldamento e l'altra per la temperatura.

<i>Tempo</i>	<i>Temperatura</i>
Dopo 30 secondi	
Dopo 1 minuto	
Dopo 1 minuto e mezzo	
Dopo due minuti	
Dopo 2 minuti e mezzo	
Dopo 3 minuti	

Il dispositivo sperimentale è costituito dalla piastra elettrica, da un becker da 300ml contenente circa 100ml di acqua distillata e da un termometro che abbia una scala che arrivi oltre i 100°C. Se i bambini non hanno mai visto un termometro uguale è necessario farglielo osservare attentamente ed eventualmente effettuare un disegno dello strumento.

Dopo un po' di tempo, quando la temperatura è sui 40 - 50°C, interrompere il riscaldamento e dare ai bambini la seguente consegna individuale: “*Prova ad ipotizzare che cosa succederà alla temperatura dell'acqua lasciandola sul fornellino per un tempo molto più lungo di 4 minuti?*”. Generalmente la maggior parte dei bambini non è in grado di prevedere che la temperatura a 100°C rimane costante: molti ipotizzeranno che continuerà a salire fino alla rottura del termometro.

Riprendere il riscaldamento dell'acqua, che verrà mantenuta per alcuni minuti e riprendere la registrazione della temperatura. Chiedere ai bambini: “*Scrivo le mie impressioni su questa esperienza?*”. I bambini constateranno la costanza della temperatura di ebollizione dell'acqua, ma lo faranno provando stupore, (alcuni penseranno che il termometro non funzioni), meraviglia per qualcosa che sembra strano e illogico. Soltanto in

questo modo un fatto cieco può diventare un problema: perché la temperatura non continua a salire? perché l'acqua non diventa più calda, nonostante si continui a fornire calore? La stessa meraviglia fu provata dagli scienziati settecenteschi che osservarono questo strano fenomeno: risultò loro così assurdo che coniarono un termine che è poi rimasto, seppure con un'accezione completamente diversa: calore latente di evaporazione. Mentre per loro significava calore che si nascondeva, perché non manifestava effetti, non faceva aumentare la temperatura; dopo che si capì che il calore all'ebollizione viene completamente utilizzato per rompere i legami fra le molecole nel passaggio da acqua liquida ad acqua vapore; quel termine venne impiegato (e viene ancora oggi) per indicare il calore necessario per far bollire una precisa quantità d'acqua.

Ripetere l'esperienza (non è più necessario interrompere il riscaldamento), usando, questa volta, acqua di rubinetto. Si constaterà che la temperatura dell'acqua tende, seppur molto lentamente, a salire. Già la temperatura finale dovrebbe essere leggermente superiore a 100°C . Abbiamo usato il condizionale perché la temperatura dipende anche da altri fattori, quali la pressione atmosferica e la precisione del termometro. Infatti, anche con l'acqua distillata la temperatura di ebollizione potrebbe non risultare 100°C . Scientificamente si parla di innalzamento ebullioscopico a proposito dell'aumento della temperatura di ebollizione dell'acqua in funzione della quantità di sali disciolti.

Far realizzare ai bambini due grafici utilizzando la carta millimetrata e i dati raccolti:

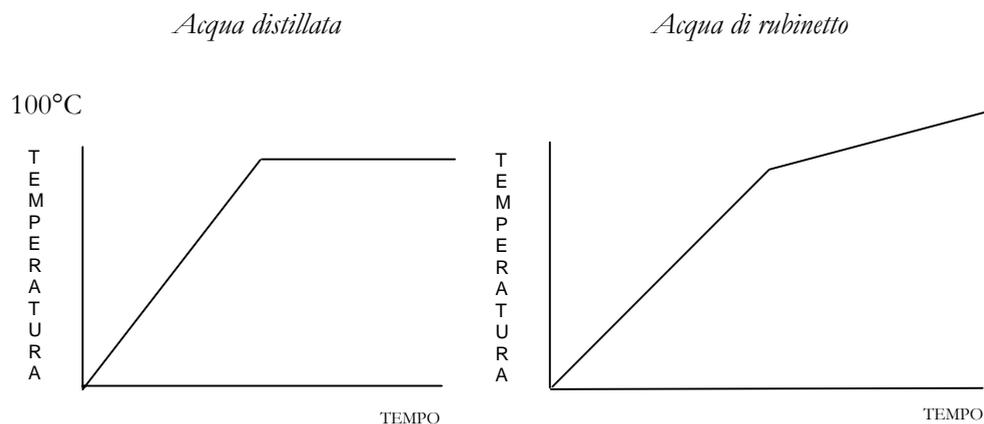


Fig. 6

Fate aggiungere alla precedente definizione dell'ebollizione dell'acqua, la caratteristica che essa si verifica alla temperatura costante di 100°C (se l'acqua è distillata e la pressione atmosferica è pari a 1 atm).

L'evaporazione dell'acqua

La concettualizzazione dell'evaporazione dell'acqua deve essere collocata alla fine di questo percorso e non all'inizio, come si potrebbe spontaneamente ipotizzare in relazione al fatto che essa è indubbiamente più importante e più presente dell'ebollizione nella vita quotidiana dei bambini. L'evaporazione dell'acqua è, tuttavia, un fenomeno che normalmente non si vede: sono invece osservabili, nel tempo, i suoi effetti, la diminuzione prima e poi la sparizione dell'acqua. Comprendere che con l'evaporazione l'acqua sparisce non è difficile per il bambino; è, infatti, esperienza quotidiana constatare che le cose bagnate si asciugano, quali le strade, gli indumenti lavati, ecc. Ma concettualizzare, sempre a livello elementare, l'evaporazione dell'acqua è qualcosa di molto diverso da questa conoscenza di senso comune. È iniziare a comprendere che cosa succede all'acqua quando sparisce. La velocità di evaporazione dipende da molti fattori quali la temperatura, la superficie dei liquidi, la presenza di aerazione,... In questa prima fase di acquisizione del concetto è necessario restringere le variabili alla variazione di temperatura ed all'utilizzo di diversi campioni di soluzioni acquose.

Preparare 6 beakers da 400ml contenenti: in 2 beakers, 20ml di acqua di rubinetto; in 2 beakers, 20ml di una soluzione di acqua distillata e sale e in 2 beakers una soluzione di acqua distillata e solfato di rame.

Collocare 3 beakers (uno per ciascun tipo di soluzione) in una zona della classe lontana e 3 in una zona della classe vicina a fonti di calore (quali il termosifone d'inverno o una finestra in cui batta il sole per alcune ore in primavera). Fare osservare e registrare che cosa accade dopo alcuni minuti, dopo alcune ore e dopo alcuni giorni, fino a completa sparizione dell'acqua in tutti i recipienti. Fare un elenco delle differenze notate.

Chiedere ai bambini delle spiegazioni in relazione a ciò che è successo facendo loro delle domande scritte e chiedendo di motivare le risposte:

“Come mai l'acqua non c'è più?”.

“Come mai nei recipienti vicini ad una fonte di calore l'acqua è sparita prima?”.

“L'acqua che è sparita dov'è andata?”.

“In che cosa si è trasformata?”.

Socializzate le risposte. È possibile che il termine evaporazione sia stato impiegato dai bambini fin dall'inizio di questi esperimenti: ora è comunque il momento in cui esso va introdotto intenzionalmente, in quanto si è finalmente compreso che l'acqua sparisce perché si trasforma in vapore acqueo.

Riprendere le considerazioni sulla visibilità del vapore acqueo fatte quando si lavorava con il distillatore e porre ai bambini la seguente domanda scritta individuale: *“Ripensa alle esperienze osservate quest'anno: ebollizione, distillazione, evaporazione; scrivi in quale esperienza abbiamo visto il vapore acqueo e in quale non lo abbiamo visto pur pensando che ci fosse”.* Socializzare le risposte.

Chiedere individualmente per scritto: *“Prova a spiegare perché il fumo si vede nell’ebollizione mentre il vapore acqueo non si vede nella distillazione e nell’evaporazione”*. Socializzate le risposte. È molto probabile che i bambini ipotizzino che il vapore acqueo non è visibile perché le particelle di cui è costituito sono talmente piccole da non essere visibili, mentre il ‘fumo’ è, invece, visibile perché le goccioline di acqua che lo rendono visibile sono costituite dall’unione (aggregazione) di molte particelle di acqua più piccole e non visibili.

Che cosa sono le bolle? Approfondimento per la scuola secondaria di primo grado

Dopo che gli alunni hanno compreso che cos’è il fumo è opportuno indagare sulla natura delle bolle che si formano durante l’ebollizione. Ripetete l’esperienza dell’ebollizione di una piccola quantità di acqua, e, mentre gli studenti la osservano chiedete loro: *“Osserva attentamente le bolle che si formano nell’acqua, di che cosa sono fatte?”* Molti studenti tendono a rispondere che le bolle sono fatte di aria (è esperienza quotidiana la formazione di bolle dovute all’aria) ed è stato riscontrato che anche nelle risposte di studenti universitari permangono risposte quali: le bolle sono dovute all’aria o alla formazione di idrogeno ed ossigeno.

Registrare le ipotesi degli alunni e stimolare una discussione collettiva che chiarisca i seguenti aspetti:

- inizialmente le bolle sono, in effetti, dovute alla presenza dell’aria che in essa è contenuta, infatti la solubilità dell’aria nell’acqua diminuisce all’aumentare della temperatura, ma è troppo poca per giustificare la presenza di una così grande quantità di bolle.

<i>Gas</i>	<i>0°C</i>	<i>10°C</i>	<i>20°C</i>	<i>30°C</i>
Aria	28,80*	22,68*	18,70*	16,07*
Ossigeno	48,90	38,00	31,03	26,16
Diossido di carbonio	1.713	1.194	878	665

* ml di aria in 1 litro di acqua a pressione atmosferica (1atm)

- nell’esperienza con il distillatore si è visto che tutta l’acqua si trasforma in vapore acqueo, cioè acqua che ha assunto una forma diversa, e che tutto il vapore si trasforma in acqua, quindi è impossibile che l’acqua si trasformi in aria.

È un passaggio non facile e per verificare più precisamente ciò che ciascun studente ha effettivamente compreso chiedere di rispondere per scritto alla seguente domanda: *“Dopo la discussione sulle bolle scrivo quello che ho capito”*. Fornire una scheda riassuntiva sulla natura delle bolle.

GLI STATI DELLA MATERIA E I PASSAGGI DI STATO: UN PERCORSO SPERIMENTALE

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO E SECONDO GRADO

Villi Demaldè*

*Docente di Chimica - Istituto d'Arte 'Dosso Dossi', Ferrara

Linee essenziali del progetto

In un approccio alle scienze sperimentali, a livello di scuola secondaria sia di primo sia di secondo grado, l'argomento degli stati fisici della materia, e quindi dei passaggi di stato, riveste un ruolo importante. Esso, infatti, da un lato consente la descrizione e l'iniziale comprensione di fenomeni naturali quali il ciclo dell'acqua, con le sue conseguenze (precipitazioni e relativi scambi termici), dall'altro permette di introdurre il modello particellare della materia, almeno nella sua forma più semplice e intuitiva.

Modello di apprendimento e strategie di insegnamento

Accanto a questi rilevanti aspetti di contenuto, un adeguato percorso sperimentale consente al docente di fare emergere anche significativi aspetti metodologici, sia per quanto riguarda la propria metodologia didattica, sia come introduzione degli allievi al cosiddetto *metodo sperimentale*. La prospettiva in cui questo contributo si colloca è quella della *reinvenzione guidata*, secondo la definizione del matematico H. Freudenthal¹, quella prospettiva didattica cioè in cui non solo si forniscono le informazioni corrette, ma si cerca di farne comprendere il significato all'interno del contesto in cui sono inserite, sia che si tratti di un particolare fenomeno o di un insieme più vasto di fatti e di relazioni. Un tale approccio differisce evidentemente da quello cognitivista, ma anche da quello costruttivista - che a prima vista può sembrare assai simile - per il ruolo assegnato al docente, che non è qui un mero *facilitatore* dell'apprendimento dell'allievo, che ne sarebbe sostanzialmente in tale visione il solo protagonista, ma una vera e propria *guida* nel processo di insegnamento/apprendimento. In questa prospettiva il docente percorre, insieme ad ogni studente, il cammino necessario perché quest'ultimo si appropri personalmente di ogni concetto. La funzione dell'insegnante è perciò quella di comunicare l'*orizzonte* che dà significato alla singola informazione, nel rispetto delle caratteristiche proprie della disciplina e delle capacità di comprensione dello studente, nonché di aiutare i singoli allievi e la classe come gruppo di lavoro a riconoscere la natura dei fenomeni studiati, le relazioni causa-effetto presenti in essi come pure quelle matematiche tra le grandezze in gioco, a formulare ipotesi esplicative, a verificarle sperimentalmente, a discutere criticamente i risultati, a giungere infine alle conclusioni corrette.

¹ Cfr. H. Freudenthal, *Ripensando l'educazione matematica*, La Scuola, Brescia, 1994.

La strategia adottata nel percorso proposto prevede un uso sistematico del laboratorio, inteso non solo come luogo fisico o come pura operatività, ma anzitutto come *dimensione sperimentale* del lavoro con gli allievi, che è presente quindi anche nei momenti passati in aula. Un altro aspetto centrale è l'intreccio della fase operativa (preparazione dell'esperimento, raccolta dei dati ecc.) con quella di elaborazione teorica dei risultati, facilitato dalle cosiddette *domande guida*, che aiutano l'alunno a 'interrogare' nella maniera corretta la realtà del fenomeno che sta studiando. Ricordo qui l'affermazione di Rosalind Diver: "*Finché le osservazioni non servono a rispondere a una domanda posta con chiarezza è possibile che i ragazzi non registrino accuratamente quello che vedono*"².

Finalità e contenuti

Il percorso proposto deve naturalmente tenere conto del contesto in cui esso è inserito, ma è abbastanza flessibile da potersi adattare, con le dovute modifiche per quanto riguarda il livello di approfondimento, anche a contesti differenti, quali il biennio della scuola superiore. In effetti questo lavoro nasce dalle esperienze didattiche maturate nell'ambito dei corsi di Laboratorio di Fisica e Chimica e di Scienza della Materia che lo scrivente ha tenuto per diversi anni presso l'ITC 'Monti' di Ferrara e nei quali è stato validato. Esso potrebbe utilmente collocarsi in uno sviluppo di argomenti legati alla fisica (per quanto riguarda la parte di terminologia: calore, temperatura, scale termometriche ecc.), piuttosto che in uno degli argomenti legati alla Terra come pianeta (meteorologia, biologia, ecologia: ciclo dell'acqua e ruolo che in esso ha l'energia, caratteristiche di abitabilità del pianeta, ruolo dell'acqua per la vita ecc.). In ogni caso, per il suo svolgimento, sono necessari alcuni prerequisiti, sia in termini di *conoscenze* (concetto di temperatura, concetto di calore, quindi differenza fra temperatura e calore, funzionamento del termometro, conoscenza delle caratteristiche macroscopiche degli stati della materia) sia di *abilità* (misura della temperatura con il termometro - fusione del ghiaccio, ebollizione dell'acqua ecc. -, misura del tempo con il cronometro, capacità di rappresentare dati con grafici in coordinate cartesiane e di interpretare correttamente gli stessi, cogliendo le relazioni matematiche tra le grandezze che vi compaiono).

Gli *obiettivi formativi* del percorso possono essere così riassunti:

- conoscenza degli stati fisici della materia,
- comprensione del ruolo del calore (energia) nei passaggi di stato,
- interpretazione in chiave microscopica dei passaggi di stato,
- capacità di leggere a vari livelli i fenomeni naturali.

Possibili ostacoli cognitivi ed epistemologici

Il tema indicato pone una serie di problemi per il suo svolgimento, che vanno da quelli legati al linguaggio (sciogliere/liquefare/fondere usati come sinonimi nel linguaggio comune, mentre hanno significati diversi e specifici nel linguaggio scientifico),

² R. Diver, *L'allievo come scienziato*, Zanichelli, Bologna, 1988.

alle difficoltà di ordine sperimentale (non costanza delle temperature nei passaggi di stato, dovuta in genere al riscaldamento troppo rapido, rischi legati all'uso di fonti di calore e che saranno illustrate più dettagliatamente in seguito), alla necessità infine di connettere i due livelli, quello *macroscopico* delle osservazioni e quello *microscopico* che si può solo ipotizzare ma che è comunque necessario per la comprensione degli aspetti macroscopici dei fenomeni; in una parola il problema di come introdurre in modo adeguato ed efficace il modello particellare della materia.

Il progetto in atto

L'attività sperimentale si compone di tre prove, corrispondenti ad altrettante attività:

- a) curva di riscaldamento dell'acqua;
- b) curva di raffreddamento del tiosolfato di sodio fuso;
- c) curva di raffreddamento del tiosolfato di sodio fuso.

Esse sono precedute da un momento introduttivo in aula, in cui inquadrare scopo, contenuto e metodo del lavoro da svolgere in laboratorio.

