per l'Educazione Scientifica di Base

Collana di testi e strumenti di lavoro
per l'insegnamento scientifico
dalla scuola elementare al biennio della superiore

Il laboratorio e la realtà

AIF Editore
Prodotto con il contributo dei fondi della legge 6/2000

Comitato
per l'Educazione Scientifica di Base

Il Comitato, ufficialmente e formalmente nato il 24 giugno 2008, *è formato da cultori interessati alla diffusione e potenziamento della cultura scientifica presso i giovani dall'infanzia sino ai quindici anni* (Art. 1 dello Statuto).
Il Comitato ha per oggetto e scopo sociale:
- la creazione di un marchio distintivo e la sua divulgazione;
- la raccolta di fondi, attraverso libere donazioni, per produrre, sviluppare, e diffondere materiali a carattere didattico di ausilio all'insegnamento scientifico specifico per studenti dai 5 ai 15 anni in qualunque forma e formato ed opererà su tutto il territorio nazionale;
- la promozione di mutua collaborazione tra i Promotori e i sostenitori.
A tale fine, civile, sociale e culturale intende promuovere ogni iniziativa utile e necessaria volta a perseguire lo scopo prefissato, in particolare:
- operare con ogni mezzo legittimo per informare, coinvolgere e mobilitare insegnanti, scuole, Istituzioni ed in generale la pubblica opinione;
- organizzare convegni, dibattiti, incontri, seminari, eventi;
- allestire e mantenere un sito internet per comunicare e promuovere le varie iniziative;
- agevolare il dibattito sull'insegnamento scientifico nel nostro Paese nella fascia scolare di interesse del Comitato.
Il Comitato non ha scopo di lucro ed eventuali utili non potranno essere per nessun motivo divisi tra i soci.
(Art. 2 dello Statuto).

Materiali in preparazione di prossima pubblicazione (la sequenza è solo indicativa):

N. 2 **Giocare seriamente**
Raccolta di proposte/esperienze per passare dalla Scienza informale a quella formale cercando di lasciare inalterato il gusto del sapere.
N. 3 **Nella misura in cui...**
La misura come pratica per comprendere.
N. 4 **E gli altri che fanno?**
Percorsi e pratiche didattiche internazionali a confronto.
N. 5 **Storia, tecnologia e altri approcci**
Come sviluppare un discorso scientifico a partire dallo spessore storico e dallo sviluppo tecnologico.

Il Comitato si sosterrà con la raccolta di libere donazioni ed in segno di riconoscenza verranno inviate in omaggio copie dei materiali prodotti (per maggiori dettagli consultare il sito www.insegnarescienza.it).

Per inviare un contributo utilizzare il cc **IT35J0306911531100000000042** intestato a Comitato per l'Educazione Scientifica di Base.

Indice

5. Introduzione al volume
6. Il ruolo delle attività sperimentali nell'insegnamento scientifico
10. Il laboratorio perché
10 Obiettivi del lavoro di laboratorio
12. Una metodologia di ricerca: stimolare interpretazioni plausibili
14. Attività contestualizzate e corretta osservazione
17. Il laboratorio come
17. Imparare dagli alberi, qualche istruzione per l'uso
17. Esperienze di educazione scientifica in Veneto
17. Ambito, note preliminari, caratteristiche
18. Un parco come "palestra per la mente"
19. Due osservazioni critiche
20. Un primo abbozzo di saperi in sequenza per un curriculum verticale
22. Descrizione delle esperienze
26. Caduta in un mezzo viscoso
28. Le Scienze della Terra nella Scuola elementare
34. La luce: una "cosa"1
34. 1. Trasferimento di immagini
35. 2. La luce come "cosa"
38. II Sole e le stagioni
47. Imparare a vedere gli animali
49. Dove compiere le attività
49. Ragni
52. I porcellini di terra
54 SITI INTERNET DA SPOSTARE
56. Come organizzare le investigazioni di laboratorio
56. Una struttura per le lezioni investigative
58. Tattiche di gestione delle investigazioni
63. Esperimenti a sorpresa con lattine e bottiglie di plastica
Uso di mezzi semplici nell'esecuzione di esperimenti sorprendenti
Realizzazione e studio di un moto uniforme. Prova della pressione atmosferica. Spinta idrostatica, galleggiamento e fluttuazione. Mulinello ad acqua. Pompa ad inerzia. Turbine a vento. Turbina a vapore. Il distributore di vino di Erone. Comprimibilità dell'aria (palla di Erone). Diavoletto di Cartesio. La fontana solare di Erone La teiera magica indiana. La fontana incantata di Pascal. Perdita di peso di corpi in caduta libera Riflessione totale in uno zampillo di acqua.
73. Sembra facile.... esempi di esperienze fallaci
73. Premessa
74. L'indagine
74. Alcune riflessioni...

75. Allora ci provo
76. ... e alcune proposte
77. Due esperimenti fasulli: la pesata dell'aria e la composizione dell'aria
77. Pesiamo l'aria… o no?
78. Di cosa è fatta l'aria? DA INTEGRARE
80. Il laboratorio non è una panacea
80. Una visione critica dell'attività pratica nell'insegnamento delle Scienze sperimentali 1
80. Opinioni correnti sul ruolo dell'attività di laboratorio
81. Motivazione
82. Acquisizione di abilità
83. Apprendere i concetti e metodi della scienza
84. Atteggiamenti scientifici
85. Conclusioni
87. Quale laboratorio nella scuola media?
88. Come arredare un'aula specifica, addetta a laboratorio
89. Come utilizzare la normale aula scolastica
90. Appendice
90. Dizionarietto di alcuni materiali e attrezzi per un laboratorio didattico

Introduzione al volume

Gentile Collega,

questo nostro saggio, come tutta la nostra produzione, ha lo scopo di offrire materiali di spunto, di riflessione, di esempio per aiutare i docenti nella loro professione. Il tema affrontato è quello della didattica attraverso l'uso dell'esperienza, dell'osservazione, insomma di quello che comunemente si definisce " laboratorio". La nostra tesi è che il laboratorio non è **un tanto** un luogo specifico, magari attrezzato, ma ~~è~~ un modo irrinunciabile di affrontare l'insegnamento delle Scienze sperimentali (per l'appunto): il laboratorio è un *habitus* mentale. Cercheremo quindi di portare avanti **la nostra linea di** pensiero partendo da una breve, ma esaustiva, analisi dei riferimenti ufficiali con cui i docenti vengono sollecitati ad utilizzare l'approccio **laboratoriale**. Poi passeremo a offrire una serie di riflessioni sul perché è didatticamente utile avvalersi di questa modalità di apprendimento, per andare al come affrontarla nel concreto (*laboratorio come..*), con una serie di esempi che inizieranno dal suggerimento di utilizzare il giardino scolastico o gli alberi attorno alla scuola (sperando che ve ne siano!), per passare all'utilizzo di materiali "poveri" come lattine o bottiglie di plastica e creare suggestive e sorprendenti esperienze, e così via. Ma attenzione, spesso ciò che appare semplice e addirittura banale può nascondere delle insidie e così vi proponiamo alcuni articoli che partono da esperienze apparentemente consolidate per dimostrarne la fallacia. Non abbiamo neppure voluto tralasciare le voci critiche sull'attività pratica nell'insegnamento delle Scienze sperimentali: a voi il giudizio.

Concludiamo con un dizionarietto di alcuni materiali e attrezzi che entrano nel lessico del laboratorio, ben lungi dal sostenere che debbano trovarsi effettivamente nel laboratorio, come lo stesso Autore riporta, enfatizzando la pericolosità e tossicità di alcuni di questi. Ad accompagnare il tutto, diverse segnalazioni bibliografiche, mentre per la sitografia, abbondante e meditata, potete far riferimento al nostro sito (www.insegnarescienza.it) nella sezione "Materiali". Sempre sul sito troverete anche il testo completo degli articoli citati in queste pagine, ma ridotti per motivi editoriali.

Buona lettura e buon lavoro.

a cura della Redazione

Il ruolo delle attività sperimentali nell'insegnamento scientifico

C'è sempre stata una forte attenzione verso le attività sperimentali come si evince dai numerosi documenti di proposte di riforma; ad esempio, nella sintesi dei lavori della *Commissione dei 44 saggi* (13 maggio 1997) si può leggere:
"La scuola della verbalità e dei saperi postverbali gira a vuoto se non recupera le previe dimensioni della manualità e dell'operatività, dai livelli elementari del gioco e della quotidianità su su fino ai livelli più impegnativi dello sviluppo di capacità di controllo e comprensione di tecniche e tecnologie, anche come risorsa per educare a un costume di collaborazione, recuperare l'etica del lavoro e della produzione, preparare ai necessari rapporti col mondo complesso dell'organizzazione sociale e produttiva."
"Quanto alle discipline scientifiche, è essenziale puntare sul lavoro didattico di scoperta e di esperienza diretta a livello di scuola di base, dove c'è spazio e tempo per attività libere di laboratorio e dove i bambini possano mettere le mani e gli occhi su oggetti, materiali ed eventi. Mediante l'identificazione concreta e la classificazione di fenomeni e processi, di materiali e delle loro proprietà, deve essere gradatamente sviluppata una positiva *conoscenza* del mondo naturale, e, con essa, l'interiorizzazione dei valori del rispetto e della conservazione della risorse e dell'ambiente."
Ancora nei *Contenuti essenziali per la formazione di base* (marzo 1998):
"Per quanto riguarda lo studio dei fenomeni fisico-chimici, biologici e della natura in generale, un approccio di questo tipo si concretizza nella progettazione di percorsi concettuali e didattici nei quali trovino collocazione ed effettiva collaborazione reciproca i due aspetti complementari che caratterizzano la costruzione della conoscenza scientifica: il momento applicativo e d'indagine e quello cognitivo-intellettuale. Il primo potrà essere veicolato attraverso una pratica di laboratorio (reale e virtuale) intesa in una duplice accezione: come spazio finalizzato all'esecuzione di compiti prefissati e all'acquisizione di specifiche abilità sperimentali e come orizzonte culturale nel quale gli studenti possano gradualmente appropriarsi di modi di guardare, descrivere e interpretare i fenomeni naturali che si avvicinino progressivamente a quelli scientificamente accreditati."
Nal Documento di base del Progetto *SeT*, progetto nato nel 2000 e rivolto alle scuole con l'obiettivo, tra l'altro, di *migliorare l'organizzazione dell'insegnamento scientifico-tecnologico*, si legge:
"Un buon insegnamento scientifico-tecnologico non può che basarsi sulla continua interazione fra elaborazione delle conoscenze e attività pratico-sperimentali. Nella pratica scolastica spesso accade che, da un lato, gli specifici processi cognitivi della scienza e della tecnologia non abbiano spazio o siano ridotti a nozioni, e, dall'altro, la pratica sperimentale sia spesso banalizzata, quando non manca del tutto. La qualità dell'insegnamento scientifico ha quindi bisogno di un recupero su entrambi i versanti, ma un punto fondamentale, che sta alla base di questo programma, è il superamento delle carenze culturali e strutturali che impediscono le attività pratiche. Per questo la maggior parte del finanziamento alle scuole è destinati all'acquisizione di risorse."

"Il *laboratorio* dell'educazione scientifico-tecnologica non è semplicemente un ambiente chiuso e attrezzato, in cui è possibile svolgere un certo numero di esperimenti e dimostrazioni. Il laboratorio è invece l'insieme di tutte le opportunità, interne ed esterne alla scuola, utili per dare un contesto pratico all'osservazione, la sperimentazione, il progetto e la valutazione della rilevanza sociale della scienza e della tecnologia."
Del laboratorio si parla esplicitamente anche nelle *Indicazioni Nazionali per i Piani di studio personalizzati nella Scuola Primaria* (2003):
"Il Laboratorio è il luogo privilegiato in cui si realizza una situazione d'apprendimento che coniuga conoscenze e abilità specifiche su compiti unitari e significativi per gli alunni, possibilmente in una dimensione operativa e progettuale che li metta in condizione di dovere e poter mobilitare l'intero sapere esplicito e tacito di cui dispongono. In questo senso, il Laboratorio si può definire: un'occasione per scoprire l'unità e la complessità del reale, mai riducibile a qualche schematismo più o meno disciplinare; un momento significativo di relazione interpersonale e di collaborazione costruttiva dinanzi a compiti concreti da svolgere, e non astratti; un itinerario di lavoro euristico che non separando programmaticamente teoria e pratica, esperienza e riflessione logica su di essa, corporeo e mentale, emotivo e razionale è paradigma di azione riflessiva e di ricerca integrata ed integrale; uno spazio di generatività e di creatività che si automotiva e che aumenta l'autostima mentre accresce ampiezza e spessore delle competenze di ciascuno, facendole interagire e confrontare con quelle degli altri; possibile camera positiva di compensazione di squilibri e di disarmonie educative; garanzia di itinerari didattici significativi per l'allievo, capaci di arricchire il suo orizzonte di senso."
"Ciò non toglie il fatto che sia indispensabile uno spazio fisico (il laboratorio scientifico, appunto) in cui siano raccolti tutti gli strumenti, i materiali, i sussidi necessari a fare dello studio delle scienze un momento di apprendimento sperimentale nel quale ad una conoscenza formale si accompagna, prima o dopo dipende dalla situazione specifica, una verifica o una dimostrazione pratica che consenta al fanciullo di percepire concretamente le dinamiche fondamentali dello studio scientifico e, soprattutto, di organizzare il proprio apprendimento attraverso un metodo scientifico reale che dall'osservazione della realtà, attraverso la descrizione e la raccolta dei dati, passi alla verifica attraverso opportune tecniche di indagine."
Nelle *Indicazioni per il curricolo (*2007) per la scuola dell'infanzia e per il primo ciclo di istruzione (Ambiente di apprendimento, Scuola del primo ciclo) si legge:
"Il laboratorio è una modalità di lavoro che incoraggia la sperimentazione e la progettualità, coinvolge gli alunni nel pensare-realizzare-valutare attività vissute in modo condiviso e partecipato con altri, e che può essere attivata sia all'interno sia all'esterno della scuola, valorizzando il territorio come risorsa per l'apprendimento."
E più oltre, in riferimento all'Area Matematico - Scientifico - Tecnologica:
"Tutte le discipline dell'area hanno come elemento fondamentale il *laboratorio*, inteso sia come luogo fisico (aula, o altro spazio specificamente attrezzato) sia come momento in cui l'alunno è attivo, formula le proprie ipotesi e ne controlla le conseguenze, progetta e sperimenta, discute e argomenta le proprie scelte, impara a raccogliere dati e a confrontarli con le ipotesi formulate, negozia e costruisce significati interindividuali, porta a conclusioni temporanee e a nuove aperture la costruzione delle conoscenze personali e

collettive. In tutte le discipline dell'area, inclusa la matematica, avrà cura di ricorrere ad attività pratiche e sperimentali e a osservazioni sul campo, con un carattere non episodico e inserendole in percorsi di conoscenza."