Prima prova

Per la *prima prova*, l'apparato sperimentale è estremamente semplice: un bicchiere pirex da 400-600 ml, un opportuno sistema di riscaldamento (piastra elettrica, preferibile, o un bruciatore), un termometro e un cronometro o un orologio con contasecondi, acqua preferibilmente distillata. La prova consiste nel misurare, ad intervalli di tempo prefissati (es. ogni 30 secondi) la temperatura di una data massa d'acqua, a partire dalla temperatura ambiente. I dati, raccolti dapprima in una opportuna tabella, saranno poi utilizzati per ottenere un grafico in coordinate cartesiane temperatura/tempo come il seguente:

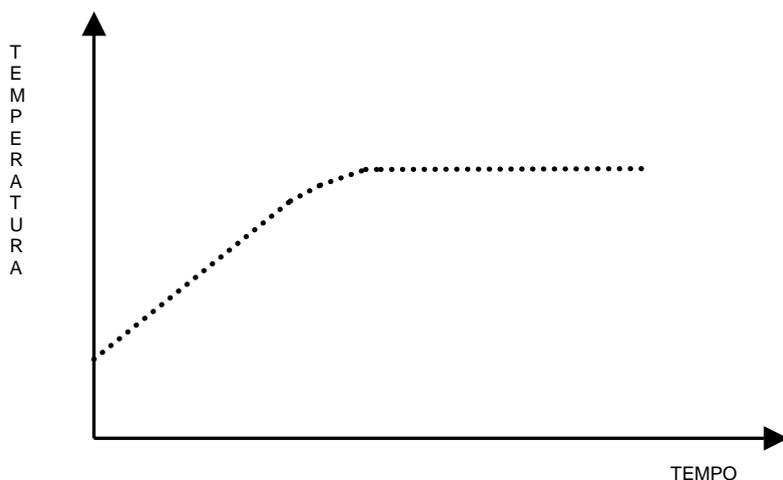


Fig. 7

Il grafico ottenuto a mano su carta millimetrata o con l'uso del foglio elettronico, è poi discusso e analizzato in classe, partendo dalle seguenti domande guida:

- di *quante parti* si compone il grafico?
- che cosa *accade* nella prima parte?
- che cosa *accade* nella seconda parte?
- come *varia* la *temperatura* nella prima parte?
- come *varia* la *temperatura* nella seconda parte?
- nella seconda parte della prova continua il riscaldamento?
- dove va 'a finire' il calore che continuiamo a fornire all'acqua?

La discussione che ne segue è volta naturalmente a fare emergere le osservazioni relative alle variazioni di temperatura durante il riscaldamento dell'acqua (prima parte), durante il passaggio di stato vero e proprio (ebollizione), in cui la temperatura rimane pressoché costante e a introdurre l'ipotesi che in tale fase il calore fornito serve proprio a trasformare l'acqua da liquido in vapore. Riferimenti tratti anche dalla vita quotidiana (ad esempio la sensazione di freddo che si ha quando l'acqua evapora dalla pelle bagnata, o l'azione del *ghiaccio spray* usato per le contusioni) possono ulteriormente suffragare l'ipotesi che nel passaggio liquido-vapore venga assorbito quello che si chiama in fisica il *calore latente di evaporazione*. In questa fase può essere opportuno inserire la sottolineatura che il passaggio liquido aeriforme può avvenire in realtà anche a temperature inferiori a quella di ebollizione, nel noto fenomeno dell'evaporazione.

Alcune difficoltà di ordine operativo possono complicare il quadro dei dati ottenuti. Il riscaldamento deve anzitutto essere costante (come è quello fornito da una piastra elettrica o da un bruciatore regolato sempre allo stesso modo), così da poter assumere la durata del riscaldamento come misura indiretta della quantità di calore fornita all'acqua. Un riscaldamento troppo rapido e violento può provocare dei surriscaldamenti locali nell'acqua e quindi, a seguito dei moti convettivi della stessa, variazioni della temperatura sia durante la fase di riscaldamento iniziale sia durante l'ebollizione vera e propria, che infatti non avviene a 100°C rigorosamente costanti, come ci si aspetterebbe, ma con piccole variazioni di temperatura. Per minimizzare questi effetti può essere utile l'agitazione. In ogni caso è consigliabile usare masse d'acqua abbastanza grandi, così da rendere il riscaldamento il più possibile lento e graduale. Il grafico, poi, si presenta 'arrotondato' per temperature dagli 85-90 ai 100°C circa, e non ha quindi l'andamento 'spigoloso' che si vede in genere nelle figure riportate sui testi, dato che l'ebollizione inizia in realtà in modo graduale e non brusco. Anche queste apparenti 'anomalie' è opportuno siano discusse in classe.

A questo punto si potrebbe inserire un possibile approfondimento, in termini di sviluppo della relazione tra variazione di temperatura durante il riscaldamento e massa d'acqua usata, o tra variazione di temperatura e tipo di liquido usato, giungendo così a introdurre i concetti di capacità termica e di calore specifico.

Un'altra possibile linea di sviluppo consiste nell'utilizzare, anziché acqua distillata, acqua a cui sia stato aggiunto del sale da cucina, così da studiare il diverso comportamento delle soluzioni rispetto alle sostanze pure. In questo caso la temperatura, anzi-

ché rimanere costante durante l'ebollizione, tende ad aumentare mano a mano che la soluzione salina si concentra per l'evaporazione dell'acqua. Le proprietà fisiche delle soluzioni non sono quindi caratteristiche, come accade per le sostanze pure, ma dipendono dalla loro concentrazione.

Seconda prova

Nella *seconda prova* si misura la temperatura in funzione del tempo di un campione di tiosolfato di sodio pentaidrato ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, una sostanza pressoché innocua), in precedenza fatta fondere a bagnomaria. La temperatura di fusione di questa sostanza, infatti, è di soli 48°C . Il dispositivo sperimentale consiste quindi nel suddetto bagnomaria (può essere il bicchiere pirex della prova precedente), in cui è immersa una provetta contenente alcuni grammi di tiosolfato e il termometro. Il cronometro già impiegato in precedenza completa la strumentazione necessaria.

Per prima cosa si fa fondere il tiosolfato nel bagnomaria, fino a che la sua temperatura arrivi attorno agli 80°C . A questo punto si estrae la provetta dal bagnomaria, la si allontana dalla fonte di calore e la si lascia raffreddare all'aria (ciò garantisce un raffreddamento più lento e graduale). Facendo partire il cronometro, si legge la temperatura a intervalli regolari (es. ogni 30 secondi), osservando anche l'aspetto della sostanza. Quando la temperatura giunge a circa $50\text{-}52^\circ\text{C}$ si fanno cadere nel tiosolfato ancora fuso alcuni cristalli dello stesso sale solido (lo scopo di questa operazione si chiarirà dopo). Si raccolgono in una tabella i dati temperatura/tempo/aspetto della sostanza come per la prova precedente e con questi valori si traccia il grafico.

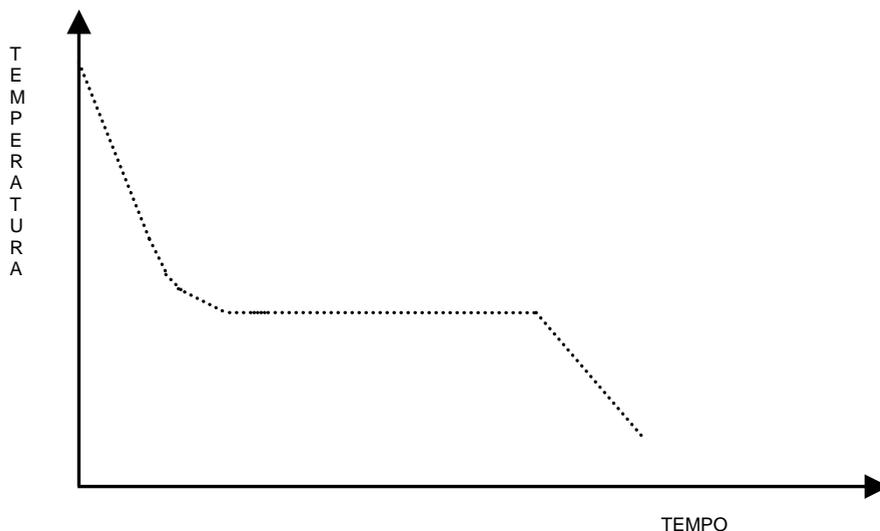


Fig. 8

Il grafico (curva di raffreddamento) presenta il caratteristico *plateau* che corrisponde alla solidificazione del liquido, fase durante la quale la temperatura rimane costante.

Anche questo grafico si può discutere in classe, a partire da una serie di domande guida simili a quelle della prima prova, ma con alcune differenze:

- di *quante parti* si compone il grafico?
- cosa accade nella *prima parte*?
- cosa accade nella *seconda parte*?
- cosa accade nella *terza parte*?
- come *varia* la *temperatura* nella prima parte?
- come *varia* la *temperatura* nella seconda parte?
- come *varia* la *temperatura* nella terza parte?
- perché la temperatura *rimane costante* durante la seconda parte del grafico?

Constatato come, anche nel processo di fusione/solidificazione, come nell'ebollizione, la temperatura rimanga costante, e come quindi questa sia – verosimilmente – una peculiarità dei passaggi di stato, resta da chiarire il motivo di questa costanza, e il ruolo dei cristalli fatti cadere nel liquido. Si tratta cioè di verificare quale delle possibili ipotesi per giustificare il *plateau* osservato nel grafico sia quella corretta: se durante la solidificazione, cioè, per una qualche ragione si interrompa il flusso di calore dall'interno della provetta (più caldo) all'aria esterna (più fredda), o se invece la solidificazione stessa liberi del calore che mantiene la temperatura costante, nonostante il suo continuo flusso verso l'esterno.

Terza prova

La *terza prova* è un'indagine sul processo di solidificazione e, in particolare, sul ruolo che in esso giocano gli scambi termici tra la sostanza che subisce il passaggio di stato e l'ambiente circostante, giungendo così a introdurre il *calore latente di solidificazione*. Essa è del tutto analoga alla precedente, tranne che per il fatto che in questo caso non si fanno cadere cristalli del sale solido nel liquido. Il tiosolfato, in queste condizioni, rimane allo stato liquido anche a temperature al di sotto di quella di fusione/solidificazione come quella ambiente (condizione di equilibrio *metastabile*). Se a questo punto vengono fatti cadere nel liquido alcuni cristalli del sale (ma anche un altro solido, come ad esempio polvere di gesso), essi agiscono da semi per la cristallizzazione, così che inizia subito la solidificazione e la temperatura si innalza bruscamente, sino a giungere a 48°C. Dall'analisi dei dati ottenuti, fatta durante la discussione degli stessi, appare così evidente come sia proprio la solidificazione del tiosolfato fuso a rilasciare calore, lo stesso che era stato necessario fornire per ottenere il passaggio di stato inverso, cioè la fusione del solido. Dai dati raccolti si ottiene un grafico simile a quello precedente, ma in cui è evidente il notevole salto termico (spesso di 25°C e oltre), conseguenza del calore latente liberato durante la solidificazione. Ciò consente di rigettare la prima delle due possibili ipotesi formulate per spiegare il valore costante della temperatura registrato durante la prova precedente e confermare l'altra.

Considerazioni finali

Al termine delle tre prove gli alunni possono stendere una relazione in cui, oltre a descrivere il lavoro compiuto, indicano le conclusioni a cui si è giunti, sulla base delle domande guida proposte o di altre, a completamento di quelle prima riportate, e della discussione dei risultati. Sulla base della relazione, ed eventualmente dell'osservazione sistematica di come le prove sono state condotte in laboratorio, utilizzando opportune griglie³, è possibile valutare tutto il percorso svolto. Nella relazione, in ogni caso, devono essere presenti tre aspetti fondamentali: la correttezza dell'espressione, sia dal punto di vista linguistico generale che dell'uso del linguaggio specifico, la correttezza nella rappresentazione e nell'elaborazione dei dati, sia in forma tabellare sia grafica, la completezza della trattazione e la coerenza delle conclusioni con i dati raccolti. Questo ultimo aspetto, in particolare, è fondamentale per verificare se l'alunno ha colto il *sensu* di ciò che ha fatto in laboratorio. Occorre quindi educare gli alunni all'esercizio di un corretto *sensu critico*, evitando le conclusioni affrettate, forzate o comunque non adeguatamente supportate dai dati ottenuti, abituandoli anche a confrontarsi con dati che sembrano contraddire le aspettative e i risultati attesi.

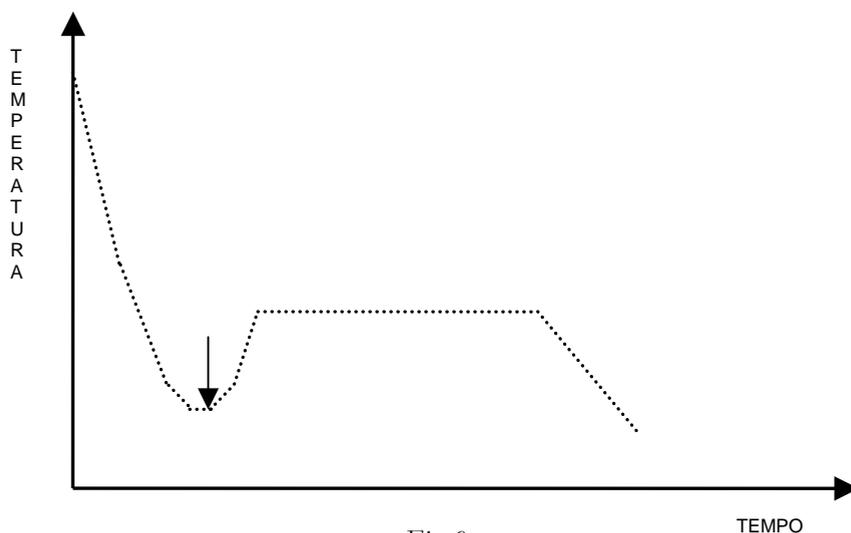


Fig. 9

Si può ora introdurre un primo accenno al modello *particellare* della materia, come *ipotesi interpretativa* di quanto osservato. Si potranno così spiegare, a livello elementare, le proprietà di solidi, liquidi e aeriformi in base alla loro struttura microscopica e alla condizione reciproca in cui si trovano le particelle che li costituiscono.

³ Si veda ad esempio L. Serra, C. Morresi, *Scienza della materia. Guida per l'insegnante*, Poseidonia, Bologna, 1996.

Un modello non emerge però meccanicamente dall'osservazione, né dalle regolarità che si possono individuare nei dati sperimentali (ad esempio la costanza della temperatura), ma richiede anche una certa dose di *immaginazione* e di inventiva per poter concepire una possibile struttura della materia a livello microscopico che spieghi e giustifichi quanto osservato e molto altro ancora, ad esempio gli stati fisici di una sostanza come l'acqua. Questo aspetto è da sottolineare, per chiarire l'origine e il ruolo che hanno i modelli in ambito scientifico.

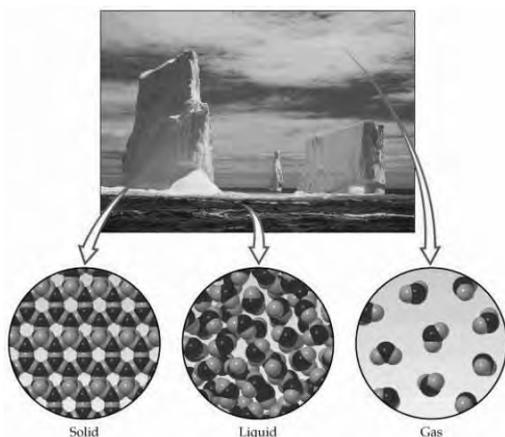


Fig. 10

Con queste considerazioni finali si chiude il percorso proposto. Il tentativo che sinteticamente è stato descritto parte dal *dato*, tiene conto della capacità di astrazione di un ragazzo dell'età di 13-15 anni e cerca di legare *teoria* e *pratica*, senza ridurre la prima a semplice estrapolazione dalle osservazioni, come potrebbe essere in un approccio puramente induttivo e, d'altro lato, senza ridurre la parte sperimentale a pura 'dimostrazione' di qualcosa di già saputo. Va riconosciuto invece il loro intreccio, cioè il ruolo che la 'teoria', intesa in senso lato, gioca anche nella definizione della parte 'pratica' del lavoro, secondo quanto l'epistemologia e ancora di più la prassi abituale del lavoro scientifico documentano, e quanto ciò che si osserva influenzi l'elaborazione e lo sviluppo teorico.

Capacità di osservazione, realismo, lealtà con il dato, razionalità e inventiva sono le doti che lo studio delle discipline scientifiche richiedono e allo stesso tempo tendono a promuovere nell'alunno. Un contributo questo forse parziale, ma sicuramente autentico, alla formazione globale della sua personalità.

I PASSAGGI DI STATO

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

Mariarosa Musiani*

**Docente di Matematica e Scienze - Istituto Comprensivo n. 9, Bologna*

Linee essenziali del progetto

Il tema 'Passaggi di stato' può essere trattato dalla prima classe e permette sia acquisizioni teoriche che possibilità di esercitazioni pratiche. Nello studio della materia questo argomento offre indizi sui legami fra le particelle e sull'energia che questi legami richiedono per essere trasformati da uno stato all'altro.

In laboratorio l'esperienza della fusione e dell'ebollizione è alla portata degli alunni che la possono svolgere, a gruppi, prendendo misure e compilando tabelle.

Finalità

I ragazzi potranno conoscere fenomeni fisici fondamentali per lo studio della materia e dei suoi stati e prendere parte a un'esperienza laboratoriale che ha contenuti sia didattici che educativi.