Si può pensare infine di classificare le attività pratiche condotte con, e dagli allievi, in alcune tipologie, come riferito in *Caratteristiche degli spazi e delle attrezzature necessari alla pratica scientifica e sperimentale dentro la scuola* (Gruppo di Lavoro Interministeriale per lo sviluppo della cultura scientifica e tecnologica):
1. Osservazioni e manipolazioni effettuate in ambienti naturali o su microambienti ricostruiti o virtuali, o, ancora, su campioni di materiali.
2. Presentazioni di fenomeni, situazioni problematiche ed esperimenti, in alcuni casi realizzabili anche con l'ausilio di dotazione multimediale e Internet.
3. Realizzazione di esperimenti (qualitativi e quantitativi) svolti e a volte progettati dagli allievi, singolarmente o in gruppo, con l'utilizzo sia di *materiale povero di uso comune* sia di apparati e strumenti di laboratorio.
- Esperimenti *entry level* per introdurre l'oggetto della lezione, inizialmente destinato ad affascinare gli studenti ed a focalizzare la loro attenzione su di un problema. Questi esperimenti possono essere scelti per sorprendere gli studenti, suscitare il loro entusiasmo, come in uno spettacolo, oppure per dimostrare/illustrare un fenomeno naturale ben noto.
- Esperimenti al livello di acquisizione di conoscenze, progettati per fare nuove scoperte; è possibile fare misure per confermare una legge o individuare il suo dominio di validità. È particolarmente istruttivo se alla validazione o falsificazione di un'ipotesi possono giungere gli allievi stessi.
- Esperimenti a livello di rinforzo possono essere utili per una migliore comprensione della tecnica in ogni giorno. Sono importanti per una ripetizione di nuove scoperte e possono essere sorprendenti in relazione al loro risultato, apparentemente in contraddizione con precedenti scoperte ed esperienze, e quindi bisognose di spiegazione.
4. Discussioni per progettare, realizzare, interpretare esperienze ed esperimenti nelle quali gli alunni elaborano e condividono idee e ipotesi, analizzano dati sperimentali, li confrontano, li collegano alle conoscenze di vita quotidiana, ad altri ambiti sperimentali o teorici.
5. Rielaborazione, da parte degli allievi, dell'itinerario concettuale e sperimentale costruito, attraverso l'uso di linguaggi e mezzi espressivi che facilitino la riflessione condivisa su quanto è stato fatto.
6. Implementazione di protocolli predefiniti finalizzati alla costruzione di manufatti, o all'esecuzione di misure, o di verifiche di particolari assunti teorici.
7. Progettazione e attuazione di attività in stretta interconnessione con strutture esterne alla scuola quali musei, parchi naturali, officine, laboratori scientifici ecc.
"A questi spazi di lavoro con gli allievi, si aggiungono le attività di preparazione, di riflessione e di valutazione della didattica; azioni precipue del personale della scuola e dei docenti dello stesso ambito disciplinare che devono potersi confrontare, preparare e collaudare strumentazioni e apparecchiature utili nell'attività con gli allievi, approfondire e progettare aspetti pratici, come anche metodologici e più propriamente didattici,

connessi sia con la realizzazione delle pratiche sperimentali, sia con la loro contestualizzazione e rielaborazione teorica e con specifiche modalità di valutazione delle stesse.
Le pratiche sperimentali vengono, infatti, promosse in quanto momenti per facilitare, promuovere, amplificare lo sviluppo delle conoscenze e delle competenze matematiche e scientifiche degli studenti, non si intende invece sostenere un banale empirismo o l'asettica ripetizione di protocolli di misure o esperimenti rituali, rigidamente predisposti."

Il laboratorio perché

Solo quando cerchiamo di mettere in contatto la parte teorica e quella pratica della nostra preparazione cominciamo a sentire in pieno l'effetto di quella che Faraday ha chiamato inerzia mentale - *che non è solo la difficoltà di riconoscere, negli oggetti concreti che ci stanno davanti, la relazione astratta che abbiamo appreso sui libri, ma il doloroso sforzo necessario per strappare la mente dai simboli e concentrarla sugli oggetti, e poi di nuovo dagli oggetti ai simboli- Ma quando abbiamo superato queste difficoltà e siamo riusciti a gettare un ponte sull'abisso tra astratto e concreto, non otteniamo solo un nuovo frammento di conoscenza: acquistiamo i rudimenti di una dote mentale permanente*

J. C. Maxwell [1]

Obiettivi del lavoro di laboratorio

Questo affermava Maxwell più di un secolo fa. Si potrebbe pensare che tale tipo di osservazione sia ormai condivisa da tutti gli insegnanti, ma non è così: anche se molti progetti didattici pongono in primo piano il ruolo del laboratorio nell'insegnamento delle scienze sperimentali, il laboratorio e la sperimentazione diretta non sono molto praticati da parte degli insegnanti per una serie di motivi che possono essere così riassunti:

1. mancanza di motivazioni adeguate e di preparazione specifica da parte degli insegnanti;
2. carenza di tempo;
3. carenza di spazi, strutture e denaro.

Riteniamo utile riproporre un'analisi di Antonella Bastai Prat [2] sull'utilità del laboratorio nell'attività didattica, che riassume alcune indagini condotte da F. G. Watson [3] e R.T. White [4].

F. Watson fa notare come tutte le ricerche *dimostrano concordemente che gli studenti acquisiscono un certo numero di abilità manuali, ma che per quanto riguarda gli altri criteri il confronto con gruppi che non hanno svolto lavoro di laboratorio continua a dare* nessuna differenza significativa. *Ciò è sconfortante poiché il lavoro di laboratorio e quello svolto fuori dalla scuola richiedono un notevole tempo di preparazione da parte degli insegnanti, utilizzano molto del tempo disponibile degli studenti, implicano costi elevati per laboratori e spazio per conservare i materiali, e pericoli per allievi e insegnanti.*

F. Watson fa notare che non esiste un'analisi precisa degli obiettivi educativi del lavoro di laboratorio, così come esso effettivamente si svolge. Spesso i metodi di lavoro adottati in classe sono tali da non servire agli scopi che ci si prefigge: ad esempio quando il lavoro consiste soltanto nell'eseguire una serie di istruzioni per arrivare al risultato giusto, la sua importanza educativa è certamente scarsa.

Se questo è vero, il lavoro pratico può essere utile solo se *include situazioni che offrono ampie opportunità di percezione, osservazione, discussione, formulazione di ipotesi ed eventuale ritorno allo*

---

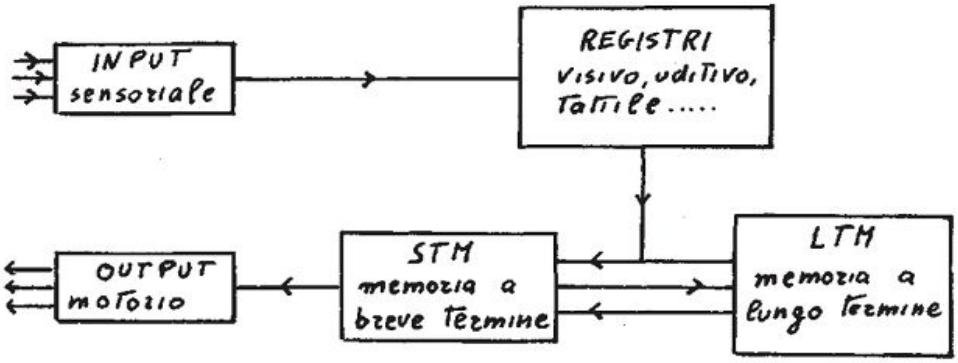
[1] Brano tratto dal discorso tenuto nel 1871 da J. C. Maxwell (Edimburgo 1831 - Cambridge 1879) in occasione dell'inaugurazione presso l'Università di Cambridge del corso di Fisica sperimentale, in cui gli studenti avrebbero potuto utilizzare il nuovissimo Cavendish Laboratory.

[2] A. Bastai Prat, "Obiettivi del lavoro di laboratorio", *LFnS*, XII, n. 1, gennaio-marzo 1980

3 Fletcher G. Watson "Purposes of Practical Work", GIREP, Oxford 1978

4 Richard T. White, "Relevance of Practical Work to Comprehension of Physics", GIREP, Oxford 1978

studio dei fenomeni per informazioni ulteriori. Se il lavoro di laboratorio può essere inadeguato agli obiettivi, anche i test possono essere ovviamente strumenti di misura non adatti: per esempio ci aspettiamo che uno dei frutti più importanti del lavoro pratico sia un atteggiamento di maggior interesse e partecipazione personale da parte degli allievi, e questo non viene valutato nei normali test cognitivi. Inoltre queste modifiche di atteggiamento verso la scuola e la scienza si sviluppano in tempi abbastanza lunghi, e quindi occorrerebbe valutarle a qualche anno di distanza e non immediatamente alla fine del corso. Il secondo lavoro, di R. T. White, parte anch'esso con un'analisi di risultati ottenuti precedentemente, affermando: *Sembra che vi sia una sorta di fede consolidata nel lavoro di laboratorio, una quasi religione a cui siamo pronti a sacrificare grandi quantità di tempo e di denaro. Una conseguenza di questo dogmatismo su cui è fondato il lavoro di laboratorio è che troppo spesso esso diventa solo un momento rituale, di cui si è perduto lo scopo... Un'esperienza vale l'altra, e non vi è alcun criterio per decidere se l'insieme delle esperienze del corso è completo o no; non vi è modo di capire se manca qualche particolare tipo di attività, né se quelli esistenti servono a qualche scopo.*
White passa quindi a formulare un'ipotesi sul tipo di risultati che è possibile richiedere al lavoro di laboratorio. Per far ciò egli si basa su un modello di psicologia cognitiva e ne adopera la terminologia: sarà bene perciò illustrarlo brevemente anche se le conclusioni riguardanti l'uso del laboratorio non dipendono in maniera molto forte dal modello adoperato. Esso adopera concetti e schemi di tipo informatico, rappresentando la mente come un sistema di elaborazione delle informazioni, secondo lo schema in basso.



Le informazioni, provenienti dai nostri sensi, vengono *registrate* cioè inviate al sistema di elaborazione e più precisamente alla *memoria a breve termine* STM (*short term memory*); questa trattiene le informazioni per poche decine di secondi, poi le cancella (ciò corrisponde all'esperienza comune per cui non ricordiamo cose viste da poco se non fissiamo volontariamente l'attenzione su di esse) oppure le invia alla LTM (*long term memory*). È da notare che mentre la STM è a livello conscio, la LTM è una memoria inconscia: per utilizzare le conoscenze, occorre "richiamarle" nella memoria conscia, cioè nella STM. La LTM, che è ovviamente la parte che più ci interessa per l'apprendimento, conserva diversi tipi di *elementi di memoria*: conoscenze verbali, abilità intellettuali (che sono un po' come i programmi di un calcolatore, volendo continuare il paragone), e altri due elementi chiamati *immagini* e *episodi*. È interessante notare come la LTM in questo schema non si limiti ad elaborare i dati richiamati dalla memoria, ma codifichi anche i dati che provengono dai registri sensoriali, il che corrisponde ad una serie di fatti ben noti sull'impossibilità di registrare dei dati senza interpretarli secondo schemi più o meno

inconsci. Conviene anche sottolineare come lo schema che abbiamo ora descritto non si contrapponga alle altre teorie psicologiche, ma sia talmente generale da potersi collegare con molte di esse. Ad esempio, la teoria di Piaget può essere considerata come una teoria dello sviluppo degli schemi di elaborazione della LTM**.** Le conoscenze e le abilità intellettuali della LTM sono inutili se non sono collegate tra loro e con le informazioni provenienti dall'esterno, cioè con le immagini e gli episodi, che sono *rappresentazioni di eventi passati in cui l'individuo è stato coinvolto personalmente, come protagonista attivo o come osservatore*. Gli episodi sono un potente aiuto per richiamare e utilizzare conoscenze e abilità presenti nella LTM: ad esempio è ben noto che una conoscenza verbale viene ricordata più facilmente se associata ad un episodio o ad un'immagine. Tutti ricordiamo qualche reazione chimica a cui è associato, nella nostra memoria, un odore o un fatto sensazionale come un'esplosione. Più importanti sono poi gli *episodi generalizzati* formati da ripetute esperienze dello stesso tipo. Nuove informazioni vengono assimilate meglio se associate ad episodi generalizzati: il concetto di forza è più *facile* e *concreto* di quello di entropia, perché il primo è associato ad episodi generalizzati come *spingere* e *tirare*, mentre il concetto di entropia è molto astratto perché difficilmente associabile a episodi. A questo punto è chiaro quale può essere in uno schema di questo tipo la funzione del laboratorio:
1. può essere una fonte di episodi specifici o generalizzati che facilitino l'apprendimento e l'utilizzazione di concetti e teorie;
2. può fornire episodi che colleghino l'apprendimento scolastico con gli episodi continuamente presenti nella vita quotidiana.

Il secondo punto è ovviamente molto importante e rientra nel più generale problema di integrare tra loro le conoscenze via via che vengono acquisite. *Ciò può essere ottenuto applicando le conoscenze alla risoluzione di problemi: ciò obbliga a sviluppare nuove connessioni. I problemi scritti non sono abbastanza efficaci, ma situazioni in cui vi sono problemi pratici da risolvere sono eccellenti.*

In base a quanto detto, White conclude che esperienze di laboratorio di tipo esecutivo e ripetitivo sono poco utili didatticamente, soprattutto se eseguite con materiali che si incontrano solo in un laboratorio; mentre sono utili soprattutto tre tipi di esperienze:
a. esperienze che stimolano la memoria perché particolarmente spettacolari o interessanti (episodi specifici);
b. esperienze che collegano gli argomenti scolastici con il mondo esterno;
c. situazioni-problema, che permettono di elaborare le conoscenze e integrarle tra loro.

Una metodologia di ricerca: stimolare interpretazioni plausibili

Dalla lettura del seguente brano di Maria Arcà [3] si può capire meglio quanto proposto da White e, come è facile comprendere, il suggerimento di stimolare interpretazioni e ascoltare e registrare le risposte può essere applicato a qualunque livello scolare.
[...] L'insegnante propone: *Metti tre gocce d'acqua sull'asciugamano, poi riprendile e rimettile nel bicchiere.* I bambini ci provano, ovviamente non ci riescono e tentano di spiegare:
- L'asciugamano è quello che asciuga le gocce, allora se le metti nell'asciugamano, l'acqua si asciuga e le gocce non si vedono.

---

[3] Maria Arcà, "La rappresentazione scientifica della realtà: esperienze ed esperimenti nella scuola di base", NATURALMENTE, XIII, n. 2, maggio 2000, IEPLI Editore, Pisa

- Certo, perché l'acqua è ancora più fina dei buchetti del passino e le gocce vanno a finire dentro i peletti dell'asciugamano.
- L'acqua nell'asciugamano non si è asciugata, è ancora tutto bagnato, resta sempre bagnato.
Ins - *Ma quest'acqua si è asciugata (e quindi è scomparsa nel nulla), è stata asciugata dall'asciugamano (e ci è rimasta dentro) o è stata assorbita dai peletti, lasciando il tavolo asciutto?*
Quali differenze, non soltanto linguistiche, è importante fare tra le parole "asciugare" e "assorbire"? Quando introdurre il termine "evaporare"?
L'insegnante propone di guardare cosa fa l'alcool, versandone un poco su un piatto di plastica.
- L'alcool nel piatto se ne va via.
Ins - *E dove va?*
- Si asciuga, l'alcool si è asciutto
Ins - *Se ne è andato da qualche parte? Dove, secondo te?*
- È sparito.
- Si è assorbito nel piatto.
Le idee di conservazione della materia sono abbastanza lontane. Ma fa parte della esperienza comune parlare di panni che si asciugano senza porsi troppe domande su cosa succede all'acqua. Molti bambini dicono che nei panni asciutti c'è acqua secca, non bagnata, che torna ad essere liquida (e a bagnare) al contatto con altra acqua. Da quali esperienze può nascere una idea simile? Forse dalle macchie di inchiostro sugli zainetti, che tingono in blu l'acqua con cui si cerca di toglierle? Quali esperimenti scientifici e quali analisi quantitative sarebbero necessarie per modificare queste idee? Forse, nel piatto, ci sono buchini invisibili in cui va a ficcarsi l'alcool, analoghi a quelli dei peletti dell'asciugamano. Per dare significato al termine "evaporazione", è ragionevole immaginare invisibili buchetti in un'aria invisibile? L'insegnante versa qualche goccia di alcool sulle mani dei bambini: l'alcool si asciuga (evapora) rapidamente lasciando una sensazione di freddo.
Ins - *E allora, cosa ne avete fatto dell'alcool che vi ho dato?*
- Lo ha preso l'aria pulita, lo ha tolto l'aria
- Si è assorbito nelle mani, nei buchini della pelle
- Come mai è andato via? Non si sa.
- Se gli metti un fazzoletto lui si assorbe sul fazzoletto...
- E come può andar via dal fazzoletto?
Le osservazioni e le domande dimostrano tutta la perplessità dei bambini: non è facile spiegare quello che vedono e molte cose dovrebbero essere "verificate" per concordare su una spiegazione accettabile. Come convincersi, per esempio, del fatto che le mani non assorbono neppure un pochino di alcool? Saranno davvero senza buchetti? E il freddo non potrebbe essere una conseguenza del mescolamento tra il sangue e l'alcool? Con quali esperimenti si può dimostrare che questo non succede?
Ora, l'insegnante mette sia dell'acqua sia dell'alcool in vasetti ben chiusi e in piatti di porcellana lisci, sperando che non vi siano "buchetti" o "peletti" che assorbano. Si guarda ancora quello che succede. Nel piatto, l'alcool asciuga rapidamente, nel recipiente chiuso sembra restare uguale.
- Se lo metti nel vasetto col tappo, il tappo lo fa rimanere nel vasetto, non lo fa andare né su né giù.

- Ha bisogno di buchi per uscire.
- Si assorbirà nell'aria.
- Nel piatto l'aria ha portato via l'acqua e le goccioline.
- Ha portato via anche l'alcool, resta la puzza.

Da questi stralci di conversazione, in una attività che si svolge nell'arco di due o tre mesi, si può notare l'atteggiamento propositivo dell'insegnante, che mette di fatto i bambini in grado di osservare cose differenti e di fare confronti. Li guida a scoprire nei fatti le contraddizioni o le convalide delle loro opinioni, ma si lascia a sua volta guidare dalle osservazioni e dalle loro idee; segue un suo filo logico, ma è capace di aggiustare, volta per volta, le sue proposte a ciò che emerge nella discussione, per contestare certe opinioni o rinforzarne altre. Lo stile metodologico della maestra è chiaramente di tipo ipotetico-deduttivo ma il "se dici questo come fai a giustificare quest'altro" è quasi sempre implicito nei suggerimenti e nelle richieste di osservazioni sempre più precise.

Attività contestualizzate e corretta osservazione

L'importanza di contestualizzare l'attività sperimentale e contemporaneamente di impostare la corretta osservazione dei fenomeni è messa in luce da Alessandra e Marco Tongiorgi [4].

Per l'*insegnante* l'esigenza di ripensare l'insegnamento delle Scienze nasce da un lato da una profonda insoddisfazione relativa ad una concezione sempre più diffusa della divulgazione della Scienza come insieme di esperimenti (quasi magici) in cui dominano la meraviglia e lo stupore; dall'altro da una opposta visione propinata dai libri di testo della scuola primaria come di un sapere astratto da trasmettere in modo puramente verbale, tramite il quale non si costruiscono strutture conoscitive che possano entrare a far parte del quotidiano, integrandolo e riqualificandolo. Di questo tipo di didattica fanno parte tutte le descrizioni verbali di fenomeni complessi (es. i mutamenti di stato), contenute in libri di testo che portano l'alunno ad apprendere la descrizione di un fenomeno e non il modo in cui i fenomeni devono venire osservati per comprenderne le relazioni, per costruire delle ipotesi esplicative e pianificare la ricerca dei nessi causali con altri fenomeni.

Succede così che i bambini posseggano due livelli di conoscenza relativamente ai fenomeni scientifici: una del senso comune che li guida nell'agire quotidiano e una (ben separata e non comunicante con la prima) che è fatta di definizioni verbali (in un linguaggio difficile e molto astratto) che non interagisce con la prima e che, soprattutto, non è in grado di far procedere ad una revisione critica delle conoscenze possedute.

Ricordando l'insegnamento di Piaget, è proprio la discrepanza fra le categorie possedute e l'esigenza di comprensione della realtà fenomenologica che costringe il bambino a procedere ad una nuova e superiore (nel senso di più complessa e astratta) riorganizzazione delle categorie mentali. Ma se l'apprendimento scientifico non permette mai il confronto fra la precedente visione del mondo (di tipo operativo-pratico) e quella nuova (di tipo verbale) perché appartengono a registri mentali ed esperienziali differenti, non può avvenire il salto di qualità verso strutture cognitive complesse, verso un sapere scientifico cognitivamente strutturato.

---

[4] A. Tongiorgi, M. Tongiorgi *Un percorso didattico sperimentale per l'introduzione alle Scienze della Terra nella Scuola elementare* NATURALMENTE XIX n. 4 dicembre 2006, IEPLI Editore, Pisa.

E quanto accade per le Scienze si ripete, anche proprio nella scuola primaria, per altre discipline: i bambini iniziano lo studio della Storia e della Geografia e quindi affrontano i temi della nascita della Terra (strano che si continui ancora a credere che ciò che è agli inizi, sia più semplice!) e della Geografia fisica (nascita di montagne, pianure, fiumi, ecc.) nella dimensione macro (strano che si continui ancora a credere che ciò che è più grande sia più facile da capire!) e questo in modo totalmente scollegato dalla comprensione scientifica dei fenomeni naturali.
Si dovrebbe allora proporre un percorso didattico che abbia come finalità la costruzione, almeno iniziale, di schemi mentali relativi all'osservazione di fenomeni, all'analisi dell'osservato e alla formulazione di ipotesi. La capacità di operare confronti cogliendo differenze e similitudini, di mettere ordine secondo principi dati (o individuati) e di percepire relazioni, sembra essere un obiettivo importante in quanto base di ogni conoscenza scientifica.
La ferma convinzione della necessità di mettere al centro dell'azione didattica il bambino si esplica nell'attenzione al ruolo attivo di esso, sia nell'esecuzione del percorso, sia nel procedere sempre da ciò che i bambini hanno da dire come conoscenze pregresse (sapere ingenuo o derivato da vari canali) e come reazione alle situazioni sperimentali proposte, sia come soggetto del processo di osservazione.
Bisogna scegliere di mettere sempre gli alunni in condizioni di scoprire e vedere quanto è significativo e mai di proporre dall'alto la *Spiegazione Scientifica*. In questo senso il ruolo del geologo (lo scienziato, l'esperto) è quello di programmare il percorso insieme all'insegnante e di osservare in classe il lavoro dei bambini, mai quello di dire la "verità" riguardo ad un dato fenomeno; nessuna differenza (in senso qualitativo) ci sarebbe rispetto allo studio sul libro di testo, se l'esperto fosse venuto a raccontare "come stanno le cose": sarebbe una trasmissione di conoscenza in modo puramente verbale.
Ovviamente la critica all'insegnamento puramente verbale non deve indurre ad ignorare l'importanza della conoscenza dei termini scientifici adeguati e dell'uso di un linguaggio adatto a descrivere i fenomeni osservati. Ma è importante non limitarsi all'uso dei termini verbali scientifici, essendo propria del metodo scientifico anche l'utilizzazione dei linguaggi iconico (disegni), matematico (tabelle, numeri), oltre che strettamente linguistico.
L'ultima scommessa di carattere metodologico-didattico è quella di verificare la possibilità di far rilevare ai bambini principi generali, regolarità nel verificarsi di eventi (quelle che si definirebbero con alunni più grandi *leggi naturali*), questo obiettivo appare importante per non cadere in una visione della Scienza di tipo riduzionista, che presenta il sapere come una somma di fenomeni semplici.
Per il *geologo*, la scelta delle Scienze della Terra è proposta come una tappa alla scoperta dell'ambiente fisico, scoperta che appariva come una premessa necessaria (specialmente per i bambini nati e cresciuti in città) alla conoscenza del mondo naturale [5].
La televisione e, in generale, i *media* presentano ai bambini una ricca messe di immagini che illustrano il mondo animale (e in misura assai minore) quello vegetale; ma la reciproca e necessaria interazione del mondo biologico e dell'ambiente fisico di rado è contenuta

[5] Si veda anche, tra i vari testi disponibili, lo stimolante libro di Ferrero, Provera e Tonon, *Le Scienze della Terra: la scoperta dell'ambiente fisico*, Cortina ed., Torino, 2004

nel messaggio veicolato dai mezzi di comunicazione di massa. E quasi sempre, anche nelle proposte educative di stampo ambientalista, i messaggi legati alla "conservazione" (vedi la scelta dominante di ambienti legati ai parchi naturali) finiscono col nascondere il carattere dinamico ed il continuo cambiamento degli ecosistemi, anche indipendentemente dall'intervento umano. Questi cambiamenti, laddove siano presentati dai *media* (ma spesso anche dai libri di testo, sotto la specie del "rischio naturale") riguardano soprattutto eventi eccezionali e quasi sempre catastrofici (terremoti, eruzioni vulcaniche, alluvioni), nell'ambito di quelle oscure paure dell'attuale "immaginario collettivo", che hanno la loro più evidente espressione nei film basati su immaginari eventi catastrofici a livello planetario. Proprio per queste riflessioni, si privilegia un percorso basato sui processi dinamici "normali" che modellano la superficie terrestre (erosione, trasporto, sedimentazione) e sulle strutture morfologiche che ne derivano (il monte, la collina, la pianura, la spiaggia, il fiume, il mare); anche perché tali processi avvengono in spazi e tempi che sono accessibili ai bambini di 3° elementare e che fanno spesso parte del loro vissuto [6] la riflessione scientificamente strutturata viene necessariamente a confrontarsi e a scontrarsi dialetticamente col sistema interpretativo frutto di questo vissuto. Questa scelta si propone di fornire, attraverso una "riappropriazione del mondo fisico", le basi, concettuali ed emotive, per la percezione (in prospettiva) dell'ambiente come un sistema integrato, sia fisico che biologico, esteso nel tempo e nello spazio e continuamente modificato dagli eventi dinamici che ne regolano i precari equilibri. Durante il percorso, il riappropriarsi del mondo fisico avviene in modo immediato per via sensoriale: guardare, toccare, manipolare gli oggetti naturali in classe, ma anche vedere, odorare, udire i luoghi della natura e il rumore degli agenti del trasporto (vento, acque correnti, i torrenti, il fiume) che vi operano, durante le escursioni sul terreno. Ma siamo tutti consapevoli, almeno dalla seconda metà del secolo scorso [7] della infiltrazione di significato dalla teoria all'esperienza osservativa (il vedere "carico di teoria"), se non altro veicolato dall'uso ineliminabile del linguaggio [8].
È così che l'introduzione dei termini scientifici non avviene come parte di una "esposizione di teorie" (momento esclusivamente "informativo"), ma, consapevolmente, come "strumento" per costruire l'osservazione e, insieme, un sapere condiviso, anche attraverso il linguaggio e in rapporto spesso conflittuale col sapere spontaneo e l'uso linguistico ad esso connesso (momento "formativo"). Un semplice esempio: la discussione avvenuta in classe sul significato di "scoglio", identificato dai bambini, secondo l'uso corrente a Pisa, con i blocchi di roccia costituenti le dighe (artificiali, ovviamente) frangiflutti. La correzione terminologica avveniva qui non tanto per indurre l'uso di un termine "più appropriato" (rispetto ad una teoria), quanto per arricchire i bambini di strumenti verbali adeguati ad una distinzione operativa (condivisa) tra oggetti naturali e oggetti artificiali del paesaggio, largamente antropizzato, del lungomare pisano.

---

[6] V. pag. @@@@@@@@@@@@@@

[7] Ad es. N. R. Hanson *Patterns of discovery* 1958; trad. ital. *I modelli della ricerca scientifica* Feltrinelli ed., Milano, 1978

[8] Per un approfondimento si veda Boniolo e Vidali *Introduzione alla filosofia della scienza* Bruno Mondadori ed., Milano 2003

Il laboratorio come
Imparare dagli alberi, qualche istruzione per l'uso
Esperienze di educazione scientifica in Veneto

Giuseppe Busnardo [1], autore di questo scritto, è impegnato da alcuni anni, come collaboratore esterno di Enti che offrono servizi didattici alle scuole, nella costruzione di una possibile sequenza di strategie operative che, a partire da esperienze concrete, anche ludico-didattiche, strutturate su oggetti vegetali (erbe ed alberi, soprattutto quelli della vita di tutti i giorni), porti all'acquisizione di importanti abilità e concetti dell'*educazione scientifica*. Sollecitato da alcuni amici ha messo in ordine alcune idee ed alcuni resoconti di queste esperienze e le ha messe a disposizione con l'auspicio che possano servire da base di discussione [2].

Ambito, note preliminari, caratteristiche

1. Gli alberi e le erbe vengono assunti come *oggetti didattici* sia per essere conosciuti in se stessi, sia per essere utilizzati per costruire più generali concetti dell'educazione scientifica e della biologia.
2. Viene data priorità agli alberi e alle erbe della vita di tutti i giorni (cortili scolastici, verde pubblico ecc...), che vanno integrati, dove possibile, con alberi ed erbe di luoghi seminaturali (siepi di campagna...) o di ambienti naturali. I vantaggi degli alberi e delle erbe sono molteplici: sono disponibili pressoché ovunque, molto più di quanto non si pensi, "stanno fermi" e si lasciano osservare e manipolare, spesso hanno visibilità stagionali molto prolungate (pensiamo ai sempreverdi, a certe erbe dei vecchi muri...), possono suggerire generalizzazioni, almeno su alcuni concetti, estendibili a tutto il mondo dei viventi.
3. Con gli alberi e con le erbe vengono costruite esperienze di tipo operativo, spesso ludico-didattiche, che sono la base essenziale di tutto il progetto. Si è cercato di costruirle in maniera strutturata e finalizzata alle abilità e ai concetti da apprendere. Un primo principio guida è il vecchio detto *se ascolto dimentico, se vedo ricordo, se faccio capisco* ovvero la consapevolezza che il messaggio didattico è appreso più facilmente se il soggetto attiva le proprie capacità organizzative nel corso di attività stimolanti. Un altro principio guida è l'attivazione di manualità: gli oggetti da conoscere devono essere non solo guardati ma anche toccati, misurati, confrontati ed esaminati personalmente e direttamente. Un terzo principio guida è l'utilizzo di strumenti matematici che l'alunno già normalmente apprende nel corso della sua vita scolastica: tabelle a doppia entrata, insiemi ecc.

---

[1] G. Busnardo, "Imparare dagli alberi, qualche istruzione per l'uso - Esperienze di educazione scientifica in Veneto", NATURALMENTE, anno XVIII, n. 2, maggio 2005 IEPLI Ed. Pisa

[2] Si tratta di un testo scritto *a braccio*, con molti fili ancora pendenti da annodare. Elemento qualificante dell'intero progetto è l'*impronta operativa*, finalizzata a costruire concetti che a loro volta abbiano ricadute concrete, combinata con la ricerca di mettere in *sequenza curriculare* queste stesse esperienze didattiche.