Modello di apprendimento e strategie di insegnamento

- Lezione iniziale sul modello particellare della materia con esperienze opportune (Scheda 1).
- Congetture e previsioni sul comportamento di una sostanza pura (l'acqua) se, da solida, viene riscaldata.
- Presentazione di grafici di cui uno solo corretto sull'andamento della temperatura della sostanza riscaldata al variare del tempo (Scheda 2).
- Esperienza in laboratorio: misura della temperatura di una certa quantità d'acqua, a intervalli regolari, durante la somministrazione di calore (Scheda 3).
- Redazione di un grafico e confronto del grafico ottenuto con i grafici proposti in precedenza (Scheda 4).
- Conclusioni.
- Test finale (Scheda 5).

Nell'insegnamento si privilegerà la discussione, sollecitando previsioni e accettandole tutte, lasciando all'esperienza la parola finale.

Gli esperimenti saranno eseguiti a piccoli gruppi che ritengo debbano essere formati in modo omogeneo; se, infatti, in un gruppo di ragazzi in gamba vengono inseriti alcuni in difficoltà, questi ultimi andranno a rimorchio e non prenderanno alcuna decisione autonoma. Ritengo sia utile che ogni gruppo nomini al suo interno un capogruppo, responsabile sia del materiale che della conduzione dell'esperimento.

Collegamenti pluridisciplinari

Con Geografia: ubicazione dell'acqua nei suoi tre stati sulla Terra, ciclo dell'acqua, effetto serra, scioglimento dei ghiacciai.

Con Chimica-Fisica: temperatura di fusione come caratteristica di una sostanza pura; temperatura di fusione e di ebollizione di sostanze pure note come piombo, ferro, ossigeno, idrogeno.

A partire dall'esperienza si può passare ad esempio all'argomento 'Misura', alla differenza fra temperatura e calore, alla densità del ghiaccio rispetto alla densità dell'acqua.

Valutazione

Attraverso il test (Scheda 5) si potranno valutare capacità di descrivere l'esperienza, comprensione dell'esperienza, comprensione dei concetti generali sottostanti. Potranno essere inoltre valutati, attraverso l'osservazione dei comportamenti in classe e durante le diverse attività: partecipazione ed interesse alla discussione, capacità di fare previsioni, comportamento in laboratorio, sia per il rispetto di regole e materiali, che per l'atteggiamento responsabile, che per la partecipazione attiva e diligente, che per il rapporto armonioso con il resto del gruppo.

Il progetto in atto

Si fornisce ai ragazzi una scheda con esperimenti atti a fornire indizi sulla natura particellare della materia, utile per spiegare il comportamento dell'acqua nei passaggi di stato. I ragazzi hanno eseguito a gruppi le esperienze ed hanno dato le loro risposte. La discussione al termine di questa fase ha permesso di trarre conclusioni collettive e quindi di rendere comuni e condivise le esperienze e le osservazioni svolte.

<i>Scheda 1</i> <i>Esperimenti che indicano una natura particellare della materia</i>
<p>1. <i>Materiale occorrente:</i> vetrini, benzina, profumo, alcool in recipienti indifferenziati. <i>Esecuzione:</i> lascia cadere sul vetrino una goccia di uno dei tre liquidi e lascia evaporare. Riconosci dall'odore di che sostanza si tratta? Ripeti la stessa operazione con le altre due sostanze. Se hai potuto riconoscere le varie sostanze significa che qualcosa è arrivato al tuo naso dandoti la sensazione olfattiva.</p> <p>2. <i>Materiale occorrente:</i> sale, zucchero, due recipienti con acqua. <i>Esecuzione:</i> versa nel primo recipiente dello zucchero, nel secondo del sale e mescola. Vedi ancora le due sostanze?</p> <p>Assaggia ora le due soluzioni: puoi riconoscere in quale c'è il sale e in quale lo zucchero?</p>

3. *Materiale occorrente:* inchiostro, acqua, un bicchiere.

Esecuzione: riempi il bicchiere d'acqua, aggiungi qualche goccia di inchiostro senza mescolare.

Osserva il liquido: si ottiene subito un colore uniforme in tutto il bicchiere?

Dopo un certo intervallo di tempo, il liquido è colorato in modo omogeneo?

Secondo te, questi tre esperimenti fanno pensare che la materia sia:

a. *compatta, senza interruzione cioè continua*

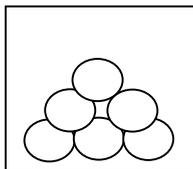
oppure

b. *un insieme di piccolissime particelle?*

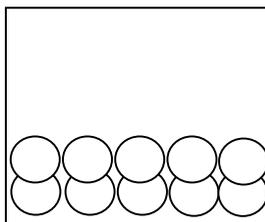
Dopo questi esperimenti si può passare alla teoria e quindi ad una lezione frontale.

Teoria

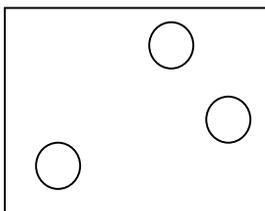
La materia è costituita da particelle che, nel caso dei solidi, sono dotate di scarsissimo movimento e legate le une alle altre; i solidi mantengono la loro forma.



Nel caso dei liquidi i legami sono più deboli e permettono alle particelle almeno di scorrere le une sulle altre; i liquidi prendono la forma del recipiente che li contiene.



Nel caso dei gas le particelle sono ancora più libere di muoversi.



Ora si può invitare la classe ad una discussione sul comportamento delle sostanze (pure) sottoposte a riscaldamento. Si può domandare, ad esempio:

- *Un pezzo di ferro, se viene riscaldato, può diventare liquido? E se si riscalda a temperature ancora più alte può diventare gassoso?*
- *Si può trasformare una sostanza da solida a liquida e da liquida a gassosa fornendole energia sotto forma di calore?*
- *Viceversa, si può raffreddare una sostanza gassosa per farla diventare liquida, e poi raffreddarla ancora per farla diventare solida?*

Esistono sostanze come la naftalina che passano direttamente dallo stato solido allo stato gassoso; questo processo si chiama sublimazione.

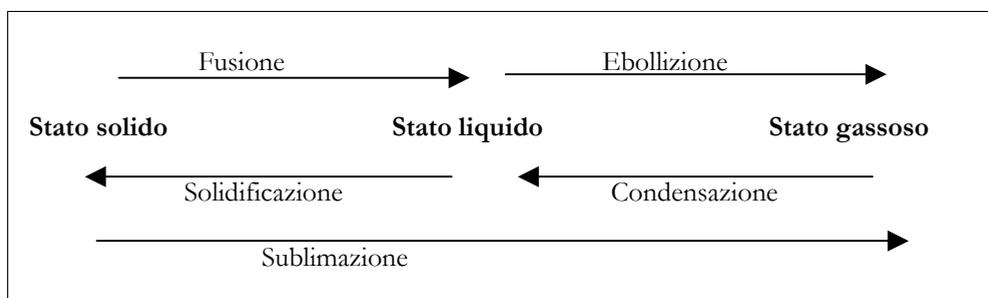
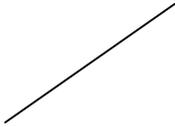
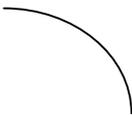
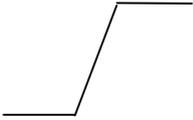
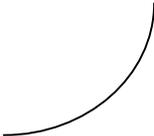


Fig. 11

È arrivato il momento di osservare con un esperimento quello che succede a una sostanza che viene riscaldata; viene allora distribuita la Scheda 2.

<i>Scheda 2</i>			
<p>Consideriamo i cambiamenti di stato di una sostanza. Scegliamo l'acqua perché è facilmente disponibile allo stato solido (ghiaccio), liquido, gassoso (vapor d'acqua); inoltre non è tossica.</p> <p>Immagina di riscaldare il becker che contiene il ghiaccio e di registrare la temperatura dell'acqua ogni minuto continuando anche qualche minuto dopo che ha cominciato a bollire. Se riporti i dati in un riferimento cartesiano (il tempo trascorso sull'asse delle ascisse, la temperatura osservata sull'asse delle ordinate), quale grafico pensi di ottenere? Cerchia in rosso il grafico che ritieni più adatto a descrivere il fenomeno.</p>			
A		B	
C		D	
E			

Costantino sceglie il grafico B e lo riproduce alla lavagna in un riferimento cartesiano con il tempo in ascissa e la temperatura in ordinata: “se continuiamo a scaldare l'acqua, la temperatura deve salire per forza finché non spegniamo”. La classe si dichiara d'accordo con Costantino.

Dopo l'attività della scheda 2 si passa all'attività laboratoriale.

Si può chiedere ai ragazzi di impegnarsi a portare il ghiaccio; l'ideale sarebbe procurarsi anche un tritaggiaccio elettrico per avere un buon miscuglio di acqua e ghiaccio. I fornelli più comodi sono quelli elettrici; i becker possono essere da 250ml, fondamentale la bacchetta (o un cucchiaino) per mescolare. I termometri più comodi sono sensori metallici a pila collegati mediante un filo elettrico a un display; attenzione però al filo il cui rivestimento si carbonizza a contatto della piastra calda del fornello.

Scheda 3 - In laboratorio

Materiale occorrente: termometro con sensore metallico e display, becher, fornello elettrico, ghiaccio (meglio se tritato).

Poni il ghiaccio nel becher e per ora accontentati del calore fornito dall'ambiente che è senz'altro a temperatura maggiore di quella del ghiaccio. Mescola continuamente (sapresti dire perché?) e misura la temperatura nel becher ogni minuto.

Quando il ghiaccio è completamente sciolto, sistema il becher sul fornello, accendi il fornello.

Continua a registrare la temperatura. Prosegui per almeno 5 minuti da quando l'acqua comincia a bollire.

Compila la tabella

<i>Tempo in minuti</i>	0	1	2	3	4	5
<i>Temperatura in gradi centigra- di</i>							

Stella: *“Dopo il secondo minuto la temperatura è ancora zero!”*.

Coro: *“Prof, ma è sempre zero!”*.

Matteo nota una pura coincidenza: *“Guarda, al sedicesimo minuto segna sedici gradi?”*.

Alberto: *“Prof, quando l'acqua arriva a cento gradi non si sposta più di lì: sono ormai sei minuti!”*.

Barbara: *“L'acqua da vari minuti è sempre a cento gradi, ma ho notato che è diminuita”*.

Matteo: *“Per forza, è evaporata, è andata in giro nell'aria!”*.

Costantino, che aveva il fornello con fiamma più debole: *“...è da sette minuti che l'acqua è come quando si butta la pasta, è sempre cento gradi e ha smesso di salire”*.

Una volta eseguita l'esperienza e discusso sui risultati si passa alla scheda 4.

Scheda 4

Disegna sulla carta millimetrata un riferimento cartesiano.

Sull'asse orizzontale (delle ascisse) metti il tempo in minuti; sull'asse verticale (delle ordinate) la temperatura misurata in gradi centigradi.

Per avere una scala corretta, conta quanti minuti è durato l'esperimento, quindi decidi quanti millimetri deve essere lungo l'intervallo di un minuto perché tutti i minuti siano presenti sull'asse delle ascisse.

Per avere una scala corretta sull'asse delle ordinate, conta quanti gradi di differenza ci sono fra la temperatura più bassa misurata e la temperatura più alta. Decidi quanti millimetri deve essere lungo l'intervallo di un grado in modo che tutte queste temperature siano presenti sull'asse verticale.

Considera i dati della tabella che hai compilato e segna sul riferimento cartesiano il punto di incontro fra ogni tempo e la temperatura misurata.

Otterrai un insieme di punti.

Unisci questi punti per ottenere il grafico completo.

Osserva il grafico.

Secondo te assomiglia ad uno dei grafici che hai già visto nella scheda 2? Se sì a quale?

.....

Andrea e Barbara: *“Dobbiamo modificare il grafico che aveva disegnato Costantino: la temperatura non cresce sempre!”*.

Costantino: *“Ci devo mettere due gradini orizzontali: uno quando c'è il ghiaccio, l'altro quando l'acqua bolle”*.

Alberto: *“Sì, il primo gradino fa vedere che quando c'è il ghiaccio con l'acqua ci sono zero gradi”*.

Sara: *“E il secondo fa vedere che quando l'acqua bolle ci sono sempre cento gradi”*.

Viene commentata l'attività dei ragazzi in laboratorio, si discutono gli eventuali errori, i comportamenti positivi e negativi.

Vengono commentati i grafici ottenuti, confrontati con i grafici previsti. Generalmente i due gradini stupiscono i ragazzi.

Interpretazione del grafico:

- Primo gradino: la temperatura rimane costante intorno ai 0°C finché è presente del ghiaccio; il calore fornito viene utilizzato per indebolire i legami fra le particelle e renderle più libere di scorrere le une sulle altre: il solido pian piano scompare e si trasforma in liquido.

- Tratto in salita: l'acqua ormai completamente liquida si riscalda fino a circa 100 °C.

- Secondo gradino: la temperatura rimane costante intorno ai 100°C finché è presente dell'acqua liquida; il calore fornito viene utilizzato per spezzare i legami fra le particelle e renderle completamente libere: il liquido pian piano scompare e si trasforma in gas.

Scheda 5 - Test finale

Rispondi alle domande.

- a. A quale stato fisico corrisponde il ghiaccio?
.....
- b. A quale stato fisico corrisponde il vapore d'acqua?
.....
- c. Hai notato intervalli di tempo nei quali la temperatura è rimasta costante?
.....
- d. In questi intervalli quale era lo stato della sostanza?
.....
- e. A quale temperatura si aveva la trasformazione del ghiaccio in acqua?
.....
- f. Durante la fusione del ghiaccio variava la temperatura?
.....
- g. A quale temperatura si aveva la trasformazione dell'acqua in vapore?
.....
- h. Quale trasformazione è avvenuta durante l'ebollizione?
.....
- i. Durante l'ebollizione variava la temperatura?
.....
- j. Fornendo calore a una sostanza otteniamo sempre un aumento della temperatura?
.....
- k. Come interpreti i due intervalli di tempo in cui la temperatura non varia?
.....

Risultati ottenuti

Il test e le successive verifiche hanno mostrato una comprensione soddisfacente del fenomeno. Inoltre è rimasto l'entusiasmo per il lavoro in laboratorio che ha coinvolto in modo molto positivo tutti gli alunni.

LUCE E COLORE

SCUOLA PRIMARIA E SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

Margherita Venturi, Angela Turricchia***

**Dipartimento di Chimica, Università di Bologna*

***Docente - Planetario, Settore Istruzione, Comune di Bologna*

Linee essenziali del progetto

Il tema 'Luce e colore' tiene conto del fatto che la luce e il buio sono elementi fondamentali della vita: l'alternarsi del dì e della notte scandisce la vita dell'uomo fin dall'antichità, la presenza di ombre dovute alla luce solare ha costituito elemento di studio per secoli. Per la scienza attuale l'analisi dello spettro elettromagnetico è estremamente importante per arrivare a conoscere non solo la composizione di corpi lontani, ma anche la natura più 'intima' della materia alla scoperta della sua complessità. La caratteristica della luce è proprio quella di dare informazioni sia sulle proprietà del corpo che la emette che su ciò che incontra durante il suo viaggio dalla sorgente al nostro occhio. Se, sino ad alcuni secoli or sono, solo le informazioni sull'aspetto esterno dei corpi erano disponibili, attualmente la ricerca scientifica va ben oltre e la composizione dei corpi, come sono fatti, quali elementi li costituiscono, diventano di importanza fondamentale. La luce quindi, o meglio la parte visibile dello spettro elettromagnetico, costituisce un elemento importante per la comprensione dell'ambiente che ci circonda. L'argomento è inoltre previsto nei programmi sia della scuola primaria che secondaria di primo grado; in aggiunta, poiché esistono due modelli interpretativi, permette di sottolineare la visione di scienza come qualcosa di non statico, in evoluzione continua, un elemento portante nella preparazione di ogni individuo.

Modello di apprendimento e strategie di insegnamento

La metodologia didattica utilizzata è quella 'per scoperta'¹ che porta i ragazzi a trovare la giusta soluzione ai problemi affrontati a conclusione di ogni esperimento effettuato.

Si è previsto un lavoro a piccoli gruppi per quanto riguarda sia la documentazione e la progettazione di esperimenti, sia l'allestimento di 'protocolli' per eseguirli e l'analisi critica degli stessi. Non verranno messi in evidenza gli ostacoli cognitivi che si possono incontrare nella trattazione di questo argomento in quanto sono stati ampiamente citati nella prima parte di questo Quaderno. Si è previsto che ogni lavoro pensato a piccoli gruppi fosse seguito da un breve resoconto e discussione collettiva, per permettere di mettere in comune i vari lavori.

¹ L. Ghepardi, *Insegnare nella scuola primaria*, Carocci, Roma, 2000, p. 51.

I testi dati da consultare alla classe sono stati quelli della scuola media, oltre ad alcuni libri per i licei scientifici.

Scuola primaria

Contenuti

L'esperienza proposta per la scuola primaria è la rivisitazione di un argomento di tesi² svolto in una classe terza. I contenuti attorno ai quali è stato strutturato il percorso sono:

- sorgenti di luce naturali ed artificiali;
- cammino rettilineo della luce;
- quali oggetti posti sul cammino di un fascio luminoso producono ombre;
- per vedere non basta l'occhio;
- scomposizione della luce;
- la formazione del colore come interazione tra gli oggetti e la luce.

Valutazione

Questa fase è stata suddivisa in due momenti:

- valutazione degli allievi, attraverso i lavori individuali svolti a termine sperimentale e la verifica finale;
- valutazione del percorso didattico, che ha tenuto conto anche della risposta data dalla classe ad un questionario complessivo di gradimento.