4. La loro messa in *sequenza* è un'altra condizione essenziale. Si è cercato di partire con proposte per materne e di proseguire con altri suggerimenti per elementari, medie e anche per scuole superiori. Ogni esperienza è necessaria per la successiva oppure è la conseguen-za-sviluppo della precedente (vedi osservazione critica 1).
5. Perciò una prima e parziale successione di abilità e concetti costruibili (anche, non solamente) con queste proposte di esperienze operative, può essere la seguente:
5.1 accorgersi delle forme e delle differenze tra gli oggetti (foglie, nel caso nostro), manipolazioni e confronti;
5.2 passare da osservazioni fantasiose ad astrazioni, ad esempio da una foglia-stella ad una foglia palmata;
5.3 trovare analogie e differenze (anche trovare forme costanti e forme variabili);
5.4 mettere ordine e classificare, inteso come raggruppare anche in modo gerarchico, scelta dei criteri ordinatori;
5.5 usare strumenti matematici per l'osservazione, la classificazione e la registrazione (insiemi, tabelle a doppia entrata, grafici...), utilizzare il linguaggio e i ragionamenti della logica (ad esempio, parlare di foglie intere e di foglie non-intere);
5.6 capire il senso del riconoscimento, ovvero di dare un nome all'oggetto, inteso come appartenenza ad un insieme con date proprietà di appartenenza;
5.7 l'uso dei nomi (si dà il nome a ciò che si distingue, ma quale nome?);
5.8 un primo concetto di specie (è alla specie e non all'individuo che si dà un nome -si potrà cominciare con un concetto morfologico), un punto delicatissimo e nodale ma inelimi-nabile;
5.9 il concetto di genere come ricerca di un indizio di parentela, consapevolezza dei nomi generici e dei nomi specifici, gerarchia tra i nomi;
5.10 e poi via via altre cose... fino all'evoluzione ed alla biodiversità.
6. Ciò a cui si vuole puntare è la costruzione di abilità e di concetti che si ritengono fondamentali per la formazione del pensiero scientifico. Non devono essere forme di inerte erudizione ma capacità spendibili nell'osservazione della realtà circostante, nella vita quotidiana, nel parco pubblico, durante una passeggiata in campagna. Il bambino o il ragazzo dovrà essere in grado di saper come fare e pensare soprattutto di fronte ad un oggetto vegetale mai visto prima. I saperi, le abilità e i concetti che si possono costruire vanno ben al di là della botanica e della biologia e divengono capacità di esaminare un problema da risolvere, costruire confronti e relazioni, organizzare dati.
7. In pratica, le articolazioni del punto 5. formano una sequenza che costituisce solo un segmento dell'apprendimento scientifico ma che può permettere aperture e connessioni con molte altre tematiche anche di altre discipline. Questa sequenza, opportunamente riordinata e approfondita come spiegato più avanti, non può essere compressa ed esaurirsi in una sola fase del percorso scolastico dell'alunno, ma andrebbe spalmata in un curriculum verticale (ovvero la botanica o la biologia non vanno collocate in un certo anno della vita scolastica, ad esempio in quinta elementare o prima media).

Un parco come "palestra per la mente"

Come laboratorio per visite didattiche strutturate sulla base della proposta didattica del paragrafo precedente si può utilizzare un parco. L'idea base fondamentale è che questo

spazio alberato non venga vissuto come "vetrina di cose da vedere" ma come "palestra per la mente". In pratica, [nell'esperienza di Bassano, N.d.R.] si è fatto così:
1. è stato studiato il parco per individuare, da un punto di vista didattico concepito come sopraesposto, quali fossero le risorse spendibili.
2. Sono stati preparati cinque percorsi basati sull'osservazione diretta degli alberi, tramite giochi didattici, in questa sequenza:
2.1 scoprire la diversità delle foglie, tre giochi per le scuole materne;
2.2 mettere in ordine e classificare la diversità delle foglie (con tabelle a doppia entrata e insiemi), per le scuole elementari;
2.3 riconoscere alcune Conifere dei nostri giardini (aiutati da un diagramma di flusso), per le scuole medie;
2.4 riconoscere alcuni alberi dei nostri ambienti naturali (aiutati da un diagramma di flusso), per le scuole medie;
2.5 il concetto di specie e le basi della sistematica (tramite una scheda con varie consegne da eseguire), per le scuole superiori.
3. È stato realizzato un quadernetto didattico *ad hoc* che comprende saperi minimi e ragionamenti da farsi, comprensivo di tutti i cinque percorsi (ognuno -bambino, genitore o insegnante- può vedere lo sviluppo verticale del progetto), ogni alunno lo riceve e lo utilizza per i percorsi.
4. Il parco è stato così strutturato: sono stati numerati in modo progressivo, con semplici fogli appesi -o dotati di un foglio di colore diverso nel caso delle materne- tutti gli alberi oggetto di osservazione.
5. È stata fatta una presentazione e una dimostrazione a dirigenti ed insegnanti e definito un pacchetto base di scolaresche (35 mattinate nel 2005).
6. Le scolaresche ricevono in anticipo il quadernetto per arrivare "preparati".
7. Viene effettuata l'esperienza [3].

Due osservazioni critiche

1) Le prime esperienze svolte con elementari e medie hanno subito rilevato come ciascun itinerario didattico, pur sempre molto gradito e apprezzato soprattutto per essere operativo e coinvolgente, non è praticabile con efficacia -soprattutto non produce vere abilità- se nei ragazzi mancano i *saperi minimi* necessari per operare e capire. Non è possibile far distinguere, classificare e raggruppare se non sanno come prendere in mano una foglia e come-cosa guardare. Non è possibile insegnare a riconoscere un albero se non sanno come distinguere e classificare. E così via. Si è avuta ancora una volta la prova come spesso le scienze naturali non vengano concepite come discipline strutturate da una successione di saperi, mentre nessuno si sognerebbe -per esempio- di insegnare le espressioni senza aver insegnato prima le operazioni.

---

[3] Busnardo si riferisce all'esperienza svolta a Bassano del Grappa, sua città di residenza, nel grande parco romantico della Villa Giusti del Giardino dove ha sede la Fondazione Domenico Tolio Onlus, convenzionatasi con Veneto Agricoltura per realizzare questo progetto cui hanno partecipato 82 classi con 1620 alunni, dall'infanzia alle superiori, nel corso del 2005.

2) Le stesse esperienze, lo si è notato in tante altre occasioni, hanno poi fatto emergere come sia spesso sottovalutato, o non considerato, non solo l'aspetto sequenziale ma anche l'aspetto *trasversale* di talune abilità o concetti. Classificare le foglie degli alberi -inteso come raggruppamento, non come riconoscimento- non è diverso concettualmente dal classificare verbi o poligoni. Si ha spesso la sensazione che la classificazione sia solo un segmento del programma da svolgere -magari in modo piacevole con le foglie, ma più spesso sulle figure del libro- che rimane fine a se stesso, separato sia dagli altri processi della biologia sia da quanto praticato in altre discipline. Come tale non può produrre abilità o concettualizzazioni che poi vengono messi in pratica [4].

Un primo abbozzo di saperi in sequenza per un curriculum verticale

Il progetto sopra esposto e le collaborazioni realizzate con Enti vari, Anisn compreso, portano a pensare che sia possibile costruire un *segmento* dell'educazione scientifica che, tramite esperienze operative strutturate con alberi ed erbe, contribuisca alla costruzione di fondamentali abilità, saperi e concetti, il tutto inteso come competenze spendibili e utilizzabili.

Questo segmento però dovrebbe trovare il modo di essere armonizzato in un curriculum verticale, ovvero in fasi di apprendimento ben distribuite nella vita scolastica di un ragazzo, dalle materne alle superiori. Condizioni essenziali per fare questo sono la messa in sequenza dei saperi e la trasversalità degli stessi laddove possibile. Alle materne si punterà alla scoperta della diversità e problematiche affini, nei primi anni delle elementari ci si preoccuperà di trovare il modo di mettere in ordine e classificare questa diversità e così via, arrivando con i ragazzi più grandi a problematiche più complesse come il concetto biologico di specie, la biodiversità e altro. Anche ciascuno di questi saperi non va inteso come un blocco autonomo e isolato dagli altri, precedenti o successivi che siano. La scommessa sta nel costruire un percorso concreto che sappia armonizzare, riprendere, anticipare e/o approfondire ciascun sapere. Senza pretese di completezza e di collocazio-

---

4 Un altro progetto di più ampia diffusione è *Alberi del Veneto,* un vasto intervento ideato e avviato nel 2000 in tutto il territorio della regione per conto di Veneto Agricoltura (Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare), vedi www.insegnarescienza.it/materiali. Il progetto è finalizzato ad istituire un servizio didattico permanente per suggerire e far sperimentare direttamente modalità operative e saperi minimi per utilizzare gli alberi a scopo didattico. Ogni anno vengono organizzati corsi di formazione per insegnanti e mattinate pilota con scolaresche presso sette scuole di riferimento (una per ciascuna provincia del Veneto), con lo sviluppo di un tema comune in parallelo tra tutte le sedi (nel 2004-2005 "alberi dei giardini storici", l'anno precedente "alberi della siepe campestre", ecc…) al fine di ottenere risultati confrontabili e scambiabili. Fino al 2005 sono state coinvolte 30 sedi scolastiche con la partecipazione di oltre 550 insegnanti e circa 2000 alunni, e dall'autunno 2004 è iniziata anche una fase sperimentale per insegnanti di scuole materne. Come primo materiale didattico Busnardo ha curato la realizzazione del manualetto "Piccola guida per riconoscere 50 alberi del Veneto", comprendente una sezione metodologica ed una monografica sugli alberi. La metodologia è quella esposta nel presente scritto, ma con modalità, sviluppi e approfondimenti più complessi e articolati. Concretamente, negli incontri del pomeriggio con gli insegnanti vengono provate, simulate e discusse esperienze didattiche con gli alberi, e nelle mattinate successive l'attività viene collaudata con le scolaresche.

ne in precise fasce di età, e per sommi capi, alcuni saperi essenziali nella costruzione del pensiero scientifico sono:
1. Accorgersi delle forme e delle diversità. Saper manipolare, osservare, confrontare, mettere in serie ecc.
2. Saper mettere in ordine e classificare, saper individuare criteri ordinatori, saper utilizzare strumenti matematici.
3. Impadronirsi di un primo concetto di specie su base morfologica, inteso come appartenenza ad un insieme, capire l'uso dei nomi.
4. Imparare il riconoscimento come individuazione di una appartenenza ad un insieme.
5. Comprendere il legame specie-ambiente ecologico e specie-ambiente geografico e tutte le tematiche connesse (spontaneità, rarità, avventiziato...).
6. Il concetto di genere e le basi del sistema di classificazione.
7. Un più approfondito concetto di specie su base biologica e tematiche connesse: variabilità, popolazioni...
8. Un approccio evoluzionistico alle forme viventi inteso non solo come conoscere e capire l'evoluzionismo, ma come pensare in modo evoluzionistico.
9. Un approccio alla biodiversità inteso anch'esso non solo come conoscenza del problema, ma come un modo di guardare e pensare i viventi di un prato o di un bosco. La specie diviene l'unità di rappresentazione del mondo vivente.
10. Il rispetto consapevole per il verde, la natura, l'ambiente.

mettere immagini

Descrizione delle esperienze

Nel 2005 le "Esperienze di educazione scientifica in Veneto" contavano già un quinquennio di collaudi con centinaia di insegnanti e alcune migliaia di allievi della scuola di base. Da allora il numero è ulteriormente cresciuto perché le attività formative sono proseguite ed ancora sono in atto. Lo scritto del maggio 2005 faceva opportunamente il punto sullo "stato dell'arte" di una pratica formativa che riscuote un altissimo gradimento da parte dei docenti, per le modalità di realizzazione, per la facile applicazione didattica, per le numerose opportunità di estensione ed approfondimento disciplinare e di collegamento con altri saperi. In questi corsi le considerazioni metodologico-didattiche e le riflessioni epistemologiche non sono esplicitamente presentate come argomenti distinti, bensì saltano fuori in connessione con le attività effettuate. E non si tratta di considerazioni conclusive bensì di ipotesi di lavoro sottoposte a continue verifiche ed aggiustamenti. L'impostazione dei corsi "Imparare dagli alberi" si rivelava coerente con quanto andava maturando nelle associazioni circa l'impostazione di un piano nazionale di formazione dei docenti volto a rinnovare la didattica delle scienze. Un tipico corso "Imparare dagli alberi" consiste di alcuni incontri in presenza supportati anche on-line tramite la posta elettronica e -quando possibile- mediante un ipertesto che riprende e sviluppa in tempo quasi reale le attività e gli argomenti di ciascun incontro (oltre che rendere disponibili materiali, soprattutto schede e foto). Praticamente, una specie di piattaforma che favorisce il consolidamento di quanto appreso e la replicazione didattica già nei giorni successivi.

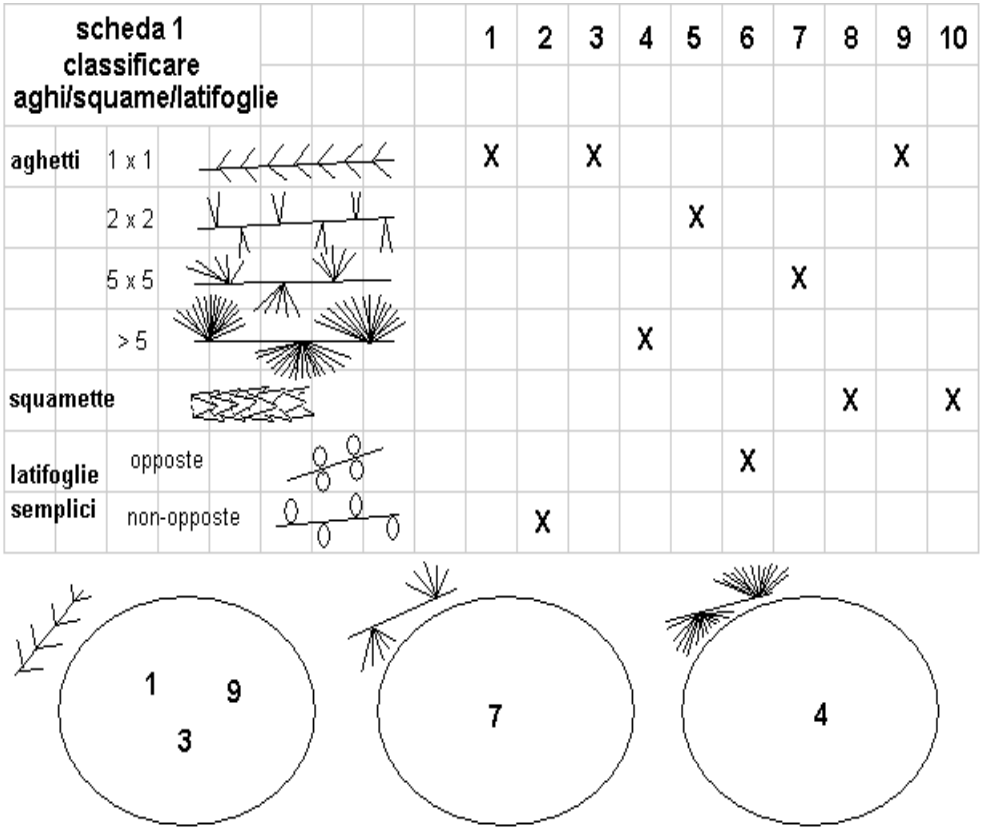
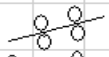
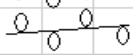
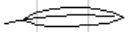
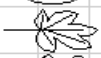
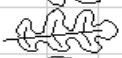
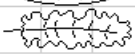


Fig. 1 Scheda per la classificazione dei tipi fogliari (aghifoglie, squamiformi, latifoglie)

Gli incontri iniziano con una brevissima presentazione della traccia delle attività, e quindi... tutti fuori nel giardino o nel parco! A titolo di esempio, abbozziamo la descrizione di una delle attività proposte all'inizio dei corsi, cioè la classificazione degli alberi del giardino sulla base di semplici caratteri fogliari, facilmente replicabile con gli allievi già il giorno dopo. Il docente contrassegna con foglietti numerati un certo numero di piante del giardino scolastico (che dev'essere quindi preventivamente analizzato), e gli allievi, osservando una per una le piante, devono segnare in una tabella a doppia entrata una crocetta in corrispondenza della caratteristica rilevata (latifoglia, aghifoglia, squamiforme).
Le caratteristiche considerate sono indicate nella tabella preferibilmente mediante disegni schematici, per spostare l'attenzione sulla struttura e non sui nomi delle categorie, che comunque vengono utilizzati in prima approssimazione col loro significato intuitivo. Per inciso, mentre i significati di "latifoglia" e "aghifoglia" sono generalmente noti, l'esistenza delle "squamiformi" costituisce per molti una scoperta fatta sul campo proprio in questa occasione. I nomi delle categorie vengono introdotti all'occorrenza, ed utilizzati nelle schede e nelle descrizioni dopo essere stati definiti in maniera progressivamente più circostanziata in relazione al livello scolare. La categoria "aghifoglia" viene dettagliata in alcune sottocategorie, aghi inseriti sul rametto singolarmente, aghi inseriti a coppie (o fino ad un massimo di cinque), aghi inseriti a ciuffi. In questo modo si orienta l'osservazione sui caratteri morfologici semplici che permettono anche di chiamare correttamente alcune aghifoglie molto comuni: abeti se gli aghi sono inseriti singolarmente, pini se gli aghi sono inseriti a coppie (o fino ad un massimo di cinque), cedri se gli aghi sono inseriti a ciuffi. In quest'ultimo caso potrebbe trattarsi anche di larici, per cui la discriminazione cedri/larici chiama in causa altre semplici caratteristiche, per es. sempreverde/non-sempreverde (i cedri sono sempreverdi e i larici non-sempreverdi), caratteristica osservabile in modo non equivo-co già in autunno. La corretta denominazione di svariate aghifoglie che solo un'ora prima venivano in genere chiamate tutte impropriamente "pini" viene vissuta con grande soddisfazione proprio perché ci si arriva osservando morfologie semplici e ben definite. Il caso della discriminazione cedri/larici (che salta spesso fuori, data la presenza di qualche larice nei giardini) è particolarmente istruttivo. Poiché si constata che l'utilizzo di una singola caratteristica ("aghi inseriti a ciuffi", oppure "non-sempre-verde") non permette di discriminare i due tipi, risulta ancor più evidente che l'accop-piata di due caratteristiche (congiunzione logica "aghi a ciuffi" e "non-sempreverde") fornisce un potere risolvente aumentato di molto. La situazione viene efficacemente rappresentata con diagrammi di Eulero-Venn nei quali l'intersezione dei due insiemi "aghi a ciuffi" e "non-sempreverde" contiene gli elementi che godono di entrambe le caratteristiche. Gli allievi si rendono facilmente conto che la congiunzione con una eventuale terza caratteristica, ancorché semplice, potenzia ulteriormente la capacità discriminatoria, ed il "gioco" si sposta quindi sulla ricerca di altre caratteristiche morfologiche. È con l'applicazione di questo metodo che con pochi passi ulteriori si può arrivare, per esempio, alla discriminazione tra gli abeti dei "tipi" *Picea* e *Abies*. E pensare che poco prima erano tutti "pini"! Le attività di osservazione, la compilazione della scheda, la rappresentazione insiemistica sono fatte a gruppetti, per favorire lo scambio di informazioni e lo sviluppo di discussioni, con interventi molto contenuti del docente. Perciò agli antipodi della modalità comunicativa insita nella tradizionale didattica trasmissiva ove l'ascoltatore è forzato in posizione passiva e solitaria a cercar di memorizzare quanto il docente espone. Uno dei punti forti dei corsi "Imparare dagli alberi" è proprio l'utilizzo di tabelle a doppia entrata e la conseguente rappresentazione insiemistica mediante diagrammi di Eulero-Venn.
L'insieme degli alberi osservati risulta suddiviso in alcuni sottoinsiemi in base a caratteristiche di appartenenza/non-appartenenza. Questa operazione di suddivisio-ne equivale a tutti gli effetti ad una istituzione di classi, e perciò l'attività può essere definita un esercizio di classificazione nell'accezione letterale del termine (=fare classi). E qui

scheda 2 classificare latifoglie		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
foglie opposte			X			X	X				
foglie non-opposte		X		X	X			X	X	X	X
forma lanceolata		X						X			
ovata			X							X	
palmata						X	X				
lobata											X
cuoriforme				X	X						
triangolare									X		
margine intero		X									
seghettato				X							
lobato			X							X	

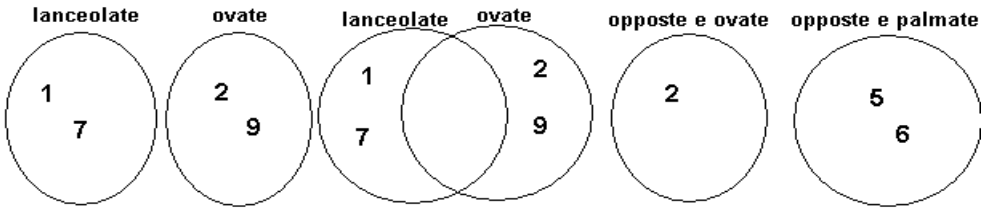


Fig. 2 Scheda per la classificazione delle latifoglie. Il piccolo trabocchetto nei diagrammi insiemistici aiuta a riflettere sulle caratteristiche adottate per classificare/discriminare.

vengono fuori alcuni interrogativi molto interessanti. Per esempio: chi stabilisce quali sono i caratteri buoni per istituire le classi? Non si potrebbe inventare qualche altro carattere? Oppure, che relazione c'è tra il nostro esercizio di classificazione ed i sistemi di classificazione tassonomici usati dalla comunità scientifica? Inoltre, praticamente sempre emerge l'obiezione: "classificare una pianta non significa forse stabilire come si chiama?". Rispondere a quelle domande significherebbe svolgere il corso a tavolino, e non è questo il nostro intento. Chi fosse interessato può consultare su web i riferimenti per vedere come gli argomenti vengono concretamente introdotti e sviluppati fino ad interessare le questioni della variabilità, della specie e della biodiversità. Piuttosto, è da notare che l'emergenza di quel tipo di interrogativi dimostra un atteggiamento attivo dei discenti sulla strada della costruzione concettuale. Se invece fossero i docenti a "regalare" agli allievi quegli interrogativi e le relative risposte (magari nell'illusione di guadagnare tempo per "svolgere il programma"), i discenti sarebbero relegati nel ruolo di assorbitori di nozioni, con scarsissime possibilità di riflettere sul senso di quanto devono imparare e su come farlo. La tentazione, nella didattica trasmissiva tradizionale, è purtroppo quella di saltare le tappe della costruzione concettuale per arrivare a memorizzare nomi, definizioni, conoscenze astratte. Che però non sono spendibili in situazioni nuove, vale a dire che non costituiscono competenza. Anche se so che il terzo albero del giardino scolastico a partire dall'ingresso è un *Picea excelsa*, le mie possibilità si fermano alla esibizione di una comunicazione erudita (il nome di quell'esemplare). Competenza, invece, significa che se vado in un bosco con migliaia di alberi sono in grado di stabilire che "questo esemplare è dello stesso tipo di quello, ma

non di quest'altro" perché so cosa devo osservare per raggruppare o discriminare, e possiedo le abilità operative per farlo autonomamente. E, analogamente, mi so quantomeno orientare in una pietraia con tante rocce differenti, o in fenomeni caratterizzati da trasformazioni, o in situazioni ove coesistono fenomeni meccanici, elettrici, magnetici, ottici, termici, chimici, sino a contesti più astratti ove si possono considerare processi semplici di causa-effetto, o complicati da retroazione, positiva o negativa, istantanea o differita nel tempo, o simmetrie di vario tipo.

mettere immagini

Caduta in un mezzo viscoso

Talora un esperimento, molto semplice e facile da attuarsi, nasce dall'elaborazione di una idea che viene letta o vista da qualche parte. In questa pagina l'idea originale viene addirittura rielaborata due volte. In una Nota di Laboratorio scritta da Silvia Pugliese Jona [1],veniva riportata la versione già allora modificata di un esperimento del Nuffield per il "Rilevamento del moto di un corpo in un liquido vischioso".

Diceva l'articolo: "Occorre un tubo di vetro lungo 50 cm, di diametro circa 1 cm, chiuso ad un'estremità anche solo con un tappo di sughero ben forzato. Il tubo dev'essere sostenuto in posizione verticale con uno dei soliti sostegni che si trovano in qualsiasi laboratorio e una pinza per provette. Prima di iniziare le misure si tende una striscia di scotch sul vetro e vi si tracciano con la penna dei tratti a intervalli uguali, p. es. di 10 cm. Il tubo viene riempito con olio (p. es. olio di semi) e vi si fanno cadere dentro dei grani di pepe.
Durante lo svolgimento dell'esperienza si distribuiscono in classe tanti cronometri quanti sono gli intervalli in cui è stato diviso il percorso lungo il tubo. Si devono dividere i compiti in modo che ogni cronometrista misuri il tempo di percorrenza di un diverso tratto del tubo. Uno studente lascia cadere un grano di pepe nel tubo e dà il via ai cronometristi ad ogni passaggio del pepe davanti a uno dei segni tracciati sullo scotch.
In genere gli studenti vorranno ripetere le misure parecchie volte, perché tutti vorranno avere l'occasione di cronometrare; perciò bisognerà preventivare almeno una mezz'ora di tempo per lo svolgimento dell'esperimento. I risultati si possono raccogliere in una tabella alla lavagna; e si potrà osservare che:
1) Il pepe raggiunge praticamente subito la sua velocità limite (ma possono esserci varianti a seconda dell'altezza da cui cade il grano), perciò la velocità di discesa è costante nei limiti degli errori di misura.
2) La velocità non è la stessa per tutti i grani; può nascere l'esigenza di fare una prova supplementare con un grano piccolo e uno grande, e poi con uno più liscio e uno più rugoso per scoprire qualcosa di più a proposito della resistenza del mezzo."
Come si è letto l'idea è simpatica e facilmente utilizzabile in diversi ordini di scuola qualora serva rappresentare un moto a velocità costante. Tuttavia è possibile semplificarla ulteriormente e con risultati maggiormente ripetibili (i grani di pepe sono una variabile piuttosto aleatoria). Possiamo evitare l'utilizzo del tubo di vetro (pericoloso e non sempre presente) sostituendolo con l'apparato che vedete in Fig. 1.
Si tratta di una bottiglia di plastica da mezzo litro, classico contenitore per acqua minerale, in cui è stato inserito un foglio trasparente per stampante a getto d'inchiostro, arrotolato per il verso più lungo.

Fig. 1 Bottiglia di plastica da 1/2 litro

[1] Silvia Pugliese Jona, "Rilevamento del moto di un corpo in un liquido vischioso", *LFnS*, VIII, n. 2, aprile-giugno 1975

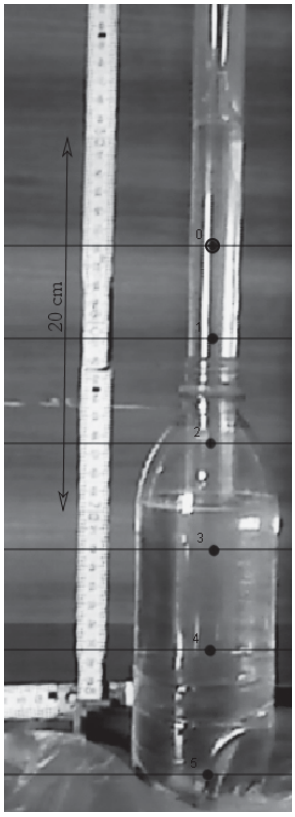


Fig. 2 Misura del tempo di percorrenza di 10 cm

Fig. 3 Tipico grafico posizione-tempo della discesa in acqua di una pallina di plastica

Si può tranquillamente riempire d'acqua poiché la tenuta è buona. Al posto dei grani di pepe si possono utilizzarecon maggior successo quei pallini di plastica per pistolegiocattolo di facile reperibilità. Attenzione ad acquistare quelli di plastica e non quelli diceramica, sicuramente più precisi per il tiro, ma non adattiai nostri scopi. In Fig. 2 potete notare una elaborazione al PC del filmato del pallino che cade nell'acqua. Ciascun rilevamento(righe orizzontali) è stato fatto ogni secondo. Questa versione dell'esperienza ha il vantaggio che alla fine non c'è nulla da lavare!

Le Scienze della Terra nella Scuola elementare

Le 27 attività che riportiamo di seguito, rappresentano un percorso [1] didattico strutturato realizzato in una terza classe di scuola elementare. Il lavoro, della durata di un anno, è stato progettato e realizzato da Alessandra Tongiorgi, insegnante e Marco Tongiorgi, geologo, propiziato dal comune interesse per le Scienze e il loro insegnamento e dalla "contingenza biografica" (figlia e padre). Hanno pubblicato una riflessione contenente premesse, motivazioni, identificazione del percorso, obiettivi specifici di apprendimento, motivazioni e metodologia.
L'attività presentata è facilmente applicabile ad ogni scuola dotata di normali attrezzature, localizzata in un luogo che consenta di raggiungere dei corsi di acqua. L'unico evento difficilmente rintracciabile è il rapporto parentale tra docente ed esperto: si potrà rimediare rivolgentosi alla più vicina università, Associazione professionale dei docenti, un Museo... [2]
Le conoscenze centrali del corso: *Erosione, Trasporto e Sedimentazione* che in classe e in natura non potevano essere affrontate immediatamente, sono state fatte precedere da alcune lezioni preparatorie per introdurre metodologie (*Classificare e classificazione*) e nozioni (*Il ciclo dell'acqua*) considerate necessarie per il successivo percorso.
Sono stati prodotti dei test, pensati come strumenti formativi e di raccolta di informazioni da parte dell'insegnante per correzioni di tiro in itinere non pubblicati, ma che possono essere richiesti agli Autori.

1) **Classificare e classificazione**
Obiettivo: utilizzare l'idea di classificare in categorie. Uso del LEGO per introdurre il concetto di classificazione. Lavoro di gruppo con una tabella con colonne libere. I bambini individuano i criteri di classificazione e utilizzano il conteggio dei pezzi per dividerli nelle diverse colonne. Lavoro di gruppo.
Materiale: diversi pezzi di LEGO per ciascun gruppo, quaderno per disegno della tabella e annotazione delle osservazioni.
Interdisciplinarità: lettura di tabelle (matematica), disegno di tabelle con Word (informatica).

2) **Classificare e classificazione**
Obiettivo: capire che i criteri di classificazione dipendono dall'osservatore. Uso del LEGO per introdurre il concetto che il criterio di classificazione è stabilito da chi osserva. Lavoro di gruppo con tabelle a doppia entrata e poi confronto finale fra i gruppi per osservare che i criteri trovati sono diversi e tutti accettabili.
Materiale: diversi pezzi di LEGO per ciascun gruppo, quaderno per disegno della tabella e annotazione delle osservazioni.