Il progetto in atto

Il percorso è stato svolto in nove lezioni di circa due ore l'una di cui la prima è servita per la presentazione del percorso e l'ultima per la verifica. Tutte le altre lezioni sono state strutturate nel seguente modo: un breve riepilogo collettivo delle attività svolte in precedenza; la presentazione di un nuovo problema; la richiesta ai bambini di fare una o più ipotesi; la realizzazione di esperimenti guidati adatti a confermare o a smentire le ipotesi fatte; descrizione da parte dei bambini del fenomeno osservato e tentativo di trovare le giuste risposte al problema posto inizialmente. Per interiorizzare i concetti affrontati in ogni lezione i bambini a casa dovevano rielaborare l'esperienza fatta in classe attraverso un disegno ed una breve didascalia di commento.

Il progetto è iniziato chiedendo ai bambini di reperire oggetti che producono luce e di portarli la volta successiva in classe. Questi oggetti sono stati raggruppati a seconda della forma e delle dimensioni; una prima osservazione dei bambini ha riguardato il fatto che, nonostante tutti producessero luce "*alcuni fanno più luce, altri fanno meno luce*". Per verificare questa ipotesi è stato eseguito un esperimento non previsto dal progetto: in una stanza totalmente buia, un bambino ha preso una candela accesa in mano ed ha iniziato a spostarsi nella stanza. Tutti gli alunni hanno osservato che la fiamma produ-

² Tesi di laurea "Luce e colore: proposta di lavoro per una terza elementare" presentata da Simona Bartolini, Facoltà di Scienze della Formazione primaria di Bologna, a.a. 2003-04. Il progetto è stato svolto presso la scuola 'Bruno Monterumici'.

ce una luce fioca, mentre una lampadina illumina una zona molto più ampia e permette di vedere meglio. Sono poi state esaminate lampadine diverse (a filamento, a fluorescenza) e alla domanda “*esiste un'altra sorgente di luce, molto grande..?*” i bambini hanno pensato al Sole, alle stelle e alla Luna³.

La domanda successiva è stata “*come si propaga la luce?*” Nonostante i bambini avessero già una idea della propagazione rettilinea della luce, si è eseguito per conferma un esperimento chiamato “*percorso senza curve*”. La risposta quasi scandalizzata dei bambini è stata “*ma era evidente, se di fronte a un foro non metti un altro foro la luce viene fermata!*”; si è deciso pertanto di non procedere ad ulteriori verifiche.

Relativamente al contenuto “*come si formano le ombre?*” i ragazzi hanno ritagliato da un cartoncino nero una sagoma a piacere; successivamente è stata posta la domanda “*come si può avere un'ombra della sagoma appena costruita?*”. Le ipotesi dei bambini sono state moltissime fra le quali: “*l'ombra si fa quando c'è davanti alla luce qualcosa che non la fa passare*”; “*ci possiamo puntare sopra la luce di una lampada*”; “*accendi la luce*”. I bambini hanno eseguito tutti l'esperienza; un bambino poi ha avvicinato molto la torcia alla sagoma e l'ombra è diventata grande, con una leggera ombra attorno più chiara. La loro conclusione è stata “*quando avvicini la luce alla sagoma l'ombra è più grande, e quando la allontani l'ombra è sempre più piccola*”.

I bambini hanno successivamente sperimentato ‘ombre o non ombre’ usando corpi composti di materiali diversi e giungendo ad una prima ipotesi di classificazione dei vari tipi di materiali.

Si è poi affrontato il tema “*per vedere basta solo l'occhio?*” Le ipotesi sono state le più disparate, tutte però riconducibili al fatto che vediamo perché la luce illumina; nessuno però ha fatto riferimento agli oggetti che risultano colpiti dalla luce prima che la luce arrivi ai nostri occhi. Sono quindi stati proposti alcuni esperimenti per verificare le ipotesi.

1. Come cambia la tua immagine: di fronte ad uno specchio, all'interno di una stanza totalmente buia, un bambino si illumina il naso lateralmente usando un torcia tenuta con la mano sinistra. Vede, nello specchio, una parte del naso più ‘*luminosa*’ dell'altra. Successivamente guarda la sua immagine riflessa nello specchio tenendo in una mano ancora la torcia che illumina il naso, nell'altra un foglio ora bianco, ora nero.

2. Dal buio alla luce: è stata modificata l'illuminazione della stanza in cui erano contenuti vari oggetti di diverso colore, chiedendo ai bambini di evidenziare quali e quanti oggetti erano visibili al variare del grado di illuminazione della stanza.

Per affrontare il tema ‘il colore delle cose’ si è partiti da libere associazioni proposte in merito alla parola ‘colore’. Dopo ‘colore-scuola’ e ‘colore-fiori’ è emerso, come era prevedibile, ‘colore-arcobaleno’ e, quindi, prendendo spunto da questa associazione è stato fatto in classe l'esperimento della scomposizione della luce solare nei colori dell'arcobaleno usando un prisma, ma anche un bicchiere di cristallo.

³ Questo argomento è stato temporaneamente accantonato, introducendo però il concetto di sorgente di luce naturale ed artificiale.

Si è poi formulata la domanda *“perché un pomodoro ci appare rosso?”*; poiché i ragazzi non sono riusciti a formulare ipotesi, si è passati direttamente all’esperimento che consiste nel proiettare la luce di una torcia di vari colori (bianca, rossa, gialla, verde) su un fazzoletto rosso disteso su una scatola con interno bianco (il fazzoletto rappresenta il pomodoro). Le conclusioni dei bambini sono state *“mah, allora il colore di un oggetto dipende anche dalla luce con cui lo illumino”*; *“se illumino un fazzoletto con la luce bianca resta del suo colore, se invece lo illumino con luci colorate viene di un altro colore”*, *“un oggetto quando viene illuminato dalla luce assorbe tutti i colori tranne il suo”*.

Infine poiché i bambini sapevano già che mescolando i colori di due tempere si può ottenere un colore diverso, è stato fatto assieme a loro l’esperimento inverso; si è cioè proceduto a scomporre i colori di alcuni pennarelli ad acqua, dicendo che avrebbero usato una tecnica che i chimici utilizzano normalmente nei loro laboratori e che chiamano ‘cromatografia’, cosa che li ha inorgoliti moltissimo.



L’esperimento è in sé semplice e consiste nel disegnare una riga con un pennarello colorato (quello grigio funziona a meraviglia) su una striscia di carta assorbente ad una distanza dal bordo tale che, quando la striscia viene introdotta in un bicchiere con due dita di acqua del rubinetto, questa non la tocchi. Una volta che la striscia di carta viene introdotta nel bicchiere occorre aspettare che l’acqua salga per capillarità lungo la carta. Con il passare del tempo, circa mezz’ora, si osserva che la riga disegnata con il pennarello sale, trascinata dall’acqua, lungo la carta, e si separa in bande di colore diverso.

Perché rimanesse memoria concreta di quanto fatto in classe ogni bambino ha realizzato un libro che ha seguito passo passo lo svolgimento del progetto; nel libro sono state riportate, oltre ad alcune pagine introduttive all’argomento luce e colore, le esperienze realizzate, i lavori personali e le verifiche effettuate.

Scuola secondaria di primo grado

Un percorso analogo è stato presentato in una seconda media⁴ e il problema posto ai ragazzi è stato: *“se volessimo parlare di luce quali argomenti dovrebbero essere affrontati?”*.

⁴ La scuola in cui è stata svolta la sperimentazione è la scuola media di Ozzano dell’Emilia (provincia di Bologna).

I ragazzi hanno dovuto perciò progettare il proprio percorso cercando di individuare gli argomenti da loro stessi considerati essenziali. Questa scelta è motivata dal fatto che un ragazzo di scuola media ha già ‘frequentato’ cinque anni di scuola primaria e ha ricevuto dall’ambiente esterno molteplici informazioni alle quali ha dato (o di cui gli è stata data) una spiegazione.

Il progetto in atto

Descrizione del lavoro svolto

Per iniziare il progetto si è fatto ricorso ai ricordi, alle diverse conoscenze e retroterra culturali così da stimolare i ragazzi a costruire un proprio percorso di conoscenza. Ovviamente il ruolo dell’insegnante e dell’esperta che ha collaborato alla progettazione e all’esecuzione del percorso è stato quello di sostenere il lavoro dei ragazzi nel corso dell’attività con testi, documenti, inviti alla lettura e osservazioni.

La prima fase di lavoro sulla ricerca degli argomenti fondamentali, effettuata dividendo la classe in piccoli gruppi, è stata lunga e delicata ed ha riguardato la consultazione di testi, quaderni delle scuole elementari fino a giungere alla discussione collettiva di quanto era emerso nei singoli gruppi. La scansione complessiva dei temi è stata la seguente:

Come ‘cammina’ la luce?, domanda motivata dal fatto che “*se voglio conoscere da dove viene la luce devo sapere come si muove, e se sceglie strade particolari*”.

Cosa succede se sul cammino della luce incontriamo corpi di tipo diverso? La luce cambia percorso o no? Quello che succede dipende dal tipo di luce o dal tipo di materiale che incontra? Occorrerebbe sperimentare con oggetti di tipo diverso...

Che cosa è la luce? Di che cosa è fatta?

A questo punto è stato chiesto ai ragazzi “*Come potete affrontare questi argomenti? Ritene-
rete di poterli leggere su un libro o pensate di riuscire a progettare esperimenti che vi permettano di verificare le ipotesi fatte?*”

La risposta è stata immediata e prevedibile; di fronte alla possibilità di sperimentare e quindi di ragionare su dati concreti i ragazzi scelgono sempre questa strada ed, infatti, hanno cominciato a lavorare in gruppi di quattro o cinque sulla progettazione di esperimenti relativi ai singoli punti.

Per ogni esperimento sono state previste diverse fasi:

1. Ricerca bibliografica su testi, in parte forniti dai docenti e in parte portati in classe dagli studenti stessi, per trovare suggerimenti, esperimenti, che potessero aiutare nella progettazione; scelta dell’esperimento considerato ‘fondamentale’ e progettazione nei minimi dettagli.

2. Discussione dei diversi progetti all’interno della classe, commenti, proposte di modifiche, costruzione e accettazione collettiva di ‘protocolli’ per seguire l’esperienza.

3. Esecuzione dell’esperienza nei singoli gruppi e compilazione dei protocolli. Per questa fase è stata predisposta una semplice scheda metacognitiva che permettesse di evidenziare le difficoltà incontrate, difficoltà che poi sono state discusse e confrontate con quelle incontrate dagli altri gruppi.

4. Discussione nel gruppo classe e conclusione della fase di lavoro con la preparazione di un miniposter in formato A3 contenente le varie fasi condivise.

Gli esperimenti progettati dai ragazzi sono stati diversi a seconda dei gruppi.

- polvere di gesso in una stanza totalmente buia e una luce laser che passa attraverso la povere: la polvere risulta illuminata e si riesce a seguire il cammino della luce;
- facciamo due fori su due cartoni: in una stanza buia accendiamo una lampada e di fronte a questa mettiamo un cartone in modo che illumini il foro. dobbiamo studiare cosa succede ponendo il secondo cartone in posizioni diverse e più lontano dalla sorgente di luce;
- in una stanza buia accendiamo un proiettore: studiamo il comportamento del fascio di luce che esce dal proiettore;
- in una stanza buia facciamo entrare un sottilissimo raggio di sole: vediamo come si sposta all'interno della stanza.

Una cosa che i ragazzi non avevano valutato è che quattro esperienze diverse al buio non possono essere fatte contemporaneamente perché *“le luci delle quattro esperienze si sovrappongono e quindi non è più possibile seguire una sola luce”*. La decisione presa è stata quella di trovare una stanzetta totalmente buia in cui eseguire gli esperimenti uno alla volta; la scelta è caduta *“sulla stanza buia dove ci sono le attrezzature dei bidelli”* scandendo le prove in momenti diversi con il conseguente allungamento dei tempi inizialmente previsti.

Nella realizzazione degli esperimenti le difficoltà che i ragazzi hanno incontrato sono state essenzialmente di ordine pratico: *“non è facile fare la polvere del gesso e puntarci sopra il laser”*; *“come fare un piccolo foro nella stanza?”*; *“la luce del proiettore si allarga e quindi sembra una parte di cono; qui bisogna che stiamo attenti, le linee rette sono tante”*; *“al buio non è facile lavorare e cercare di rincorrere il raggio di sole per farlo poi passare nel secondo foro è complicato”*; *“se i cartoncini che usiamo sono bianchi il risultato è diverso”*.

La discussione collettiva di questa esperienza ha portato i ragazzi ad analizzare in particolare la seconda esperienza, perché il gruppo aveva osservato che, se i cartoncini erano bianchi, in realtà non tutta la luce passava attraverso il primo foro; una parte infatti veniva *“come spinta indietro,”* *“riflessa”*, *“da che, se non c'è uno specchio?”*. L'uso di materiali differenti ha quindi portato ad analizzare *“come si comporta la luce quando incontra materiali diversi?”* che rappresentava proprio il secondo punto del percorso e che li ha portati ad esclamare *“siamo stati bravi vero prof? abbiamo proprio scelto lo scadimento giusto!”*⁵

Relativamente al terzo esperimento, tutti i gruppi hanno detto *“mettiamo davanti alla lampada oggetti diversi e vediamo cosa succede”*. Hanno pertanto deciso di suddividere i ma-

⁵ È stato volutamente lasciato il termine usato dai ragazzi perché rappresenta bene la difficoltà nel passare dal linguaggio comune a quello scientifico. Durante tutto il progetto i ragazzi, entusiasti del lavoro che stavano facendo, hanno mantenuto una notevole attenzione anche al linguaggio che usavano nella scrittura dei protocolli per lasciarsi però andare a momenti di entusiasmo alla fine delle attività o nei trasferimenti dal laboratorio di scienze dove tutte le esperienze venivano svolte alla classe.

teriali che avrebbero sperimentato e di classificarli in base al comportamento osservato quando venivano interposti tra la lampada e l'occhio. *“Me lo ricordo, è proprio come la maestra delle elementari ci ha fatto vedere”* è stato il commento di soddisfazione di una ragazza. Questa era una buona occasione per introdurre il fenomeno dell'assorbimento della luce, ma è stata necessariamente perduta per la impossibilità di disporre di un ambiente adatto.

In questa fase della sperimentazione si è ritenuto importante intervenire con una domanda: *“avete provato tantissimi materiali, ma come mai non avete provato tantissime lampade?”* La domanda li ha decisamente spiazzati perché la loro osservazione è stata *“le lampade sono tutte uguali”*. Nel momento stesso in cui la frase è stata detta è stata però subito smentita da un ragazzo che ha fatto notare *“beh no, di sera le lampade sono diverse, ce ne sono delle più arancioni, delle più bianche”*.

I ragazzi hanno allora ritenuto importante provare ad usare lampade diverse, anche se ciò comportava una modifica del percorso non prevista.

Le osservazioni fatte da tutti i gruppi relativamente a questo punto possono essere così riassunte: *“la luce colorata colora gli oggetti”*; *“le cose illuminate appaiono pian piano sempre più colorate”*. È nata però una domanda: *“i colori sono delle cose o sono della luce?”*. Su questa domanda abbiamo sospeso il lavoro in quanto contemporaneamente l'insegnante di disegno aveva programmato una attività apposita sui colori, partendo dalle esperienze che i ragazzi avevano fatto in classe oltre a questo argomento.

La sperimentazione è terminata qui. Sono ovviamente rimasti insoluti diversi altri punti *“come si può misurare la quantità di luce?”*; *“abbiamo trovato come unità di misura la candela, ma?”*; *“di che cosa è composta la luce?”* che verranno affrontati nel prossimo anno scolastico.