---

[1] Questo percorso è stato sperimentato durante l'Anno Scolastico 2005-2006 nella III C della Scuola Elementare "D. Chiesa" dell'Istituto Comprensivo "Fibonacci" di Pisa.
[2] Non è irrilevante osservare che il percorso è stato pensato e realizzato in stretta corrispondenza con un determinato territorio, quello pisano, caratterizzato da due fiumi (vedi l'uscita lungo il Serchio), colline e montagne (vedi l'uscita a Vecchiano, sulle Colline d'Oltre Serchio), il mare (alla foce del Serchio). In altre realtà paesaggistiche il percorso didattico dovrebbe essere, ovviamente, opportunamente adattato.

3) **Il ciclo dell'acqua**
Obiettivo: osservare gli stati dell'acqua dal solido al liquido, misurare la temperatura. I bambini misurano la temperatura del ghiaccio e dell'acqua di rubinetto, osservano l'insegnante che fa fondere il ghiaccio e misura la temperatura. Si dà il compito a casa di far congelare l'acqua in un bicchierino da yogurt.
Materiale: ghiaccio, contenitore di vetro, termometri , quaderno per annotare.

4) **Il ciclo dell'acqua** (1)
Obiettivo: osservare gli stati dell'acqua nel passaggio dal liquido al gassoso e viceversa, misurare la temperatura dell'acqua che bolle. I bambini osservano l'insegnante che fa bollire l'acqua del rubinetto. Raccolta del vapore acqueo e condensazione. I bambini assaggiano l'acqua condensata.
Materiale: acqua, contenitore di vetro termoresistente, coperchio, fornellino elettrico, termometro.

5) **Il ciclo dell'acqua** (2)
Obiettivo: osservare che, anche se l'acqua è salata, il vapore e l'acqua di condensa non contengono sale. I bambini osservano l'insegnante che fa bollire l'acqua di mare. Raccolta del vapore acqueo e condensazione. I bambini assaggiano l'acqua condensata.
Materiale: acqua di mare, contenitore di vetro termoresistente, coperchio, fornellino elettrico, termometro.

6) **Dalla pioggia al fiume**
Obiettivo: osservare come si forma un fiume e come agisce sul terreno. L'insegnante, in giardino, fa piovere acqua da un annaffiatoio con tappo a doccia su un mucchio di sabbia e i bambini osservano l'acqua che scava e il mucchio che si modifica
Materiale: abbondante sabbia di varia granulometria, annaffiatoio, acqua, quaderno.
Interdisciplinarità: osservazione di come un fiume prende in carico e trasporta a valle il materiale sciolto, modificando il territorio (geografia).

7) **Come il fiume agisce sul suo territorio**
Obiettivo: osservare come si forma un fiume e come agisce sul terreno. Visione di un filmato sul fiume.
Materiale: filmato sul fiume.
Interdisciplinarità: osservazione di come un fiume modifica il territorio (geografia).

8) **Verifica** n. 1 Questionario sugli stati dell'acqua e sul fiume. Svolgimento individuale e verifica collettiva con discussione guidata.

9) **Osservazione di tipi di terreno: la sabbia di mare**
Obiettivo: vedere che la sabbia è composta da elementi discreti. I bambini in gruppo osservano la sabbia a occhio nudo e con la lente di ingrandimento, la toccano, la passano attraverso colini di diversa finezza, mettono in diversi contenitori la sabbia di differenti granulometrie. Annotano sul quaderno le osservazioni fatte. Conserviamo in sacchetti il risultato dei diversi passaggi al setaccio.
Materiale: un grosso sacchetto di sabbia di mare per ogni gruppo, una grande bacinella per evitare che la sabbia si disperda, diversi contenitori, diversi colini e setacci, lenti di ingrandimento, sacchetti tipo per surgelare, quaderno.

10) **Osservazione di tipi di terreno: la sabbia di fiume**
Obiettivo: vedere che una parte della sabbia di fiume passata al setaccio è uguale alla sabbia di mare. I bambini in gruppo osservano la sabbia a occhio nudo e con la lente di ingrandimento, la toccano, la mettono in diversi contenitori, la passano attraverso

colini di diversa finezza. Confrontano ogni volta quello che ottengono dopo il passaggio al setaccio con la sabbia di mare della volta precedente. Annotano sul quaderno le osservazioni fatte. Conserviamo in sacchetti il risultato dei diversi passaggi al setaccio.
Materiale: un sacco di sabbia di fiume con elementi di varie granulometrie, per ogni gruppo, sabbia di mare della lezione precedente, una grande bacinella per evitare che la sabbia si disperda, diversi contenitori, diversi colini e setacci, lenti di ingrandimento, sacchetti tipo per surgelare, quaderno.

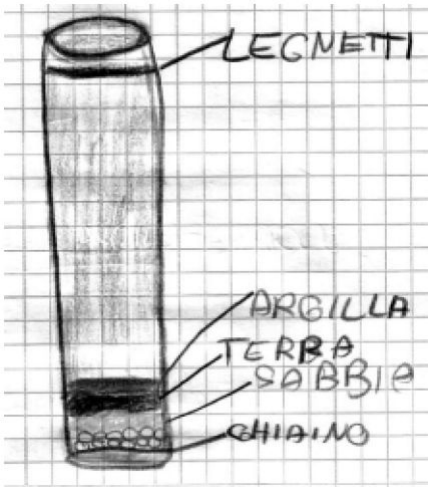
11) **Osservazione di tipi di terreno: il terriccio**
Obiettivo: vedere che il terriccio è composto da elementi discreti. I bambini in gruppo osservano il terriccio a occhio nudo e con la lente di ingrandimento, lo toccano, lo mettono in diversi contenitori, lo passano attraverso colini di diversa finezza. Annotano in tabella le osservazioni fatte. Conserviamo in sacchetti il risultato dei diversi passaggi al setaccio.
Materiale: un sacco di terriccio vegetale per ogni gruppo, una grande bacinella per evitare che il terriccio si disperda, diversi contenitori, diversi colini e setacci, lenti di ingrandimento, sacchetti tipo per surgelare, quaderno.

12) **Osservazione di tipi di terreno: il ghiaino**
Obiettivo: vedere che il ghiaino è composta da elementi discreti. I bambini in gruppo osservano il ghiaino a occhio nudo e con la lente di ingrandimento, lo toccano, lo mettono in diversi contenitori, lo passano attraverso colini di diversa finezza. Annotano in tabella le osservazioni fatte. Conserviamo in sacchetti il risultato dei diversi passaggi al setacci.
Materiale: un sacco di ghiaino di fiume per ogni gruppo, una grande bacinella per evitare che il ghiaino si disperda, diversi contenitori, diversi colini e setacci, lenti di ingrandimento, sacchetti tipo per surgelare, quaderno.

13) **Osservazione di tipi di terreno: argilla in polvere**
Obiettivo: vedere che l'argilla non è composta da elementi discreti visibili. I bambini in gruppo osservano l'argilla a occhio nudo e con la lente di ingrandimento, la toccano, la mettono in diversi contenitori, la passano attraverso colini di diversa finezza. Annotano in tabella le osservazioni fatte. Conserviamo in sacchetti il risultato dei diversi passaggi al setaccio.
Materiale: un sacco di argilla in polvere per ogni gruppo, una grande bacinella per evitare che l'argilla si disperda, diversi contenitori, diversi colini e setacci, lenti di ingrandimento, sacchetti tipo per surgelare, quaderno.

14) **Confronto tra i quattro materiali**
Obiettivo: vedere similitudini e differenze fra i materiali. A classe riunita si procede al confronto delle annotazioni eseguite nelle 4 precedenti lezioni e si arriva ad una conclusione finale che viene annotata sul quaderno. Vediamo cosa succede se bagniamo i diversi materiali; annotiamo i risultati sul quaderno.
Materiale: sacchetti di materiale ottenuti nelle precedenti lezioni, bacinelle, acqua, quaderno.

15) **Come si comportano i materiali nell'acqua**
Obiettivo: osservare il processo di sedimentazione. In gruppo i bambini osservano l'insegnante che getta in un cilindro pieno d'acqua piccole quantità dei diversi materiali isolati; ogni volta si vuota il cilindro, si riempie di nuovo d'acqua e si ripete l'esperimento con un diverso materiale. Infine si vuota il cilindro, si riempie di nuovo d'acqua e si ripete l'esperimento con tutti i materiali insieme, avendoli prima mescolati a secco. Si osserva ciò che accade e si fanno le annotazioni.



Materiale: una grande bacinella per evitare che si versi l'acqua sul pavimento, un grosso cilindro di vetro trasparente alto circa 90 cm (3 litri d'acqua), sabbia, argilla in polvere, terriccio, ghiaino, un cucchiaio, acqua, un contenitore per mescolare i materiali a secco, quaderno .

16) **Verifica** n. 2 Questionario sulla osservazione dei quattro tipi di terreno e del loro comportamento in acqua. Svolgimento individuale e verifica collettiva con discussione guidata.

17) **Cercare in natura i materiali osservati**
Obiettivo: osservare i sedimenti del fiume. Uscita lungo il fiume Serchio, fino alla foce, per osservare il materiale sedimentato sia lungo il fiume che alla foce. Osservazione dell'ambiente naturale del fiume.
Materiale: macchina fotografica, paletta, lente di ingrandimento, sacchetti di plastica.
Interdisciplinarità: osservazione di un fiume vicino alla foce (geografia).

18) **Verifica** n. 3 Questionario su ciò che è stato osservato durante l'uscita al Serchio. Svolgimento individuale e verifica collettiva con discussione guidata.

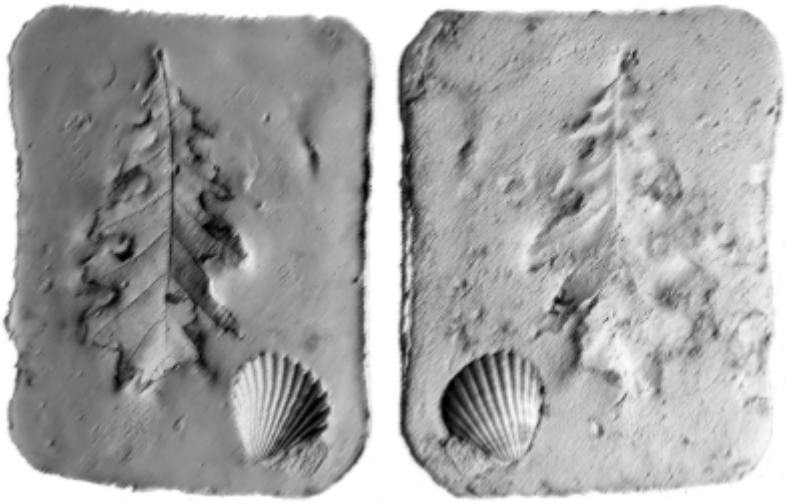
19) **Visione di un filmato su erosione, trasporto, sedimentazione e indurimento (litificazione) dei sedimenti**
Obiettivo: mostrare connessioni tra le esperienze fatte e ciò che accade in natura, sistematizzazione delle esperienze fatte, precisazione della terminologia scientifica. Visione di un breve filmato.
Materiale: filmato (durata circa 30').

20) **Verifica** n. 4 Questionario sul film appena visto. Svolgimento individuale e verifica collettiva con discussione guidata.

21) **Formulare ipotesi sul ripetersi del processo di sedimentazione**
Obiettivo: formulare ipotesi sulla base delle acquisizioni precedenti sulla sedimentazione, introdurre il processo di fossilizzazione. Si mostra il cilindro di vetro trasparente pieno d'acqua nel quale sono depositati sul fondo i materiali stratificati (vedi esperienza 15) e si chiede ai bambini: "cosa succederà se buttiamo nuovamente una mescolanza di materiali nel cilindro?" I bambini formulano individualmente per scritto una ipotesi su ciò che succederà. Si esegue l'esperimento e si confronta il risultato con le ipotesi formulate.
Materiale: cilindro di vetro trasparente (vedi esperienza 15), acqua, miscuglio di materiali, quaderno .

22) **Cosa succede ai resti animali o vegetali che si posano su un fondale coperto da sedimenti che poi vengono seppelliti da altro materiale**
Obiettivo: osservare il processo di fossilizzazione. I bambini di ogni gruppo eseguono una fossilizzazione simulata ponendo su uno strato di gesso non ancora completamente solidificato foglie e conchiglie; spolveratolo di farina, lo ricoprono con una seconda colata di gesso. Quando il gesso è indurito, si separano gli strati con un cacciavite e un martello. I bambini disegnano i calchi ottenuti.
Materiale: bacinella per mescolare il gesso, piccole vaschette da cucina in alluminio (cm 10x10 circa) per fare da contenitore per l'esperimento, gesso scagliola in polvere,

cucchiaio, acqua, foglie, conchiglie, cacciavite piatto e piccolo martello, quaderno.
Interdisciplinarità: come si formano i fossili (storia).



23) **Cosa succede ai resti animali o vegetali che si posano su un fondale coperto da sedimenti che poi vengono seppelliti da altro materiale**
Obiettivo: osservare i fossili naturali. Osservazione di fossili veri. I bambini disegnano i fossili osservati e li confrontano con i calchi realizzati in classe. È preferibile che almeno alcuni dei fossili da mostrare siano simili agli oggetti naturali usati per la simulazione dell'esperimento 22.
Materiale: fossili da far visionare, calchi di gesso (vedi esperienza 22), quaderno.
Interdisciplinarità: come si formano i fossili (storia).

24) **Anche le orme vengono conservate alla superficie degli strati**
Obiettivo: introdurre il fatto che esistono tracce della vita e degli ambienti passati. I bambini assistono alla proiezione di una serie di diapositive commentate da un esperto, mostranti orme di dinosauri e altre tracce del movimento di animali oltre a tracce di eventi fisici come le onde (*ripple marks*). In seguito si lasciano liberi di fare domande su ciò che hanno visto.
Materiale: presentazione su PC, proiettore.

25) **I sedimenti asciutti non si induriscono da soli**
Obiettivo: formulare ipotesi su quanto accade dopo la sedimentazione. Si mostra il cilindro di vetro trasparente nel quale sono depositati sul fondo i materiali stratificati (vedi esperienza 21). I bambini in gruppo osservano il materiale e fanno le loro ipotesi che vengono annotate sul quaderno. Per verificare se la sola compattazione è sufficiente per litificare il sedimento essiccato, si esegue un piccolo esperimento, compattando della sabbia fine con un martello e provando poi a sbriciolare la sabbia così trattata.
Materiale: cilindro di vetro trasparente (vedi esperienza 15 e 21) con i sedimenti, dal quale in precedenza è stata scolata via con delicatezza l'acqua senza smuovere i sedimenti (l'acqua residua è stata lasciata evaporare naturalmente), martello, piccolo contenitore metallico per compattare la sabbia, quaderno.

26) **Altri sedimenti: i calcari. Esistono sedimenti fatti di fossili**
Obiettivo: mostrare la presenza del calcare in alcuni sedimenti e individuarne l'origine, introdurre in modo semi-intuitivo la cementazione nel processo di litificazione dei

sedimenti. Si introduce in modo intuitivo il concetto di acido e poi i bambini in gruppo fanno l'esperimento con aceto e bicarbonato e vedono che si produce una reazione con formazione di schiuma. L'insegnante prende delle conchiglie e le polverizza nel mortaio, ripetendo l'esperimento con acido muriatico. Poi si prova con pietre calcaree e si osserva la stessa reazione. Si confronta con la mancata reazione di un'arenaria. Si discute l'origine del calcare dopo aver osservato un campione di arenaria calcarea con conchiglie fossili e un campione di calcare interamente formato da grossi foraminiferi (gusci calcarei di organismi unicellulari).
Materiale: bacinelle, mortaio con pestello, aceto, bicarbonato, acido muriatico per uso domestico diluito (HCl 10%), calcare, arenaria non calcarea (Pietra Serena), arenaria calcarea, roccia a grossi foraminiferi.

27) **Osservare in natura i sedimenti stratificati e induriti**
Obiettivo: osservare affioramenti di sedimenti. Uscita a Vecchiano per osservare i sedimenti stratificati e le pieghe. L'insegnante mostra ai bambini che poche gocce di acido permettono di verificare la presenza del calcare. Notiamo che le rocce sono stratificate e saggiamo con l'acido la composizione diversa dei diversi strati. Osserviamo gli strati piegati ad arco. Raccolta di campioni di roccia.
Materiale: macchina fotografica, martello, lente di ingrandimento, piccola provetta con acido muriatico diluito (HCl 10%), contagocce, sacchetti di plastica.

28) **Verfica** n. 5 Questionario su ciò che è stato osservato durante l'uscita a Vecchiano. Svolgimento individuale e verifica collettiva con discussione guidata.

mettere immagini

La luce: una "cosa"[1]

Proponiamo un articolo nel quale l'Autore, partendo da attività di tipo ludico, prosegue, utilizzando spesso l'analogia, per tappe via via più complesse attraverso una serie di facili esperienze e offre agli studenti una modalità significativa di indagine.

Per comprendere veramente il significato della luce noi dobbiamo cercare di separare i due suoi aspetti, quello di un oggetto fisico, che attraversa lo spazio e colpisce gli oggetti, e quello di un'entità fisiologica e psicologica (la vista) che ci permette di prendere contatto, di avere notizie, di conoscere il mondo che ci circonda. Potremmo dire -al limite dell'assurdo- che noi conosceremmo con maggiore precisione e chiarezza il carattere della luce se fossimo ciechi ma se avessimo, invece degli occhi, a disposizione soltanto degli strumenti per misurare l'intensità della luce, la sua lunghezza d'onda, la direzione, ecc. Oggi tutti conoscono la più semplice imitazione dell'occhio, ossia la macchina fotografica. I raggi luminosi escono dagli oggetti, entrano in una scatola (della quale non ci importa qui conoscere esattamente il funzionamento) che ha la proprietà di trasformare la forma degli oggetti esterni in una serie di impressioni sulla pellicola fotografica. Noi siamo abituati, di solito, a guardare direttamente la fotografia così ottenuta. Potremmo però altrettanto bene farla incidere in rilievo, -come si fa per i clichés da stampa tipografica- e "leggerla" con i polpastrelli delle dita (oppure, al limite, stampare la fotografia con degli inchiostri profumati e riconoscere la forma e i colori dell'oggetto fotografato annusandone la fotografia, come fa un cane per seguire la pista della lepre!). Queste osservazioni dovrebbero aiutarci a capire la differenza tra la luce come oggetto fisico e la luce come portatrice di un messaggio. È la luce fisica che arriva sulla pellicola fotografica e la impressiona, o che arriva sull'occhio e lo stimola. Da quel momento in poi la luce è fuori gioco ed è soltanto il messaggio che conta. A questo punto, per aiutare i ragazzi a separare nettamente questi due aspetti, proponiamo due tipi di attività: la prima è quasi un giuoco e la seconda è un gruppo di facili esperimenti fisici.

1. Trasferimento di immagini

Diciamo ai ragazzi di prendere due fogli di carta a quadretti e di prepararli come per due grandi "battaglie navali", ossia numerando dall'1 al 21 e indicando le colonne dall'A alla Z.

Facciamo fare ora ad un ragazzo un disegno abbastanza semplice su uno dei due fogli (per esempio un profilo, o una casetta, ecc.) e diciamogli di leggere ad alta voce tutte le coppie di numeri e lettere attraverso le quali passa la linea che forma il disegno.

Un secondo ragazzo scriverà queste coppie su un foglio e un terzo ragazzo le riporterà come punti sul secondo foglio di carta a quadretti.

A questo punto avremo tre oggetti: il disegno originate, la lista delle coppie di numeri e lettere e il disegno riprodotto. Questo è il caso più semplice di una immagine che si trasforma in un insieme di simboli e che poi da questi simboli si trasforma in un'immagine. E l'immagine, in realtà, non è niente di più di questo insieme di simboli.

Potremo spiegare ai ragazzi che questo gioco, se avessimo usato le onde radio invece della voce per trasmettere i simboli e se avessimo fatto il lavoro di lettura e trascrizione

[1] Marcello Ceccarelli, "La luce: una *cosa*", *LFnS*, Quaderno 6, XXIX, n. 3, Supplemento, luglio-settembre 1996.

abbastanza in fretta, non sarebbe stato altro che un impianto di televisione (le righe che si vedono sullo schermo televisivo sono precisamente, anche se molto più fitte, quelle stesse quadrettature che servono a preparare i fogli per la "battaglia navale"). In tutto questo lavoro dunque, la luce c'entra sì, ma solo con il ruolo secondario di portatrice del messaggio che noi chiamiamo "immagine" ma che in realtà è solo un insieme di rapporti geometrici.

2. La luce come "cosa"

In un parlare rigoroso non dovrei dire "cosa " ma dovrei dire "ente fisico". Chiamo la luce in questo modo per metterla nella stessa categoria di tutte le altre "cose" che ci circondano: i banchi, i libri, la penna, il vetro della finestra, il gesso, l'inchiostro, la lampadina spenta, la lampadina accesa.
Da un rubinetto chiuso non esce niente. Da un rubinetto aperto esce una "cosa " che si chiama acqua. Così da una lampadina accesa esce una "cosa" che si chiama luce. L'acqua bagna gli oggetti. La luce li illumina e li scalda. L'acqua passa attraverso la stoffa di un grembiule nero, e non passa attraverso il vetro di una finestra. La luce non passa attraverso il grembiule nero, ma passa attraverso il vetro.
Se la luce è veramente una "cosa" possiamo cercare di "smontarla", come fosse una vecchia sveglia, per cercare di capire come è fatta dentro. I chimici sono riusciti a "smontare" l'acqua e si sono accorti che era formata da idrogeno e ossigeno, e sono riusciti a "smontare" l'aria e si sono accorti che era formata principalmente da ossigeno e azoto. Ma come faremo a "smontare" la luce?

OSSERVAZIONI

1. Se facciamo passare la luce bianca attraverso una fenditura oppure attraverso un reticolo molto fitto (reticolo di diffrazione) possiamo vedere che questa si separa in tanti colori (fig. 1). Il modo più semplice per osservare il fenomeno è di guardare il filamento di una lampadina (non smerigliata) attraverso una fessura sottilissima fatta in un cartoncino con una lametta da barba e tenuta vicino all'occhio. Questa esperienza (e la maggior parte delle altre) riesce molto meglio se si dispone di una lampadina a filamento molto piccolo, come le lampadine delle torce a pila o le cosiddette lampadine "a pisello". Disponendo di un piccolo reticolo di diffrazione - attraverso il quale guardare il filamento della lampadina - il fenomeno sarà molto più evidente.

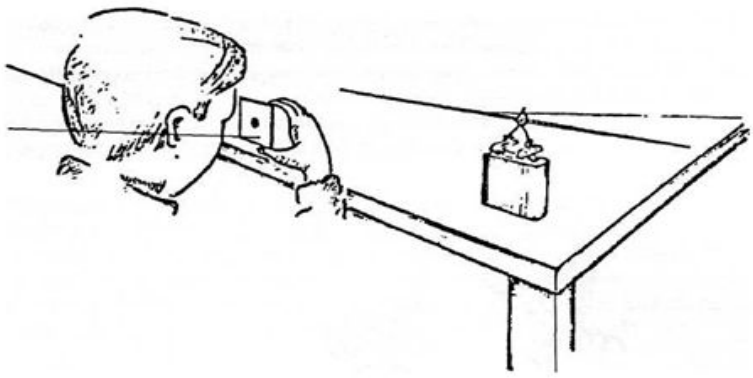


Figura 1

Sono molto diffuse, per l'illuminazione stradale, due tipi di lampade: quelle normali a incandescenza e quelle a mercurio. Osservando (a distanza) questi due tipi di lampade attraverso il reticolo si dovrebbe riuscire a vedere abbastanza facilmente che le luci

scomposte dal reticolo sono notevolmente diverse. Le lampade ad incandescenza mostrano tutti i colori dell'iride distribuiti uniformemente mentre quelle a mercurio mostrano un punto verde molto brillante e due punti, rispettivamente giallo e rosso, molto più deboli. (È la prima tappa verso l'analisi spettroscopica degli elementi chimici).

2. Ora possiamo vedere che la luce bianca, che siamo riusciti a suddividere, può anche essere ricomposta. Prendiamo due piccole lampadine, una verde e una rossa, mettiamole a circa 1 cm di distanza l'una dall'altra e accendiamole insieme. Mettiamo a qualche centimetro dalle due lampadine un pezzo di cartone con foro quadrato di circa un centimetro di lato e oltre lo schermo forato un secondo schermo di carta bianca (fig. 2).

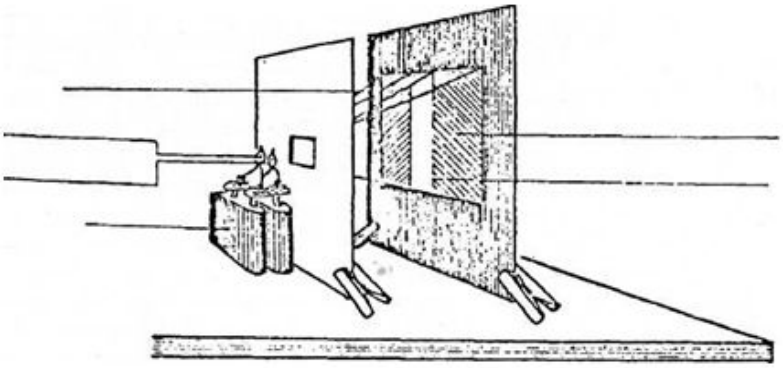


Figura *2*

Sullo schermo bianco vedremo ai lati due zone illuminate una verde e una rossa, e in mezzo, nella parte comune alle due zone, una parte illuminata di luce bianca. Se spegniamo (o copriamo) sia la lampada verde sia la rossa, la zona bianca, che ha origine dalla somma delle due, scompare.

3. Ora passiamo, avendo a disposizione dei vetri colorati, a far scoprire ai ragazzi altre cose singolari. La luce rossa della lampadina rossa passa attraverso il vetro rosso, ma non passa attraverso il vetro verde. E viceversa. Se mettiamo i due vetri, rosso e verde, l'uno davanti all'altro non riusciamo più a vederci attraverso. Se guardiamo attraverso il vetro rosso un disegno fatto con matite rosse e verdi vediamo che tutti i segni di matita rossa scompaiono e che il disegno cambia completamente aspetto. (fig. 3).

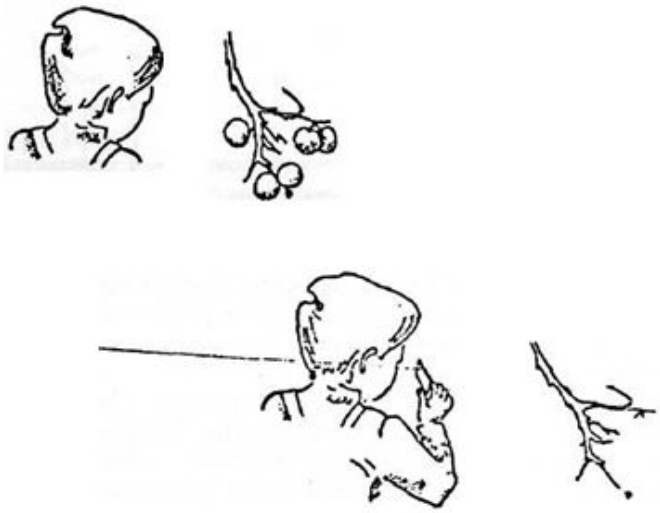


Figura 3

Cosi siamo riusciti, almeno in parte, a "smontare" la luce, a separarla nella sua parte "rossa" e nella sua parte "verde" (la storia è notoriamente molto più complessa, ma anche questo è un primo passo verso la verità) come avremmo potuto con un setaccio separare il grano dalla paglia o la sabbia dalla ghiaia.

4. Se adesso disponiamo anche di due filtri polarizzanti (pezzetti di polaroid oppure occhiali polarizzanti) possiamo trovare ancora un altro modo di "smontare" la luce, che non ha più nulla a che vedere con quello dei colori. Possiamo intanto vedere che la luce attraversa i due filtri polarizzatori anche quando sono sovrapposti e diventa soltanto un po' più debole ma non cambia colore. Se però ruotiamo lentamente uno dei due filtri rispetto all'altro la luce si attenua e poi scompare. Il primo filtro ha lasciato passare soltanto un "certo po'" di luce. Il secondo filtro in certi casi la lascia passare, in altri casi, no. (Un ragazzino magro può passare attraverso le sbarre di due inferriate parallele, ma non riesce più a passare se le sbarre delle cancellate sono incrociate come l'inferriata di una prigione). E questo fenomeno è uguale sia per la luce bianca sia per quelle colorate.

Così abbiamo "smontato" la luce bianca di una qualsiasi lampadina in luce "rossa grassa", "rossa magra", "verde grassa" e "verde magra". Forse un giorno uno dei vostri ragazzi vorrà procurarsi un cacciavite molto più sottile per finire di smontare fino nei suoi ultimi pezzettini quella vecchia sveglia, quella "cosa": *la luce*.

Il Sole e le stagioni

L'analisi di rappresentazioni mentali ingenue -la Terra è più vicina al Sole in estate e più lontana in inverno- dell'inadeguatezza di un modello e le fasi della costruzione di uno schema teorico corretto, attraverso la costruzione e l'uso di semplici apparati sperimentali, sono l'oggetto di questo percorso di Astronomia. La sua attualità, a distanza di anni [1], è sottolineata anche dai risultati dell'indagine PISA - OCSE 2003, dai quali emerge che molti studenti non sono in grado di spiegare perché sulla Terra c'è alternanza tra giorno e notte.

Qual è il modo migliore per mediare un contenuto disciplinare in modo che diventi il più possibile il prodotto di un atto di pensiero di chi deve apprendere, accompagnato anche dal gusto della scoperta, piuttosto che, come spesso avviene, il trasferimento di un "corpus" di conoscenze codificate, un rito che non tiene conto della centralità dell'alunno nei processi di apprendimento? È la domanda che ogni insegnante che crede nel suo lavoro si pone e che anche a me si presenta continuamente, tanto di più in quanto sono consapevole che i tentativi che ho fatto sono certamente imperfetti e che non c'è in questa ricerca un vero punto di arrivo.
Tuttavia posso affermare di possedere in proposito, come punto fermo, la convinzione che è fondamentale, per un insegnante che intenda svolgere un'azione efficace, mettere i ragazzi in grado di "darsi delle risposte da soli", evidenziando quindi gli elementi che ogni volta devono essere messi in relazione, fornendo gli strumenti perché possano portare a compimento un'operazione di interpretazione, e infine aiutandoli, attraverso una discussione guidata, a elaborare un costrutto teorico adeguato alla comprensione dei fenomeni considerati, eliminando le eventuali contraddizioni.
Mi provo pertanto a raccontarvi l'esperienza portata avanti un anno su uno specifico tema, "Le stagioni", come esempio di modo di interagire con una classe, intendendo con ciò soprattutto sottolineare lo sforzo da me compiuto da una parte nel non cedere alla tentazione di fornire risposte quando i ragazzi mi ponevano domande su "come stavano veramente i fatti", dall'altra nel cercare di metterli nelle condizioni di controllare col loro ragionamento ogni affermazione. Va peraltro precisato che i risultati che si possono ottenere con un approccio del tipo di quello da me seguito, pur essendo di gran lunga migliori di quelli ottenibili con approcci più tradizionali, non sono certo da considerarsi "automaticamente" positivi per tutti i componenti di una classe, dal momento che nell'insegnamento occorre attivare processi di pensiero autonomo e ciò richiede ogni volta l'abilità di incidere in modo efficace su ciascuno, oltre che la volontà di collaborare di ciascuno, condizioni in qualche caso di non facile realizzazione.
Fra le convinzioni più radicate, e quindi più difficili da far riconoscere come inadeguate, in cui mi sono imbattuta, c'è quella che riguarda il modo in cui ognuno si spiega il succedersi delle stagioni.