LA COMBUSTIONE

SCUOLA PRIMARIA

Antonio Testoni*

*Docente di scuola secondaria di secondo grado – I.T.I. 'Copernico', Ferrara

Riflessioni sulla combustione¹

Criteri di scelta, finalità e contenuti

La combustione costituisce un argomento tradizionalmente presente anche nella scuola primaria: in molti sussidiari è illustrato l'esperimento della candela, collocata in una bacinella piena di acqua, che si spegne quando viene messa sotto un recipiente di vetro. Immediatamente vengono ricavate le seguenti conclusioni: 1) la combustione è un fenomeno che avviene per combinazione con l'ossigeno; 2) la candela si spegne perché l'ossigeno si è consumato; 3) ed infine, l'ossigeno è circa 1/5 dell'aria, come si capisce dall'innalzamento dell'acqua. Alcune di queste affermazioni sono vere, altre sono false, ma tutte non sono ricavabili soltanto dall'osservazione di questo esperimento. Ci troviamo di fronte ad un esempio emblematico di sperimentalismo ingenuo, che in questo come negli altri casi non differisce in nulla dal nozionismo trasmissivo più insignificante. Fare degli esperimenti non serve a nulla se le conclusioni che si ricavano dipendono soltanto dalle conoscenze che l'insegnante ha già e lo studente non ha. Fenomeni di questo tipo erano conosciuti da millenni: la combustione è infatti uno dei fenomeni chimici più importanti nella storia dell'umanità. È sufficiente pensare alla scoperta del fuoco ed alla funzione delle fornaci nella scoperta e nel perfezionamento delle tecniche della ceramica e dei metalli. Fin dai tempi dell'antico Egitto fu acquisita la consapevolezza che occorre soffiare aria nelle fornaci per avere del fuoco più potente e capace di fondere il rame ed il ferro. Tuttavia le conoscenze significative sono rimaste soltanto di tipo fenomenologico fino a Lavoisier; anzi la rivoluzione chimica ebbe proprio inizio nel 1772 con la più grande scoperta della chimica, ebbe, cioè, inizio con l'ipotesi lavoisieriana che il fenomeno della combustione consiste in una combinazione chimica tra combustibile ed aria; furono poi necessari alcuni anni per capire che soltanto una parte dell'aria è attiva; questa venne chiamata ossigeno, con un termine, cioè, che alcuni anni dopo si rivelò errato in quanto significa generatore degli acidi – causa dell'acidità. La rivoluzione chimica lavoisieriana costituiva una confutazione totale della teoria del flogisto, teoria che durante il Settecento era stata considerata una grande teoria scientifica, capace di spiegare molti fenomeni chimici. Questa teoria aveva, per esempio, compreso che combustione e calcinazione dei metalli sono due fenomeni chimici simili nonostante la diversa apparenza fenomenica, ma era arri-

¹ Hanno collaborato al progetto G. Cioncolini, M. Falleri, C. Fiorentini, A. Greppi, A. Martinucci, R. Nencini.

vata a questa importante conoscenza sulla base di una spiegazione sbagliata: la teoria del flogisto affermava, infatti, che in ambedue i fenomeni vi era, invece che combinazione con aria, emissione di flogisto. Furono necessari 20-30 anni per l'affermazione della teoria di Lavoisier. Molti chimici affermati non l'accettarono mai; è emblematico il caso del geniale chimico sperimentalista Priestley, che, fino alla morte, considerò vera la teoria del flogisto, nonostante che fosse stato lui ad effettuare per primo molti esperimenti che vennero poi utilizzati da Lavoisier per confermare ed approfondire la sua teoria. I chimici ormai affermati dovevano effettuare una specie di conversione: erano in gioco due visioni del mondo totalmente opposte. Sono rivelatrici di queste immani difficoltà epistemologiche e psicologiche le seguenti considerazioni, che il grande chimico francese Macquer effettuò nella seconda edizione del suo "Dizionario di Chimica" nel 1778: *"Se ciò fosse vero, verrebbe distrutta tutta la teoria del flogisto, cioè del fuoco combinato. A tal idea non ha però almeno finora acconsentito questo valente fisico (Lavoisier), che sopra un punto così delicato vuole ancora sospendere il suo giudizio. Questa cautela è certamente lodevole, essendo appunto quella che forma il carattere d'un vero chimico, di cui fregiati non sono que' fisici, i quali non conoscendo il pregio di questa bella scienza, si credono capaci di realmente rovesciarla, e colla scorta d'un sol fatto, che essi suppongono bastantemente comprovato, presumono di oscurare in un momento tutto lo splendore di una delle più grandi teorie, a cui siasi innalzato il genio della chimica: d'una teoria appoggiata ad un numero sorprendente di convincenti esperienze, alla forza delle quali non possono resistere neppure i talenti più illuminati"*.

Ostacoli cognitivi ed epistemologici, modello di apprendimento adottato e strategie di insegnamento

Apparentemente l'esperimento della candela è estremamente semplice, è sul piano pratico facilmente eseguibile, la sua complessità è infatti concettuale. Se l'esperimento venisse effettuato nel secondo ciclo della scuola primaria, potrebbe capitare che siano i bambini stessi a prospettare la nozione dell'ossigeno, senza però avere minimamente la capacità di raccorderla a ciò che hanno osservato. La nozione dell'ossigeno costituisce in questo caso un pre-concetto, nell'accezione deweiana del termine, che impedisce al bambino di utilizzare la propria mente per investigare il problema: *"Pensieri siffatti sono pregiudizi; cioè giudizi prematuri, non conclusioni raggiunte come risultato di una personale attività mentale quale l'osservare, il raccogliere ed esaminare i dati. Anche quando accade che tali giudizi siano corretti, la correttezza è una faccenda accidentale, almeno per quello che concerne la persona che li accoglie"*². Vi sono molti termini scientifici, come il termine 'ossigeno', che fanno ormai parte del senso comune; essi sono tuttavia carichi di teoria e funzionano quindi anche per molti adulti sul piano cognitivo come pre-giudizi. Essi non possono essere evidentemente esorcizzati: se si effettuasse, per esempio, l'esperimento con la candela con l'obiettivo effettivamente accessibile sulla base della sola osservazione di comprendere che l'aria ha un ruolo, e venisse prospettata dai bambini la nozione del consumo di ossigeno, essa non dovrebbe essere rifiutata da parte dell'insegnante, ma sarebbe sbagliato nella scuola primaria concentrare l'attività didattica su questo aspetto.

² J. Dewey, *Come pensiamo*, La Nuova Italia, Firenze, 1961, pp. 66, 333.

Spesso gli insegnanti confondono la *conoscenza da parte degli studenti di termini scientifici con la conoscenza del loro significato*. Ora anche molti adulti conoscono termini specialistici, soprattutto grazie ai mas-media, senza avere la minima idea del loro significato. Già Dewey aveva evidenziato l'assurdità pedagogica di questo atteggiamento: *“Inoltre vi è la tendenza ad ammettere che ovunque vi sia una definita parola o forma linguistica, vi sia anche un'idea definita; mentre, in realtà, sia gli adulti che i fanciulli possono adoperare formule verbalmente precise, avendo solo la più vaga e confusa idea di ciò che esse significano. È più proficua la genuina ignoranza perché è facilmente accompagnata da umiltà, curiosità ed apertura mentale; mentre l'abilità a ripetere frasi fatte, termini convenzionali, proposizioni familiari, crea la presunzione del sapere e spalma la mente di una vernice impenetrabile alle nuove idee”*. La conclusione che si deve ricavare da queste riflessioni è allora quella che della combustione è meglio non parlare nella scuola primaria? Tutt'altro, la conclusione è che ci si deve limitare ad un approccio fenomenologico e rimandare alla scuola secondaria superiore la trattazione teorica del problema. La combustione è sicuramente già conosciuta dai bambini del secondo ciclo della scuola primaria: nella vita quotidiana più volte è loro capitato di assistere a fenomeni di combustione, quali l'accensione di un fiammifero, dei fornelli di una cucina a gas, o di un braciere con carbone o legna. Ma la conoscenza spontanea di questa fenomenologia, come in generale di tutte le fenomenologie, è *irriflessiva, inconsapevole, asistemica*, in quanto si verifica soltanto, utilizzando una terminologia bruneriana, attraverso i sistemi della rappresentazione attiva e soprattutto iconica. Raramente nella vita quotidiana, ad eccezione di chi svolge mansioni o mestieri particolari, vi è l'esigenza di attivare in riferimento a fenomenologie di carattere scientifico il sistema di rappresentazione simbolica. L'approccio fenomenologico deve porsi come obiettivo principale quello dell'attivazione del *sistema simbolico*, perché se ci si limitasse ai sistemi *attivo ed iconico* si farebbero pochi passi in avanti rispetto alla conoscenza di senso comune. In particolare poi se la fenomenologia facesse già parte dell'esperienza quotidiana, l'attività didattica sarebbe sostanzialmente inutile. Le fasi della rappresentazione attiva ed iconica non vanno evidentemente saltate, ma non ci si può fermare ad esse. È compito dell'azione didattica costruire consapevolezza in merito ad ogni fenomeno e far maturare un modo efficace di organizzare il pensiero, di elaborare idee, riflessioni, ragionamenti e compiere al massimo il proprio processo di crescita attraverso la disciplina. Per questo, ogni percorso didattico, per avere queste caratteristiche formative, deve tener conto di alcuni aspetti che sono già stati illustrati nella parte introduttiva di questo lavoro e che riprendiamo brevemente:

La riflessione sull'esperienza. All'attività di riflessione e di concettualizzazione deve essere dedicata la maggior parte del tempo per l'impegno cognitivo che richiede a tutti gli studenti. *Riflettere sull'esperienza per un alunno della scuola primaria significa anche tradurla in linguaggio scritto*, cioè narrarla, descriverla nei particolari significativi, per darne una propria rappresentazione. *Scrivendo ci si obbliga a pensare e contemporaneamente si mette ordine nei propri pensieri*, si passa da percezioni e considerazioni soggettive ad un primo tentativo di oggettivazione.

La dimensione linguistica sociale. Dopo la narrazione individuale, la discussione collettiva fra pari, ossia il *pensare insieme*, diventa momento decisivo sia nello sviluppo della concettualizzazione che nel potenziamento della motivazione. Esperienza, riflessione individuale e collettiva, si completano a vicenda dando valenza sia alle individualità che al confronto con i coetanei, in un clima di ascolto, condivisione e valorizzazione del contributo di tutti per lo sviluppo e l'arricchimento delle conoscenze di ognuno. Anche se con modalità e caratteristiche cognitive diverse, ogni alunno deve avere l'opportunità di sentirsi protagonista all'interno di un contesto che lo valorizza e lo rispetta, anche nell'errore, accolto come utile alla discussione e al confronto.

Il rispetto dei tempi. L'opportunità di costruire soluzioni, di pensare in merito ad un quesito o ad un problema da risolvere, di discutere con i compagni, di elaborare ragionamenti e definizioni operative... *richiede tempi distesi*, ma offre ad ognuno l'opportunità di integrazione mentale dei concetti. È all'interno di una impostazione metodologica di questo tipo che ogni alunno ha la possibilità di costruire apprendimenti che non si perdono nel tempo breve, ma che restano ancorati alla memoria a lungo termine e disponibili per poter essere utilizzati in contesti diversi; ogni alunno ha, cioè, la possibilità effettivamente di sviluppare competenze.

Criteri di valutazione e risultati ottenuti

La valutazione del lavoro svolto si basa soprattutto sul 'quaderno di lavoro' dei bambini, ove rimane traccia di tutte le attività svolte in classe, delle domande dell'insegnante, delle prime risposte, delle discussioni fatte, delle rielaborazioni successive... In questo modo è possibile, per l'insegnante seguire il *processo* di apprendimento dell'allievo e, per questi, maturare la consapevolezza e il controllo dei propri processi cognitivi. Dopo anni di sperimentazione e di lavoro sul campo, dopo aver analizzato centinaia di 'quaderni', dopo ore ed ore di discussione con i bambini e fra noi insegnanti, possiamo affermare che le attività proposte sono in grado, non solo di coinvolgere gli alunni favorendo la comprensione delle fenomenologie in oggetto, ma anche di sviluppare in misura significativa competenze osservative-logico-linguistiche (la capacità di descrivere, di confrontare, di cogliere differenze e somiglianze, di raggruppare, di classificare, di definire).

Problemi aperti

Con questo percorso non viene data alcuna spiegazione del ruolo dell'aria nella combustione, viene posto unicamente il problema. A livello di scuola primaria riteniamo che ci si debba limitare a far capire che "*c'è bisogno di aria*" perchè la candela possa bruciare; questo aspetto del fenomeno è troppo '*ricco di teoria*' per essere affrontato a questo livello scolastico. Senza aver esaminato e riflettuto su questioni come la materialità dell'aria, la reattività dell'aria, la presenza di diverse 'arie', la composizione stessa dell'aria... ogni possibile 'spiegazione scientifica' rischia di essere per il bambino priva di significato. Tali problematiche potranno essere invece

affrontate con profitto a livello di scuola secondaria di secondo grado, quando i ragazzi inizieranno lo studio sistematico delle varie discipline scientifiche (in particolar modo della chimica) ed avranno modo di sviluppare concetti, come quello di gas, fondamentali per la comprensione di questa fenomenologia.

Lavorare in questo modo richiede tempi lunghi. Di conseguenza, si impone un'accurata *selezione e organizzazione dei contenuti*. Contenuti che devono essere significativi da due punti di vista: devono essere fondamentali in relazione alla cultura, alle discipline e, nello stesso tempo, adeguati alle strutture motivazionali e cognitive dello studente. Bisognerà individuare dei *saperi che permettano didattiche centrate sui processi*, sulle ipotesi, sull'errore, come punti di partenza del processo di concettualizzazione e di sistematizzazione. Questi saperi non possono essere già formalizzati, ma dovrebbero essere saperi operativi, induttivi, esperienziali, dove la concettualizzazione e la sistematizzazione sono gradualmente e costantemente punti di arrivo dei processi di costruzione della conoscenza. Saperi, quindi, che permettano costantemente di sviluppare *competenze trasversali, competenze logico-linguistiche*. L'innovazione metodologico-relazionale si può sviluppare se i saperi su cui si lavora sono in quantità compatibile con didattiche innovative, e se sono comprensibili e ricchi di motivazione. Innovazione metodologica, relazionale, ambientale, strumentale, da una parte, e saperi disciplinari significativi, dall'altra, sono le due facce della medaglia di una scuola di qualità.

Un percorso sulla combustione

Precauzioni: tutte le esperienze vanno eseguite dall'insegnante.

Livello scolastico: scuola primaria.

Durata del percorso combustione: circa due mesi (classe terza).

Si può introdurre l'argomento attraverso discussioni collettive su:

'Il fuoco... le mie esperienze';

'Il fuoco... io so che'.

Le discussioni possono essere registrate dall'insegnante, fotocopiate e distribuite ad ogni bambino.

ESPERIENZA 1: COMBUSTIONE DELLA CARTA

Strumenti e materiale occorrente: fogli di carta, fiammiferi, piatto di coccio.

Disponete il laboratorio di scienze o l'aula in modo che i bambini possano osservare bene il fenomeno. Come precisato precedentemente, l'esperienza è eseguita dall'insegnante ed ai ragazzi viene data la consegna di *osservare attentamente* ciò che succede.

Ponete un foglio di carta sul piatto e *innestate con un fiammifero*; ripetete l'esperimento al buio per poter osservare concretamente la produzione di luce; al termine invitate i bambini a toccare il piatto di coccio per permettere loro di sentire il calore procurato dalla combustione.

Chiedete ai bambini di descrivere individualmente per scritto il fenomeno osservato dando loro la seguente consegna: ‘descrivi l’esperienza della combustione della carta in modo che sia chiaro ciò che è accaduto anche a chi non era con noi’.

Marco: “*la maestra ha acceso un fiammifero, ha toccato la carta che ha preso fuoco. Il piattino era molto caldo*”.

La descrizione individuale scritta permette ai bambini di riflettere sull’esperienza vissuta, di ordinare in modo sequenziale le fasi dell’esperimento e di coglierne alcuni aspetti significativi. *Alla descrizione può seguire la richiesta di disegnare il fenomeno; con il disegno i bambini possono mettere in luce aspetti non rilevati nella descrizione scritta (ad esempio l’emissione di fumo)*. Introducete, utilizzandoli fin dalla prima esperienza, i termini *combustione* e *innesco* in modo che gli alunni possano familiarizzare con queste *nuove parole*.

Proponete la lettura ad alta voce di alcune descrizioni che possono essere le più complete e ricche di particolari, ma anche quelle eseguite con meno cura e attenzione; in entrambi i casi, infatti, si può stimolare una discussione con i ragazzi che propongano correzioni, modifiche, ampliamenti.

Se le descrizioni prodotte individualmente si dimostreranno molto carenti, potete proporre ad ogni bambino di *arricchire* il proprio lavoro con i suggerimenti ricavati dalla lettura delle descrizioni dei compagni e dalla discussione successiva.

Invitate i bambini ad elencare per scritto, individualmente, gli aspetti più importanti della combustione della carta con una consegna di questo tipo: “*elenca i momenti più importanti della combustione della carta*”; questo consentirà di focalizzare l’attenzione sugli aspetti più significativi del fenomeno e faciliterà il confronto con le esperienze successive.

Fate leggere alla classe alcune produzioni individuali e procedete a costruire collettivamente l’elenco dei *momenti importanti* della combustione della carta, ricavati dagli elaborati di ognuno e condivisi da tutti.

Proponete agli alunni la seguente esperienza: innescate due pezzi di carta delle stesse dimensioni, uno dei quali appallottolato. Chiedete ai bambini di evidenziare somiglianze e differenze nei due casi.

ESPERIENZA 2: COMBUSTIONE DELL’ALCOOL

Strumenti e materiale occorrente: alcool puro, fiammiferi, piatto di coccio.

Ripetete le prime cinque attività già indicate per la combustione.

Fate confrontare *i momenti importanti* della combustione della carta con i momenti importanti della combustione dell’alcool e costruite un cartellone murale che faciliti il confronto: quali differenze?, quali somiglianze? I bambini noteranno subito che le somiglianze fra i due fenomeni sono molte e che si può elaborare un unico elenco di *momenti importanti* valido per entrambe le combustioni.

Facendo riferimento alle attività di lettura e completamento di tabelle a doppia entrata sicuramente già utilizzate nell’area logico matematica, chiedete ai bambini di costruire una tabella che metta in evidenza gli aspetti più importanti delle due reazioni di

combustione sperimentate: “*prova a costruire una tabella dove si vedano bene i materiali usati e il loro comportamento durante la combustione*” (La costruzione della tabella può essere proposta anche come lavoro di coppia anziché individuale). Dal momento che si tratta di una richiesta non banale per un alunno di terza classe, non ci aspettiamo che non presenti difficoltà, ma riteniamo che la riflessione individuale attivata durante l’elaborazione della tabella, sia un momento importante per la comprensione del significato e dell’uso di questo strumento.

Fate confrontare i lavori individuali e fate discutere collettivamente i ragazzi in modo da procedere alla costruzione di un’unica tabella corretta e chiaramente leggibile.

	<i>innesco</i>	<i>luce</i>	<i>caldo</i>	<i>fumo</i>	<i>fiamma</i>	<i>resto</i>	<i>consumo del materiale</i>
<i>carta</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>alcool</i>	x	x	x		x		x
...							
...							
...							

ESPERIENZE 3 E 4: COMBUSTIONE DI LEGNETTI E COMBUSTIONE DI CARBONELLA

Strumenti e materiale occorrente: legnetti molto fini e secchi; carbonella; fiammiferi; alcool (servirà per innescare, i fiammiferi da soli, infatti, non sono sufficienti); piatti di coccio.

Eseguite le due esperienze l’una dopo l’altra, nello spazio orario di una lezione. La consegna che verrà data ai ragazzi sarà sempre quella di osservare con la massima attenzione lo svolgersi dei fenomeni. Se i ragazzi non lo evidenzieranno, sottolineate la maggiore difficoltà di *innesco* di legnetti e carbonella rispetto ad alcool e carta così come i tempi più lunghi di combustione dei due nuovi materiali.

Al termine delle due esperienze citate, proponete ai ragazzi, di utilizzare la tabella a doppia entrata per inserirvi i dati ricavati dall’osservazione della combustione dei legnetti e della combustione della carbonella.

	<i>innesco</i>	<i>luce</i>	<i>caldo</i>	<i>fumo</i>	<i>fiamma</i>	<i>resto</i>	<i>consumo del materiale</i>
<i>carta</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>alcool</i>	x	x	x		x		x
<i>legnetti</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>carbone</i>	x	x	x	x		x	x
...							

Si sostituisce la descrizione narrativa del fenomeno con l’utilizzo di uno strumento che riteniamo più funzionale al confronto di più esperienze.

Possono essere i bambini che ampliano la tabella già costruita, può essere l'insegnante a predisporre una scheda fotocopiata che riporti la tabella con alcune colonne vuote.

Fate confrontare ed eventualmente correggete le tabelle completate individualmente.

ESPERIENZA 5: LA COMBUSTIONE E UN SASSO

Strumenti e materiale occorrente: un sasso o alcuni sassi; fiammiferi; alcool; piatto di coccio.

Provate ad innescare la combustione del sasso con un fiammifero e successivamente con l'aiuto di una piccola quantità di alcool. Informate i bambini del fatto che la fiamma sviluppatasi è frutto della combustione del fiammifero e dell'alcool. Può darsi che ciò crei qualche perplessità e che vi siano degli alunni che insistono nell'attribuire la fiamma alla combustione del sasso, in questo caso ripetete l'esperienza con un altro sasso preoccupandovi di pesarlo prima e dopo la combustione, in modo da evidenziare che non c'è stato nessun consumo di materiale.

Date la seguente consegna individuale: "Inserisci nella tabella i dati dell'esperienza: la combustione e il sasso". Fate confrontare, discutere collettivamente ed, eventualmente, correggere le tabelle completate individualmente.

	<i>innesco</i>	<i>luce</i>	<i>caldo</i>	<i>fumo</i>	<i>fiamma</i>	<i>resto</i>	<i>consumo del materiale</i>
<i>carta</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>alcool</i>	x	x	x		x		x
<i>legnetti</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>carbone</i>	x	x	x	x		x	x
<i>sasso</i>							

Solo a questo punto del lavoro sulla combustione, chiedete individualmente ai ragazzi di rispondere per scritto alla seguente richiesta: "*definisci la combustione*". Se gli alunni non hanno familiarità con il termine *definire*, sarà opportuno procedere alla sua spiegazione. Le consegne, infatti, devono essere il più possibile chiare e dobbiamo verificare che tutti le abbiano comprese.

Confrontate le definizioni prodotte da ognuno arrivando ad elaborare una definizione operativa di questo tipo: *la combustione è quel fenomeno che si verifica quando un combustibile, una volta innescato, produce luce, calore e si consuma.*

ESPERIENZA 6: ANCORA SULLA COMBUSTIONE DELLA CARTA

Strumenti e materiale occorrente: fogli di carta, fiammiferi, piatto, pinze metalliche.

Procuratevi due fogli di carta di uguali dimensioni ed incendiateli entrambi, tenendo un foglio sospeso con le pinze e l'altro appoggiato sul piatto (oppure appallottolato). Chiedete ai bambini di evidenziare la diversità di comportamento dei due fogli di carta e portateli a riflettere sulle cause di questa differenza.

Marco: “*il foglio appoggiato sul piatto non brucia tutto, dopo un po' si spegne. Il piatto fa spegnere la fiamma*”.

ESPERIENZA 7: LA COMBUSTIONE DI UNA CANDELA IN UN RECIPIENTE CHIUSO

Strumenti e materiale occorrente: una candela stearica, fiammiferi, orologio, un recipiente da 1 litro, un recipiente da 1\2 litro.

Accendete la candela, capovolgetevi sopra il recipiente da un litro e misurate per quanto tempo la candela rimane accesa.

Procedete nello stesso modo con il recipiente da 1\2 litro.

Chiedete agli alunni per qual motivo, dopo un certo tempo, la candela si spegne e come mai nel recipiente più capiente la combustione dura più a lungo.

Marco: “*Per bruciare c'è bisogno di aria e nel barattolo più grande c'è più aria. La candela si spegne quando la fiamma ha bruciato tutta l'aria*”.

A questo punto, richiamate l'esperienza della combustione della carta appoggiata al piatto (o appallottolata) e fate riflettere i bambini sulle possibili cause del diverso comportamento della carta.

La combustione e il quotidiano

È importante che i ragazzi possano comprendere quanto è frequente nel nostro quotidiano il fenomeno della combustione; su questo li stimoleremo a riflettere ponendo loro le seguenti richieste e/o i seguenti interrogativi:

Quali combustibili conosci?

Quali sono i combustibili più usati?

Dove li troviamo... da dove arrivano...?

Cosa si intende per combustibile naturale? e per combustibile artificiale?

È sempre opportuno inoltre sfruttare le possibilità offerte dal territorio (le vecchie carbonaie, le centrali termoelettriche...), per approfondire la conoscenza del fenomeno osservato inserendola nella realtà odierna.

QUANTO È GRANDE IL SISTEMA SOLARE

SCUOLA PRIMARIA E SECONDARIA DI PRIMO GRADO

Angela Turricchia*

*Docente - Planetario, Settore Istruzione, Comune di Bologna

Linee essenziali del progetto

Criteri di scelta del tema

L'astronomia e in particolare tutto ciò che si riferisce al Sistema Solare esercita un enorme fascino sui ragazzi, spingendoli a fare ricerche e a documentarsi su testi. Il percorso nasce dalla necessità di rispondere a domande che i ragazzi pongono "quante stelle ci sono nel Sistema Solare?", "Quanto tempo impiego ad andare in astronave fuori dal sistema Solare?". In particolare l'obiettivo è quello di far avvicinare gli studenti alle 'dimensioni reali e alle distanze' che esistono tra i corpi celesti. In questo ultimo periodo siamo sommersi dai mezzi di comunicazione di massa (televisione, radio, Internet) di dati collegati alla presenza di altri pianeti oltre a quelli del Sistema Solare, alla ricerca di altre forme di vita...

Finalità

Le dimensioni del Sistema Solare¹ di cui la Terra fa parte non vengono mai discusse direttamente, per cui pensare di uscire dal Sistema Solare diventa per i ragazzi l'equivalente ad uscire dalla porta di casa per andare ad esempio al mare. Per questo motivo abbiamo ritenuto importante affrontare un tale argomento proprio per avvicinare gli studenti ad una analisi critica delle informazioni che ci vengono fornite.

Inoltre, in particolare sui libri di testo della scuola primaria, ma in alcune situazioni anche su quelli di scuola secondaria di primo grado, quando si parla di Sistema Solare si intende un sistema formato da Sole e pianeti dimenticando una gran parte di spazio che invece gli astronomi fanno, da ormai cinquanta anni, far parte del Sistema Solare stesso: intendo la fascia di Kuiper e della Nube di Oort. Ci si è posto quindi anche l'obiettivo di fornire ai ragazzi alcune conoscenze che per gli astronomi sono già conoscenze acquisite, ma che non lo sono altrettanto per la 'gente comune'; un avvicinamento quindi alla 'ricerca scientifica attuale'.

L'obiettivo è quindi di far costruire un modello di Sistema Solare ridotto in scala sia per quanto riguarda il diametro dei corpi celesti che le distanze che intercorrono tra di essi.

¹ Si fa riferimento a S. Vosniadou, S. & W. F. Brewer, *Theories of Knowledge Restructuring in Development*; C. A. Klein, *Children's Conceptions of the Earth and the Sun: a cross cultural study*.

Modello di apprendimento, strategie d'insegnamento e ostacoli incontrati

Si è prevista una prima fase in cui i ragazzi ricercano in rete le informazioni relative a dimensioni e distanze dei corpi del Sistema Solare: obiettivo di questa attività è avvicinare in modo critico i ragazzi all'uso della navigazione in rete. Dai siti che i motori di ricerca più comuni permettono di visitare, i ragazzi infatti dovranno confrontare tra di loro i valori ottenuti, rivolgendo domande di chiarimento alle strutture ritenute competenti qualora si incontrino incongruenze².

Abbiamo previsto fin dall'inizio una serie di ostacoli che i ragazzi avrebbero potuto incontrare, in particolare nella ricerca in rete di dati, ciò in realtà è stato voluto proprio per far comprendere ai ragazzi l'importanza di rivolgersi a siti qualificati. La cosa più saggia è cercare nei siti degli Osservatori Astronomici, di agenzie spaziali nazionali oppure nel sito della NASA per chi conosca l'inglese; in particolare occorre prestare attenzione alla data in cui i siti sono stati aggiornati: le conoscenze in questo campo sono sempre in evoluzione e un sito datato potrebbe riportare dati non aggiornati. Lo stesso vale per i libri (guardare sempre la data di stampa).

Dopo aver raccolto i dati ed averli messi in tabella, occorre passare alla scelta di un posto in cui eseguire la riproduzione. Il passaggio successivo risulta quindi la riduzione in scala sia dei diametri dei corpi celesti che delle distanze. I ragazzi devono scegliere il luogo in cui vogliono posizionare il Sistema Solare; questo li costringerà a scegliere una riduzione in scala od una diversa. Si ritiene importante che la riduzione sia fatta con scala comune per diametri e per distanze, la doppia scala infatti non è evidente soprattutto per studenti della scuola primaria e soprattutto nasconde la distanza 'reale' tra un corpo e l'altro.

Il modello di apprendimento è quello costruttivista. Il lavoro nella parte iniziale è prima individuale per la ricerca delle fonti e dati, successivamente a piccoli gruppi per una condivisione e rielaborazione dei primi dati. La parte di riproduzione in scala invece può essere svolta suddividendo la classe in due grossi gruppi. Lo svolgimento può risultare laborioso, in particolare nel caso della scuola primaria dal momento che i ragazzi non hanno ancora trattato in matematica le proporzioni. È comunque vero che, anche nella scuola primaria, vengono comunemente e frequentemente affrontate equivalenze; questa attività può costituire un utile esercizio, alternativo e sicuramente meno noioso.

Valutazione

La verifica prevista avviene tra i due gruppi confrontando i valori ottenuti se lo spazio in cui si decide di eseguire l'esperienza è lo stesso, in caso contrario i gruppi verificheranno l'uno i calcoli dell'altro.

² Riteniamo importante questa parte in quanto, in una situazione in cui l'uso di Internet è sempre maggiore, i ragazzi devono diventare utilizzatori coscienti e critici. Proprio per questo è importante che possano confrontare dati diversi e risposte diverse date alle loro domande da esperti di diverse istituzioni.

I ragazzi procederanno poi alla riproduzione con plastilina dei corpi del Sistema Solare e provvederanno alla sistemazione in base alle distanze calcolate.

Il progetto in atto

L'esperienza presentata qui è relativa a due classi quinte della scuola primaria Chiostrì - Bologna³ (anno scolastico 2005-06) ed una classe seconda della scuola secondaria di primo grado (I. C. Monterezenzio - Bologna anno scolastico 2005-06). L'attività è nata a seguito dell'interesse che i ragazzi hanno dimostrato dopo l'eclisse di Sole del 3 ottobre 2005; si è quindi innestata su un interesse nato anche a seguito della pressione che i media esercitano comunemente sui ragazzi e non soltanto su di loro. La ricerca prevista su libri di testo per i dati relativi alle dimensioni-distanze dei corpi del Sistema Solare iniziata autonomamente dai ragazzi è stata superata dalla assoluta inattendibilità dei dati forniti dai testi utilizzati. Si è passati pertanto alla ricerca in rete. Questa prima fase del lavoro di ricerca è stata fatta sempre in classe proprio per avere l'occasione di discutere con i ragazzi dei vari siti cercati e delle modalità di scelta.

La raccolta dei dati in tabelle e la discussione successiva ha portato i ragazzi a rilevare che *“non tutti i siti citano la fascia di Kuiper e la nube di Oort come appartenenti al Sistema Solare”, “alcuni non li citano e spesso per fascia di asteroidi si parla di quella che c'è tra Marte e Giove”, “il numero dei satelliti dei vari pianeti è diverso nei vari siti”*. Una conclusione particolare è emersa nella classe primaria che ha rilevato come *“beh, sembra che o non sanno di che cosa stanno parlando, ma non è pensabile, oppure si stanno ancora facendo le scoperte. Allora le conoscenze scientifiche cambiano in continuazione!”*⁴.

Dopo una lunga discussione su come scrivere le dimensioni della fascia di Kuiper e della nube di Oort che sono formate da *“materiale piccolissimo, di cui non possiamo definire un diametro, ma si estendono in una zona molto grande di spazio”*, i ragazzi hanno adottato la seguente tabella.

³ Particolarmente importante il ruolo delle due docenti che hanno collaborato all'iniziativa: Maria Elisa Calderaie e Rosy Ermellino.

⁴ Questo ha portato, soltanto nella classe di scuola primaria, a prevedere un approfondimento a seguito di una domanda posta da un altro gruppo di ragazzi *“Ma allora la scienza non ha certezze. Come faccio a sapere se ho scoperto tutto?”*

<i>Nome</i>	<i>Diametro in km</i>	<i>Distanza dal Sole in milioni di km</i>
Sole	1.400.000	-----
Mercurio	5.000	58
Venere	12.000	108
Terra	13.000	150
Marte	7.000	228
Giove	152.000	778
Saturno	120.000	1.427
Urano	51.000	2.870
Nettuno	49.000	4.497
Plutone	3.000	5.900
Fascia di Kuiper		Fino a 150.000
Nube di Oort		Fino a 15.000.000

A questo punto i gruppi hanno ragionato sul “*dove posizionare la propria riproduzione*” e ne hanno progettato la realizzazione. Non è stata data appositamente nessuna indicazione ai ragazzi che hanno scelto nel caso della scuola primaria il cortile della scuola (lungo 600 metri circa): “*se vogliamo che si vedano i pianeti bisogna che lo spazio disponibile sia molto grande*”; nel caso della scuola secondaria di primo grado i ragazzi hanno invece scelto il corridoio da una estremità all'altra (circa 60 metri): “*tanto riduciamo tutto in scala e quindi saranno corpi piccoli, ma non importa quanto grande è lo spazio che abbiamo a disposizione*”⁵.

Nell'esecuzione della riduzione, i ragazzi si sono ben presto resi conto delle difficoltà a posizionare i corpi in posti piccoli, ma mentre i ragazzi della scuola secondaria di primo grado hanno immediatamente proposto di “*mettere solo i corpi che ci stanno*”, i ragazzi della scuola primaria hanno svolto tutti i calcoli e solo alla fine, al momento del confronto del lavoro si sono resi conto che non sarebbero mai riusciti a rappresentare con la plastilina, come avevano pensato, alcun corpo, “*nemmeno il Sole, eppure il Sole è grande! Come mai risulta così piccolo?*”.

La classe di scuola primaria ha proposto di eliminare la fascia di Oort e di considerare soltanto la parte fino alla fascia di Kuiper “*possiamo dire che la fascia di Oort sarà oltre il giardino?*” I ragazzi hanno pertanto scelto di rifare i calcoli, in modo da rendere il tutto più facile ed almeno in questo modo forse si sarebbe potuto rendere visibile il Sole. La richiesta ripetuta più volte “*possiamo prevedere se sarà visibile il Sole?*” è caduta nel vuoto... Soltanto alla fine... hanno ridotto i corpi da rappresentare: solo Sole e pianeti fino a Plutone.

⁵ Le scelte sono emerse da una discussione collettiva.

La classe ha ottenuto la seguente tabella.

<i>Nome</i>	<i>Diametro in km</i>	<i>Riduzione in scala diametro in cm</i>	<i>Distanza dal Sole in milioni di km</i>	<i>Riduzione in scala; distanza in metri</i>
Sole	1.400.000	14,00	-----	
Mercurio	5.000	0.05	58	5.8
Venere	12.000	0.12	108	10.8
Terra	13.000	0.13	150	15.0
Marte	7.000	0.07	228	22.8
Giove	152.000	1.50	778	77.8
Saturno	120.000	1.20	1.427	142.7
Urano	51.000	0.51	2.870	287,0
Nettuno	49.00	0.49	4.97	449.7
Plutone	3.00	0.03	5.00	590,0
Fascia di Kuiper			Fino a 150.00	15.00,0
Nube di Oort			Fino a 15.000.000	1.500.000,00

La classe di scuola secondaria ha subito scelto di dare al Sole le dimensioni di 14 cm, raggiungendo così lo stesso valore ottenuto dai ragazzi di scuola primaria, per cui all'interno del corridoio è stato possibile rappresentare soltanto Marte. Questa situazione ha creato un notevole malumore all'interno dei diversi gruppi in quanto *“non avevamo fatto i calcoli a mente bene, secondo noi ci doveva stare fino a Giove!”*. A questo punto hanno deciso di continuare con i calcoli e di vedere dopo *“cosa succedeva, cioè fin dove occorreva arrivare!”* La tabella è diventata di nuovo quella precedente; i ragazzi hanno però scelto di non riprodurre i pianeti se non quelli più grandi (Giove, Saturno, Urano...) per gli altri sarebbe bastata l'indicazione della posizione su una carta dell'Emilia-Romagna, ponendo il Sole a Bologna.

Risultati ottenuti

Il risultato complessivo, nelle due classi in esame, è stato positivo: i ragazzi hanno partecipato attivamente al lavoro e alle discussioni sia di gruppo che collettive. Nella classe di scuola primaria i ragazzi sono rimasti esterrefatti dalla *‘piccolezza’* del Sole rispetto alle distanze che entrano in gioco. *“È tutto molto più grande di quanto non mi aspettavo! E in mezzo cosa c'è?”* *“ma non c'è nulla dentro il Sistema Solare!”*.

I ragazzi di scuola secondaria di primo grado sono stati coinvolti, nella riproduzione su una carta geografica, di dove sarebbe terminato il Sistema Solare... *“ben oltre Rimini (o Firenze...)”*.

ENERGIA?

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

*Angela Turricchia**

**Docente - Planetario, Settore Istruzione, Comune di Bologna*

Linee essenziali del progetto

In questi ultimi anni siamo sommersi da informazioni di ogni tipo riguardanti le fonti energetiche e la necessità di un uso consapevole delle risorse, come adulti e cittadini siamo chiamati a fare scelte che richiedono conoscenze spesso specifiche (mi riferisco ad esempio ai referendum sul nucleare). Il termine *energia* è quindi entrato di prepotenza nella vita quotidiana, spesso in contesti in cui il suo uso non è scientificamente corretto. La definizione fisica di energia sembra lontana dall'accezione comune. Spesso nel linguaggio corrente l'energia è confusa con la forza, con la potenza o con altre grandezze fisiche.

Finalità e contenuti

Abbiamo ritenuto importante introdurre il tema con una duplice finalità:

- avvicinare i ragazzi all'analisi e allo studio di tematiche che sono complesse, ma che presentano molteplici risvolti affrontabili da punti di vista disciplinari diversi;
- tentare di stimolare i ragazzi a mettere ordine nelle proprie conoscenze, a razionalizzarle, a sistematizzarle ed eventualmente ad approfondirle.

Che cosa ci proponiamo di raggiungere affrontando questo argomento? Far comprendere agli studenti che esiste una caratteristica che i corpi intrinsecamente hanno che, ad esempio, può permettere di generare o modificare un movimento. Come esempio possiamo prendere una molla. Se la molla è compressa e viene lasciata espandere contro un carrello fermo, questo si mette in moto. Quindi la molla iniziale compressa possiede energia; dal momento che il carrello è in moto, anche questo possiede energia perché, colpendo un altro corpo, può metterlo in moto; cioè la molla compressa ha energia, quindi in analogia tutti gli altri corpi compressi possiedono energia. Sarà compito degli uomini costruire macchine che rendano utilizzabile questa energia.

Modello di apprendimento e strategie di insegnamento

Si è previsto di partire da un'indagine iniziale delle conoscenze dei ragazzi, attraverso una discussione, prevedendo poi un lavoro laboratoriale essenzialmente di gruppo. In questa *prima* fase ci si propone di far progettare ed eseguire o presentare agli studenti esperimenti sul fatto che i corpi possono avere la caratteristica che permette di variare lo stato di moto di un corpo. Occorre però prestare attenzione che se non riu-

sciamo a fare ciò, non necessariamente il corpo che stiamo esaminando non possiede energia, semplicemente non conosciamo strumenti od esperimenti che ci permettano di verificarlo. L'energia pertanto è un concetto che risente in maniera profonda della sua origine 'operativa'. Nella *seconda* fase, prettamente laboratoriale, ci si propone di far progettare agli studenti semplici esperimenti che permettano di evidenziare diverse 'forme' di questa caratteristica che i corpi possono avere e di evidenziare se da esse possiamo davvero produrre movimento cercando quindi di introdurre quelle che quotidianamente vengono chiamate energia potenziale, cinetica, termica...

Valutazione: presentazione da parte dei singoli gruppi del lavoro svolto ai compagni; discussione collettiva, elaborazione di testi e relazioni.

Il progetto in atto

Il progetto si è svolto in quattro fasi.

Fase 1 - La discussione iniziale ha permesso di mettere in evidenza le conoscenze possedute dai ragazzi. "Energia è una spinta... è l'elettricità... la trovi dentro la presa della corrente elettrica... è la potenza che un corpo ha...è presente nel mio corpo... di sera non ho più energia... è nei cibi... quando mangio accumulo energia". A causa delle diverse risposte che i ragazzi stessi hanno fatto fatica a classificare e poiché si sono resi conto del fatto che la maggior parte di loro, parlando di energia, faceva, riferimento all'energia elettrica, è stato proposto di affrontare questo argomento in particolare. *Ci siamo riservate di affrontare l'argomento, proponendo però ai ragazzi di trovare il momento più opportuno.*

Fase 2 - È stata fatta ai ragazzi la proposta di *progettare un esperimento* che permettesse di 'variare il moto' un corpo utilizzandone un altro a scelta. I ragazzi hanno dovuto scegliere il materiale (quello a disposizione nell'aula di scienze della scuola o altro che avevano deciso di portare da casa) e 'pensare' l'esperimento; l'attività è stata svolta a gruppi di quattro/cinque persone l'uno (la scelta dei componenti dei gruppi è stata libera). I quattro gruppi hanno proceduto ad una discussione per la preparazione; il risultato di questo primo lavoro è stato presentato dai singoli gruppi alla classe. I gruppi hanno lavorato sulle seguenti tematiche (i termini sono quelli utilizzati dai ragazzi):

- movimento per trascinamento-caduta: un corpo appeso ad una corda ne fa cadere un altro appeso all'altra estremità ma fermo;
- movimento prodotto dalla compressione di una molla che mette in moto un astuccio inizialmente fermo;
- movimento prodotto dall'aria emessa da un asciugacapelli su una girandola;
- movimento prodotto dall'acqua che cade sulle pale di un giocattolo.

La discussione all'interno dei gruppi per l'allestimento degli esperimenti è stata intensa. Soltanto in un gruppo i ragazzi si sono posti l'ulteriore problema di come misurare questa energia. Negli altri gruppi si è poi affrontato l'argomento.

Di seguito le osservazioni fatte:

- Gruppo 1 - *Più grande è il corpo appeso alla corda, più velocemente scende quello fermo* (di volta in volta è stato appeso un quaderno, un diario, un astuccio, un peso da bilancia

da 1kg, un peso da bilancia da 0.500 kg). *Forse l'energia dipende da quanto più velocemente va il corpo che cade;*

- Gruppo 2 - *Più è compressa la molla, più velocemente scatta il corpo (passa cioè da fermo alla velocità finale in un tempo minore.)* In questo caso il problema che i ragazzi hanno dovuto affrontare è come valutare la possibilità di comprimere la molla. Hanno pertanto fissato un righello ed hanno misurato quanto risultava più o meno compressa; *ma come possiamo sapere quanto vale questa capacità di comprimersi? forse dallo scatto del quaderno che salta via... se usiamo un libro grosso, scatta di meno. Il problema è: misuro la compressione della molla o misuro lo scatto dell'oggetto? Lo scatto dell'oggetto dipende dalle sue dimensioni;*

- Gruppo 3 - Il lavoro in questo gruppo ha avuto un andamento saltuario. In particolare la scelta di costruire una girandola, che inizialmente appariva semplice, ha però costituito notevoli difficoltà a causa dell'attrito con cui si muoveva. I ragazzi sono stati pertanto costretti a ragionare su successivi miglioramenti, ma anche a ragionare sul fatto che certo *“la girandola si mette in moto, ma il moto non è sempre continuo e spesso si ferma... quindi se c'è qualcosa che la spinge e la fa accelerare, poi c'è anche qualcosa che la ferma. Questo vuol dire che l'energia dell'aria finisce (???) , che cosa la ferma? Possiamo parlare di energia negativa?”;*

- Gruppo 4 - L'allestimento dell'apparato sperimentale preparato da questo gruppo è stato pensato con molta attenzione. I ragazzi sono arrivati portando diversi giocattoli da spiaggia per eseguire l'esperimento: *“è la caduta dell'acqua che mette in moto il mulino. Più apro il rubinetto, più veloci girano le pale. Quindi l'energia dipenderà da quanta acqua scende. Se le pale sono più grandi il mulino va più piano... In realtà da piccolo in spiaggia non usavo l'acqua, ma la sabbia, che facevo cadere dall'alto... Potremmo forse dire che dipende da quanto in alto è la sabbia o l'acqua... sembrerebbe che dipendesse dalla posizione in cui si trova: più in alto è, più veloce va il mulino sotto”.*

Al termine del lavoro di laboratorio i gruppi hanno affrontato il problema di sistematizzare le osservazioni fatte, di razionalizzarle, di mettere in evidenza le difficoltà incontrate e di preparare presentazioni per relazionare agli altri gruppi in un momento di discussione collettiva. Questa fase del lavoro si è rivelata molto laboriosa: le difficoltà di linguaggio, la *“mancanza di un linguaggio scientifico adeguato alla situazione”* è stata rilevata dai ragazzi stessi che hanno posto agli insegnanti il problema. Abbiamo riproposto loro la questione in questo modo *“avete rilevato difficoltà di linguaggio. Analizzate il problema e suggerite proposte di soluzioni che poi attuerete nella prossima lezione”*. I ragazzi sono rimasti perplessi dalla *‘non risposta’*, ma hanno deciso di accettare la sfida e si sono procurati dizionari, testi di fisica, libri di scienze... per scoprire che non era essenzialmente una questione di linguaggio, ma una non chiarezza nell'impostazione del problema. *“Ma lei lo sapeva! ce lo poteva dire!”*. È stato il commento corale di un gruppo di ragazzi che si sono immediatamente riposti *“certo che così ce lo ricordiamo!”*.

Fase 3 - Si è giunti in questo modo a quattro presentazioni che i ragazzi hanno fatto in classe ai compagni. Ogni gruppo ha esposto una relazione sull'esperimento fatto e sulle difficoltà incontrate, giungendo alla stesura di un *‘Glossario energetico’* contenente tutte le parole e i concetti che hanno costituito elemento di discussione. Hanno af-

frontato così anche il discorso delle dimensioni di questa grandezza così sfuggente, ma così importante nella vita quotidiana, utilizzando testi e tentando di applicare quanto letto ai loro esperimenti “*però gli esperimenti che abbiamo pensato noi sui libri non ci sono... o meglio non sono scritti come li abbiamo pensati noi*”. Hanno ben presto rilevato che non si era parlato di energia elettrica e quindi hanno richiamato la nostra attenzione sul come produrla. Abbiamo fatto notare che in realtà il gruppo che aveva lavorato con la girandola aveva sì utilizzato l'energia elettrica in quanto l'asciugacapelli per produrre aria usava l'elettricità, ma questo non ha dissuasato dal problema anche perché in diversi testi era stata citata la pila di Volta e la sua costruzione.

Fase 4 - Abbiamo accettato di affrontare il tema lasciando però a loro la preparazione e la progettazione. È stata una scelta non perfettamente coerente con il progetto iniziale, ma i ragazzi avevano affrontato il tema con tale serietà ed impegno che lo abbiamo ritenuto una specie di premio quasi dovuto. Abbiamo proposto una ricerca in rete per acquisire i materiali necessari alla progettazione. I ragazzi hanno cercato i materiali, analizzato le problematiche, progettato l'esperimento e lo hanno eseguito. Si è posto una questione: la lettura del testo di Volta non cita specificatamente la chiusura del circuito per cui i ragazzi hanno costruito la pila, ma il circuito era aperto e quindi non si verificava il suo funzionamento. Si sono dovuti pertanto di nuovo porre il problema ‘*come misurare il funzionamento?*’ Eravamo coscienti di questa difficoltà, ma abbiamo volutamente scelto di non intervenire perché desideravamo che i ragazzi si trovassero nuovamente con la stessa problematica. “*Eppure lo dovevamo sapere! era il problema che avevamo già incontrato; abbiamo impostato dall'inizio male il lavoro, la misura, quando parliamo di grandezze, deve essere uno dei punti più importanti*”.

Problemi aperti

Sono rimasti aperti diversi problemi sollevati dai ragazzi, che verranno affrontati nel prossimo anno scolastico, riguardanti:

- la misura e le unità di misura (problema collegato al fatto che non era stato trattato precedentemente il tema ‘che cosa vuol dire misurare’);
- il fatto che i ragazzi non avevano sino allora affrontato grandezze nuove, ma quelle ottenute con unità di misura derivate;
- la definizione di variazione del moto di un corpo.

I risultati ottenuti

Dobbiamo sottolineare il fatto che i ragazzi hanno affrontato gli argomenti con interesse, approfondendo le tematiche svolte con ricerche individuali. Hanno riferito il lavoro svolto ad un'altra classe, presentando le esperienze e rispondendo in modo coerente alle domande che i compagni hanno loro posto.

Bibliografia

Didattica

- AA.VV., *L'educazione scientifica di base*, La Nuova Italia, Firenze, 1979.
- AA.VV., *Scienza e scuola di base*, Istituto Enciclopedia Italiana, Roma, 1979.
- F. Alfieri, M. Arcà, P. Guidoni, *I modi di fare scienze*, Bollati Boringhieri, Torino, 2000.
- M. Arcà, M. Ferrarini, N. Garuti, D. Guerzoni, P. Guidoni, M. Magni, *Esperienze di luce*, collana "Strumenti", Emme Edizioni, Petrini, 1989.
- M. Arcà, P. Guidoni, P. Mazzoli, *Insegnare scienza*, Angeli, Milano, 1982.
- M. Arcà, P. Guidoni, *Guardare per sistemi, guardare per variabili*, Emme-Petrini, Torino, 1987.
- M. Arcà, P. Mazzoli, N. Sucapane, *Organismi viventi*, collana "Strumenti", Emme Edizioni, Petrini, 1989.
- A. B. Arons, *Guida all'insegnamento della fisica*, Zanichelli, Bologna, 1992.
- V. Balzani, M. Venturi, *Chimica*, La Scuola, Brescia, 2000.
- L. Barsantini, C. Fiorentini, *L'insegnamento scientifico verso un curriculum verticale. Volume primo. I fenomeni chimico-fisici*, IRRSAE Abruzzo, L'Aquila, 2001.
- C. Bernardini, *Che cos'è una legge fisica?*, Editori Riuniti, Roma, 1983.
- G. Bianchi, G. Bonera, L. Borghi, A. De Ambrosis, P. Mascheretti, C.I. Massara, *Circuiti elettrici*, collana "Strumenti", Emme Edizioni, Petrini, 1989.
- A. Calvani, *Elementi di didattica*, Firenze, Carrocci, 2001.
- G. Cavallini, *La formazione dei concetti scientifici*, La Nuova Italia, Firenze, 1995.
- G. Cortellini, A. Mazzoni, *L'insegnamento delle scienze verso un curriculum verticale. Volume secondo. I fenomeni biologici*, IRRSAE Abruzzo, L'Aquila, 2002.
- G. Cortini (a cura di), *Le trame concettuali delle discipline scientifiche. Problemi dell'insegnamento scientifico*, La Nuova Italia, Firenze, 1985.
- C. Fiorentini, *La prima chimica*, Angeli, Milano, 1990.
- C. Fiorentini, E. Aquilini, D. Colombi, A. Testoni, *Leggere il mondo oltre le apparenze*, Armando Editore, Roma, 2007.

- M. Freddi, C. Marioni, R. Occa, *Inerzia e moto*, collana "Strumenti", Emme Edizioni, Petrini, 1989.
- M. Gagliardi, G. Gallina, P. Guidoni, S. Piscitelli, *Forze, deformazioni, movimento*, collana "Strumenti", Emme Edizioni, Petrini, 1989.
- M. Laeng, *Insegnare scienze*, La Scuola, Brescia, 1998.
- R. Karplus, H. D. Thier, *Rinnovamento dell'educazione scientifica elementare*, Zanichelli, Bologna, 1971.
- P. Mazzoli, M. Arcà, P. Guidoni, *Forze e pesi*, collana "Strumenti", Emme Edizioni, Petrini, 1989.
- L. Paoloni, *Nuova didattica della chimica*, Bracciodieta, Bari, 1982
- C. Pontecorvo (a cura di), *Conoscenza scientifica e insegnamento*, Loescher, Torino, 1983.
- A. Rimondi, *Terre, metalli e sale*, collana "Strumenti", Emme Edizioni, Petrini, 1989.
- J.J. Schwab, P. F. Brandwein, *L'insegnamento della scienza*, Armando, Roma, 1965.
- M. Vicentini, M.Mayer, *Didattica della fisica*, La Nuova Italia, Firenze, 1996.
- Epistemologia, Storia della Scienza*
- AA.VV., *Storia della scienza moderna e contemporanea*, UTET, Torino, 1988.
- F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie*, Il Mulino, Bologna, 1984.
- G. Bachelard, *L'intuizione dell'istante. La psicanalisi del fuoco*, Dedalo, Bari, 1973.
- G. Bachelard, *Il materialismo razionale*, Dedalo, Bari, 1975.
- G. Bachelard, *Il razionalismo applicato*, Dedalo, Bari, 1975.
- C. Canguilhem, *Il normale e il patologico*, Einaudi, Torino, 1998.
- N. Caramelli (a cura di), *Storiografia delle scienze e storia della psicologia*, Il Mulino, Bologna, 1979.
- M. Ciardi, *Breve storia delle teorie della materia*, Carrocci, Firenze, 2003.
- Y. Elkana, *La scoperta della conservazione dell'energia*, Feltrinelli, Milano, 1977.
- P. K. Feyerabend, *Scienza come arte*, Laterza, Bari, 1984.
- P. K. Feyerabend, *Contro il metodo*, Feltrinelli, Milano, 2002.
- C. C. Gillespie, *Il criterio dell'oggettività. Interpretazione storica del pensiero scientifico*, Il Mulino, Bologna, 1981.
- A. Gilles, G. Giorello, *La filosofia della scienza nel XX secolo*, Laterza, Bari, 1995.
- G. Giorello, *Introduzione alla filosofia della scienza*, Bompiani, Milano, 1994.
- J. C. Greene, *La morte di Adamo. L'evoluzionismo e la sua influenza sul pensiero occidentale*, Feltrinelli, Milano, 1971.
- A.R. Hall, *La rivoluzione scientifica 1500-1800*, Feltrinelli, Milano, 1981.
- J. Heilbron, *Alle origini della fisica moderna. Il caso dell'elettricità*, Il Mulino, Bologna, 1984.
- G. Holton, *La lezione di Einstein. In difesa della scienza*, Feltrinelli, Milano, 1997.
- G. Holton, *Scienza, educazione e interesse pubblico*, Bologna, Il Mulino, 1990.
- A. Koyrè, *Dal mondo del pressappoco al mondo della precisione*, Einaudi, Torino, 1967.
- T. S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969.
- T. S. Kuhn, *La rivoluzione copernicana*, Einaudi, Torino, 1972.
- T. Kuhn, *La tensione essenziale*, Einaudi, Torino, 1985.

- M. Jammer, *Storia del concetto di spazio*, Feltrinelli, Milano, 1963.
M. Jammer, *Storia del concetto di forza*, Feltrinelli, Milano, 1971.
M. Jammer, *Storia del concetto di massa*, Feltrinelli, Milano, 1974.
E. Lakatos, A. Musgrave, *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, 1976.
E. Mayr, *Storia del pensiero biologico*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990.
D. Park, *Natura e significato della luce*, McGraw-Hill, Milano, 1998.
K. R. Popper, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna, 1972.
L. Preta (a cura di), *Immagini e metafore della scienza*, Laterza, Bari, 1992.
H. Read, *Geologia: introduzione alla storia della Terra*, Laterza, Bari, 1954.
G. Rocke, *Chemical atomism in the nineteenth century*, Ohio State University Press, Columbus, 1986.
J. I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal 600 ai nostri giorni*, Milano, 1976.
P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Bari, 1997.
G. G. Simpson, *Evoluzione. Una visione del mondo*, Sansoni, Firenze, 1972.
M. M. Waldrop, *Complessità. Uomini e idee al confine tra ordine e caos*, Instar, Torino, 1996.
L. Cerruti, *Bella e potente. La chimica del 900 fra scienza e società*, Editori Riuniti, Roma, 2003

Pedagogia, Psicologia, Sociologia

- P. Boscolo, *Psicologia dell'apprendimento scolastico*, UTET, Torino, 1997.
J. Bruner, *La fabbrica delle storie*, Laterza, Bari, 2002.
M. Callari Galli, F. Cambi, M. Ceruti, *Formare alla complessità*, Carocci, Roma, 2003.
F. Cambi, *Saperi e competenze*, Laterza, Bari, 2004.
E. Ferreiro, A. Teberosky, *La costruzione della lingua scritta nel bambino*, Giunti, Firenze, 1985.
A. Flavell, *La mente: dalla nascita all'adolescenza nel pensiero di Piaget*, Astrolabio, Roma, 1971.
H. Gardner, *Educare al comprendere*, Feltrinelli, Milano, 1993.
H. Gardner, *Sapere per comprendere*, Feltrinelli, Milano, 1999.
O. Liverta Sempio (a cura di), *Vygotskij, Piaget, Bruner. Concezioni dello sviluppo*, Cortina, Milano, 1998.
J. D. Novak, *L'apprendimento significativo*, Erickson, Trento, 2001.
J. Piaget, B. Inhelder, *Lo sviluppo delle quantità fisiche nel bambino*, La Nuova Italia, Firenze, 1975.
C. Pontecorvo, A. M. Ajello, C. Zucchermaglio, *Discutendo si impara*, La Nuova Italia, Firenze, 1991.
L. S. Vygotskij, *Lo sviluppo psichico del bambino*, Laterza, Bari, 1975.

Articoli

- D. Antiseri, *Jenner e la ricerca sulle cause e gli effetti del vaiolo vaccino*, Brescia, La Scuola, 1981.
- E. Aquilini, *Il ruolo del linguaggio nel passaggio dai concetti di senso comune ai concetti scientifici*, in "Insegnare", n. 11/12, 1999, pp. 34-37.
- E. Aquilini, *Il ruolo del concetto di gas nella costruzione delle basi della chimica*, in "La Chimica nella Scuola", n. 5, 2000, pp. 149-152.
- E. Aquilini, *Quale concetto di acido e base nella parte terminale dell'obbligo scolastico?*, in "La Chimica nella Scuola", n. 3, 2001, pp. 96-99.
- E. Aquilini, *Gli insegnanti e le scienze*, in "Scuola e Didattica", 2003, n. 6, pp. 19-22.
- L. Barsantini, *Sull'insegnamento della fisica*, in "Insegnare", n. 5, 2000, pp. 42-45.
- L. Barsantini, *I fenomeni termici*, in "Insegnare", n. 7/8, 2000, pp. 43-48.
- D. Basosi, L. Lachina, *L'insegnamento della biologia nella scuola dell'obbligo*, in "Insegnare", n. 9, 2000, pp. 43-46.
- D. Basosi, *Perché le piante*, in "Naturalmente", 2003, n. 2, pp. 29-31.
- L. Bastino, B. Sandretto, E. Roletto, *Imparare le scienze, imparare a scrivere: una interdisciplinarietà funzionale*, in "Insegnare", n. 1, 1997, pp. 42-49.
- A. Borsese, C. Fiorentini, E. Roletto, *Formule sulla leggibilità e comprensione del testo. Considerazioni su una ricerca relativa ai manuali di scienze della scuola media*, in "Scuola e Città" n. 12, 1996, pp. 524-527.
- P. Cancellieri, P. Saracino, E. Torracca, *Definizioni operative di sistema omogeneo e di sostanza pura*, in "Didattica delle Scienze", n. 113, 1984, p. 9.
- M. Ciardi, *Il ruolo della storia e dell'epistemologia nella costruzione di un curriculum verticale: per una storia della didattica della chimica e una rivalutazione del ruolo della cultura chimica in Italia*, in "La Chimica nella Scuola", 2002.
- P. Falsini, *Tempi distesi e scelta dei contenuti per rinnovare l'insegnamento scientifico*, in "Naturalmente", 2003, n. 3, pp. 40-42.
- P. Falsini, *La fisica ingenua resiste*, in *La Fisica nella Scuola*, 2004, n. 1, pp. 13-18.
- C. Fiorentini, *Psicologia, epistemologia e storia nel rinnovamento del curriculum chimico*, in "Rassegna", 2000, n. 12, pp. 28-42.
- C. Fiorentini, E. Roletto, *Ipotesi per il curriculum di chimica*, in "La Chimica nella Scuola", 2000, n. 5, pp. 158-168.
- M. Gagliardi, N. Grimellini Tomasini, B. Pecori, *L'educazione scientifica: un percorso che parte da lontano*, in "La Fisica nella Scuola", 1999, XXXII, 3, 121-134.
- P. Mirone, *Per un più efficace insegnamento delle scienze*, in "Nuova Secondaria", n. 5, 1995, pp. 21-24.
- P. Mirone, *Per una definizione operativa del concetto di reazione*, in "Nuova Secondaria", n. 2, 1996, pp. 84-86.
- P. Mirone, *Considerazioni sul concetto di reazione chimica*, in "La Chimica nella Scuola", n. 2, 1998, pp. 49-51.
- P. Mirone, *Perché la chimica è difficile?*, in "La Chimica nella Scuola", n. 3, 1999, pp. 67-70.

- P. Mirone, E. Roletto, *Sostanze, miscele, reazioni: un'indagine sulle concezioni delle matricole di chimica*, in "La Chimica nella Scuola", n. 4, 1999, pp. 116-121.
- F. Olmi, *Ripensare i fondamenti dell'insegnamento della chimica al biennio*, in "La Chimica nella Scuola", n. 1, 1997, pp. 9-13.
- F. Olmi, *Una sfida da raccogliere: l'esistenza di un più efficace approccio ai saperi scientifici fin dai primi livelli scolari*, in "Naturalmente", 2002, n. 4, pp. 31-39.
- S. Tamburini, *Cambiare la scuola, in America*, in "Sapere", n. 5, 1997, pp. 45-51.
- E. Torracca, *Una dimensione storica nell'insegnamento della chimica?*, in "Ipsilon", n. 2, 1994, pp. 17-22.

Postfazione

UN 'PONTE' VERSO NUOVE INDICAZIONI NAZIONALI

Giancarlo Cerini, Nerino Arcangeli**

**Dirigenti Tecnici - Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna*

Scenari in movimento

La scuola italiana negli ultimi dieci anni è stata attraversata da un ampio dibattito su possibili nuovi assetti curriculari ed organizzativi, sia in relazione alla riconosciuta autonomia delle istituzioni scolastiche (1997), sia in previsione di riforme degli ordinamenti (2000 e 2003) che però hanno stentato a tradursi in effettivi e condivisi cambiamenti.

Sullo sfondo, scenari culturali ed esistenziali sempre più complessi (globalizzazione, nuove tecnologie, pervasività della comunicazione, stili di vita) hanno rimesso in discussione le stesse finalità del sistema educativo, il suo modo di operare, il 'senso' che insegnanti ed allievi possono ancora dare al loro incontrarsi quotidiano nelle aule scolastiche.

Contesti complessi e situazioni problematiche, di fronte ai quali non ci si può scoraggiare, in quanto si ritiene che solo la riflessione, la ricerca permanente, la valorizzazione del 'sapere' della scuola possono offrire una bussola di orientamento per le scelte da compiere per un futuro da riscrivere giorno dopo giorno.

In tutta Europa è ormai evidente che lo sviluppo ed il miglioramento delle pratiche educative non avvengono più attraverso le grandi ingegnerie di ordinamento o le grandi costruzioni curriculari, ma principalmente attraverso le iniziative delle scuole autonome, la responsabilità sociale delle comunità locali, le 'passioni' competenti di insegnanti e dirigenti.

Le vere riforme sono quelle che prendono piede nelle aule delle nostre scuole, che rispondono ad effettive esigenze di apprendimento e di crescita degli allievi, di 'benessere' e di motivazione per i docenti.

È in quest'ottica che è stato pensato e realizzato in Emilia-Romagna il progetto di ricerca congiunto USR-IRRE sulle innovazioni curriculari e pedagogiche, di cui si di-

scute da qualche anno nella scuola italiana. Lo spunto è stato il dibattito innescato dai provvedimenti varati nel 2004 per il primo ciclo di istruzione (nuove indicazioni programmatiche e nuovi dispositivi pedagogici ed organizzativi), con la decisione di offrire alla scuola regionale un'opportunità di ricerca 'plurale', cioè senza la presunzione di fornire risposte definitive, pregiudizialmente ostili o favorevoli, ma aperta al libero confronto tra esperti, al dialogo con la scuola quotidiana, con attenzione ai movimenti reali (le associazioni professionali, i gruppi di ricerca, le reti di scuole).

Ci piace segnalare il metodo adottato e i primi frutti della ricerca su discipline e modelli organizzativi.

Le 'officine' del curriculum

Superata la stagione dei programmi nazionali ed il rischio del 'fai da te' di un'autonomia male intesa, è necessario costruire le coordinate condivise di un progetto culturale nazionale (gli indirizzi nazionali per il curriculum). Ma per farlo non ci si può affidare solo ad esperti o commissioni più o meno estese, più o meno rappresentative. Anche la migliore elaborazione resta 'lontana' e non 'incide' sulla scuola se non si adotta un processo molto aperto, corale, di ascolto e di elaborazione partecipata dal basso. Si decide di cambiare, se si capisce che il cambiamento scaturisce dalla comunità professionale di riferimento, se l'innovazione è percepita come il frutto riconosciuto del lavoro e delle fatiche di tanti.

Ci piace pensare agli oltre 200 ricercatori, dirigenti scolastici, universitari, ispettori, insegnanti, impegnati nei gruppi di lavoro in Emilia-Romagna, come alle maestranze di un'officina ove si forgiavano i curricoli prossimi venturi. Un'officina capace (pur con tutti i limiti di risorse, tempo, disponibilità) di rappresentare una sorta di commissione 'decentrata' sul territorio, in grado di raccogliere le migliori intuizioni ed esperienze didattiche presenti nella realtà regionale, per dare voce alle competenze ed al sapere espresso dalle università e dalle scuole, al fine di tradurre tutto questo in materiali di lavoro per i 'costruttori di curricoli', che non risiedono solo a Roma, ma ormai – a buon diritto – in ogni scuola.

Lo scopo non è solo quello di rendere omaggio alla democrazia formale, di 'ascoltare' tanti, ma di 'approfittare' dell'occasione per coinvolgere un gran numero di operatori scolastici (ma anche di genitori e cittadini, come è avvenuto in Francia con il *Documente Thelot*) attorno al futuro progetto della scuola, partendo da un'analisi realistica dello 'stato dell'arte' e costruendo programmi e curricoli che siano effettivamente alla portata di studenti ed insegnanti: un po' più ambiziosi di ciò che già si fa normalmente a scuola, ma non troppo distanti dalle esperienze migliori, per dare il senso della praticabilità e sostenibilità delle nuove proposte.

Le prime indicazioni della ricerca

Dal lavoro dei gruppi, alcuni centrati sulla dimensione disciplinare (l'ambientazione dei saperi nelle pratiche didattiche), altri su dispositivi pedagogici (la coerenza tra scelte educative ed organizzative), scaturiscono preziose indicazioni per i futuri assetti della scuola di base.

Le scuole, alla luce del nuovo quadro normativo, si aspettano indirizzi curriculari che sappiano coniugare il protagonismo delle scuole autonome con le garanzie e le responsabilità nazionali. I documenti dovrebbero chiarire:

- 1) *quadri di competenze* (o profili di competenza) in forma di standard formativi in uscita da ogni insegnamento scolastico (sul modello del *framework* europeo per la lingua straniera), utili ai docenti, ai ragazzi, al sistema sociale, sia come regolazione, sia come base della certificazione;
- 2) *obiettivi (specifici) di apprendimento*, come indicazioni curriculari, più sobrie di quelle attuali, condivise dalla comunità scientifica, in dialogo con la scuola migliore, di carattere puramente orientativo, da utilizzare intelligentemente nella costruzione dei curricoli 'reali';
- 3) *livelli essenziali delle prestazioni* (LEP), in termini di funzionamento e di servizio culturale da garantire in tutte le scuole del territorio nazionale, a prescindere dalle specifiche condizioni locali. Sono prescrittivi per la scuola e sottoposti a verifica interna ed esterna (mediante autovalutazione, controllo di gestione, valutazioni di sistema).

Siamo fiduciosi che i materiali messi a disposizione nei 16 volumi della 'collana' dei gruppi di ricerca operanti in Emilia-Romagna (circa 2.000 pagine a stampa¹) possano rappresentare uno stimolo per far crescere la partecipazione e la professionalità degli operatori scolastici.

Ma la risposta, ora, appartiene solo ai lettori.

¹ Altri materiali saranno disponibili in rete sul sito *web: <http://85.18.135.22/grupp ricerca/>*, non aperto al pubblico alla data di pubblicazione del volume.

Collana 'Quaderni dei Gruppi di ricerca USR e IRRE Emilia-Romagna'

Piano della collana (2007)

N.	Titolo
1	Arte
2	Attività motorie
3	Geografia
4	Lingua italiana
5	Lingue straniere
6	Matematica
7	Musica
8	Scienze
9	Storia
10	Tecnologia
11	Funzioni tutoriali
12	Unità di apprendimento
13	Idea di persona
14	Laboratori
15	Personalizzazione
16	Portfolio

I volumi della Collana sono pubblicati dalla Casa editrice Tecnodid di Napoli.

Una copia dei testi è inviata gratuitamente a tutte le istituzioni scolastiche della regione Emilia-Romagna. Altre copie possono essere richieste alla casa editrice al prezzo indicato in copertina.

Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna
Piazza XX Settembre, 1 - 40121 Bologna - Tel. 051 4215711
E-mail: direzione-emiliaromagna@istruzione.it
Sito web: www.istruzioneer.it

Direttore Generale: Luigi Catalano
Ufficio V - Formazione, autonomia e iniziative editoriali
Dirigente: Giancarlo Cerini

Per informazioni relative alla distribuzione dei volumi: Anna Monti - Tel. 051 4215733
E-mail: anna.monti@istruzione.it