---

[1] Maria Luisa Scillia, "Il Sole e le stagioni", *LFnS*, Quaderno 6, XXIX, n. 3, Supplemento, luglio-settembre 1996. La classe è una 1ª sperimentale dell'indirizzo scientifico-tecnologico del piano Brocca. Il lavoro condotto è proponibile anche in una scuola media.

Una semplice indagine, all'inizio di un percorso didattico su questo tema, mostra che un modello ricorrente, a cui tanti sono affezionati, è quello in cui si considera la Terra più vicina al Sole in estate, e più lontana in inverno.
Una rappresentazione mentale del genere, pur ingenua, a mio avviso non è da considerare "tout court" sbagliata in sé, o assurda, perché affonda le sue radici in un modello che tutti ci costruiamo attraverso l'esperienza diretta maturata nella vita vissuta, in cui ci capita spesso di dover riconoscere gli effetti della variazione della distanza da una sorgente di luce, così spesso, evidentemente, da essere indotti a volte a ritenerla come "unico" fattore determinante riguardo all'intensità di illuminamento di un corpo. Se però nella vita quotidiana un'interpretazione del genere trova innumerevoli conferme, nel caso del sistema Terra-Sole, è del tutto inadeguata.
Cosa fare quindi perché gli alunni si accorgano della sua inadeguatezza? Non basterà certo affermare che "non è vero" e che il succedersi delle stagioni può essere spiegato come "effetto dell'inclinazione dell'asse terrestre" [2]! Un'affermazione del genere, a mio avviso, indurrebbe solo delle false conoscenze, frutto di un apprendimento esclusivamente di tipo verbale che, anziché sostituirsi alle rappresentazioni mentali spontanee correggendole quando sono inadeguate, rischierebbero di venir cancellate esse stesse, una volta abbandonati i banchi di scuola, come testimoniano tante ricerche sulla stabilità dei concetti acquisiti a scuola! Dopo i tentativi fatti con scarso successo nei primi anni di insegnamento, con ragazzi di quinta liceo, di illustrare il modello teorico fornito dalla scienza codificata, affannandomi a farne rilevare il grado di coerenza interno, quando ho avuto l'occasione di collaborare alla strutturazione di un percorso didattico di astronomia per la scuola dell'obbligo, ho cominciato a rendermi conto che occorreva fare dei passi indietro e scomporre il problema in tanti problemi più piccoli al fine di colmare quella frattura che altrimenti permaneva nei ragazzi, tra riflessioni personali e pensiero altrui

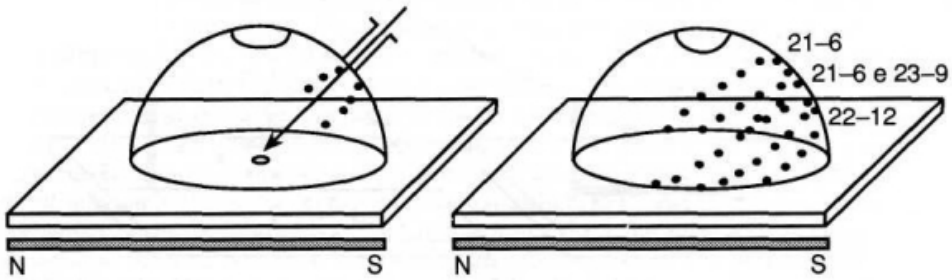


Figura 1. La semisfera trasparente rappresenta in scala ridottissima la porzione di sfera celeste visibile. Quando la macchia di luce prodotta dal fascetto di raggi che attraversa il tubicino è centrata rispetto al cerchio di base, il tubicino è allineato con i raggi solari e la posizione del Sole in quel momento può essere segnata con un pennarello sulla superficie. La curva che interpola i punti, ottenuti ad intervalli di tempo stabiliti arbitrariamente, rappresenta la traiettoria del Sole in quella data. Le principali traiettorie ottenibili in un anno sono raffigurate, sempre per punti da interpolare, nella parte destra della figura.

[2] Questa è comunque una risposta che alcuni alunni, pochi in verità, forniscono, perché l'hanno appresa a scuola, ma che non sono quasi mai in grado di sostenere con argomentazioni valide al punto da convincere della sua bontà i compagni che hanno in mente altre spiegazioni. Discutere sulla rappresentazione mentale più spontanea resta quindi un'operazione importante!

trasmesso. In seguito quando ho dovuto per la prima volta insegnare questi contenuti in una prima liceo nell'indirizzo scientifico-tecnologico del piano Brocca, ho introdotto ulteriori passi intermedi, dovendo tener conto dei problemi cognitivi che man mano emergevano. Prima però di proporre ai ragazzi un'attività nel senso individuato, mi è sembrato opportuno porre le condizioni per stimolare la loro curiosità, facendo notare l'inadeguatezza del modello che attribuisce la causa delle stagioni ad una variazione di distanza fra Terra e Sole, sottolineando che la misura delle distanze Terra-Sole dà come risultato che la Terra è alla minima distanza il 2-3 gennaio, quando nel nostro emisfero siamo in pieno inverno [3], in completo disaccordo con quanto quel modello farebbe prevedere, e ponendo una domanda del tipo: Se anche ciò fosse vero per un emisfero della Terra, come potrebbe essere vero per l'altro, dal momento che in un emisfero è estate quando nell'altro e inverno? [4] Ho pensato cioè che fosse utile creare una forma di insoddisfazione sul piano cognitivo negli alunni per motivare la ricerca di interpretazioni diverse, aggiungendo peraltro che avremmo potuto cercare insieme altre interpretazioni più attendibili, dopo aver imparato ad annotare dati e ad elaborarli.

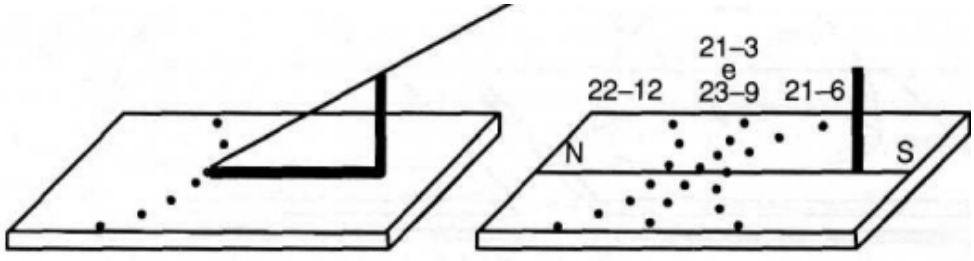


Figura 2. Nello schema a sinistra sono segnati alcuni punti che possono rappresentare gli estremi delle ombre ottenibili ad ore diverse in una giornata del semestre invernale. È inoltre rappresentata la direzione dell'ombra più corta che è anche un asse di simmetria della curva che interpola i punti. Nello schema a destra sono segnati alcuni punti che possono rappresentare gli estremi delle ombre ottenibili ad ore diverse nelle date segnate. L'asse di simmetria delle curve che interpolano i punti ha una direzione costante, la direzione Nord-Sud sul piano dell'orientamento.

Poiché lo "strumento" da utilizzare [5] per ricostruire le traiettorie del Sole richiedeva di essere ogni volta riposizionato correttamente, evitando rotazioni rispetto alla collocazione assegnata in registrazioni precedenti, il percorso è iniziato con un'attività che consentiva di trovare un modo sicuro per orientarsi. È stato utile lo studio delle ombre su un ripiano quadrato orizzontale [6] (posizionato all'inizio casualmente in un luogo esposto al Sole) di un'asta verticale (gnomone) di pochi centimetri, al fine di individuare l'esistenza di un asse di simmetria (linea N-S) e di tracciare la sua direzione sul ripiano,

[3] Questa informazione non è generalmente nota e non si può pretendere che i ragazzi l'abbiano presente quando si danno delle spiegazioni del fenomeno.
[4] In questo caso l'informazione è posseduta da tanti ragazzi che non si curano di formulare ipotesi che vadano d'accordo con essa.
[5] In realtà ci siamo serviti di una grande ciotola di plastica per macedonia!
[6] L'orizzontalità del ripiano veniva controllata attraverso una livella a bolla e dei piedini regolabili; la verticalità dell'asta, al momento della costruzione, con una squadretta.

dopo averla determinata con più prove effettuate in date diverse, dal momento che il fenomeno ha un andamento analogo a quello illustrato in figura 2 [7].
Gli alunni, a gruppi che si alternavano, sono stati incaricati di segnare su un foglio di carta traslucida, provvisto di un foro attraverso cui passava lo gnomone, i punti estremi delle ombre con accanto l'ora, ad intervalli di mezz'ora. Le tracce delle ombre sono state ogni volta ottenute collegando gli estremi delle ombre al punto centrale del foro nel foglio.
Dopo la prima giornata in cui è emersa la necessità di una determinazione precisa il più possibile degli estremi delle ombre per individuare meglio con l'uso del curvilineo la curva che interpolava i punti ottenuti, qualche alunno ha individuato nell'esistenza della zona di penombra la causa degli errori sistematici commessi nella registrazione e tutti hanno convenuto che, nel segnare l'estremo dell'ombra, era meglio cercare di escludere la zona di penombra [8]. La sovrapposizione dei fogli di carta traslucida utilizzati in date diverse ha consentito di riconoscere che l'asse di simmetria poteva essere individuato ogni volta in una direzione che non dipendeva dalla data.
Alla domanda: Quale elemento delle figure ottenute può essere utilizzato come riferimento sicuro ai fini dell'orientamento? C'è stato qualche ragazzo che ha proposto di scegliere l'asse di simmetria e non è stato difficile per gli altri convenire sulla bontà di una tale scelta. Abbiamo quindi riportato la direzione dell'asse di simmetria sul pavimento con del nastro adesivo colorato.
Così, quando ho proposto di utilizzare la semisfera trasparente per registrare le posizioni del Sole, il problema di come orientarla era risolto: bastava, dopo aver fatto col pennarello delle tacche sia sulla semisfera che, in corrispondenza, sul piano di appoggio, orientare uno spigolo del ripiano lungo la linea N-S. Abbiamo quindi fatto una prima registrazione delle posizioni del Sole in una stessa data a intervalli di mezz'ora e ricavato la traiettoria del Sole per interpolazione ed estrapolazione.
Quando però, allo scopo di stabilire una relazione fra le due attività condotte fino a quel momento, ho provato a chiedere alla classe come potevano essere rappresentate alla stessa ora le linee di mira verso il Sole ottenibili rispettivamente nel caso dell'ombra dello gnomone e nella registrazione della posizione del Sole sulla semisfera, mi sono sentita rispondere da quasi tutti gli alunni che le consideravano in grado di delimitare un angolo apprezzabile [9]! Mi ero imbattuta cioè in un'altra rappresentazione mentale spontanea: le direzioni della luce incidente su una piccola porzione di superficie terrestre erano rappresentate come direzioni sensibilmente divergenti a partire dal Sole! Mi sono subito resa conto che anche questa era un'idea spontanea coerente al suo interno, anche se meno adeguata a rappresentare la situazione rispetto a quella di un fascio costituito da rette da considerare, con buona approssimazione, parallele. Infatti quest'ultimo modello richiede un ragionamento piuttosto elaborato che non ci si può aspettare che i ragazzi facciano

[7] La situazione illustrata nella parte destra della figura 2 è quella ricostruibile nell'arco di un intero anno, mentre noi, per la determinazione della linea N-S, ci siamo limitati alle osservazioni sistematiche di tre giorni con l'intervallo di una settimana l'uno dall'altro.
[8] La distinzione fra zona di penombra e zona d'ombra era quella consentita dall'uso dell'occhio come fotometro.
[9] Un solo ragazzo le riteneva parallele, ma, invitato a esplicitare il suo ragionamento, riferiva che così gli era stato insegnato nelle classi precedenti!

senza guida. Badando a non classificare subito come errato il modello individuato, mi sono resa conto che c'era la necessità di far ricostruire ai ragazzi il percorso dei raggi solari perché individuassero il loro parallelismo su una piccola porzione della superficie terrestre, un concetto che sarebbe stato utile quando avremmo dovuto elaborare un modello riguardante l'incidenza dei raggi solari sull'intero globo terrestre.
Pertanto li ho invitati a dividersi in gruppi che avevano il compito di operare su gnomoni diversi alla stessa ora: un gruppo su quello già utilizzato, un altro su uno della stessa altezza posto in un punto il più possibile lontano in cortile, un altro ancora su uno di altezza doppia. In tutti e tre i casi abbiamo misurato l'altezza dello gnomone e la lunghezza dell'ombra e abbiamo poi riportato i valori su un foglio di carta millimetrata traslucida, ottenendo triangoli rettangoli in cui le ipotenuse, su proposta di alcuni alunni, rappresentavano le linee di mira verso il Sole [10]. La sovrapposizione poi di due triangoli di dimensioni diverse ha aiutato a interpretare correttamente la situazione, come risulta in figura 3.

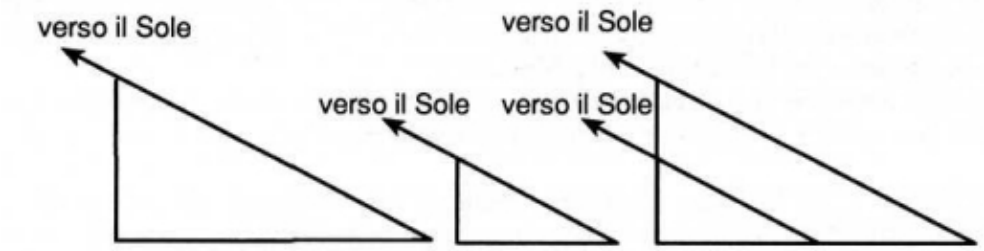


Figura 3. Nella parte destra della figura, dove i due triangoli sono sovrapposti, si può rilevare il parallelismo dei raggi solari.

La discussione che è seguita all'operazione di confronto fra i triangoli ottenuti alla stessa ora ha trovato la classe ormai convinta del parallelismo dei raggi solari che incidono su una porzione di superficie terrestre che appare piana.
Il successivo confronto fra triangoli ottenuti ad ore diverse è stata per me l'occasione per introdurre un termine come *l'altezza* che è usato in un'accezione insolita, dal momento che si riferisce ad un angolo, in questo caso all'angolo acuto alla base dei triangoli e che è in grado di rappresentare una possibile coordinata stellare (insieme con l'azimut) in un sistema di coordinate relativo all'osservatore sulla Terra e per far rilevare come, a latitudini diverse alla stessa ora, si trovino valori diversi dell'altezza del Sole (fig. 4). A questo punto una ragazza fra le più motivate allo studio, che stava tentando di rappresentarsi la situazione dal punto di vista geometrico, ha avanzato un dubbio riguardo all'andamento delle direzioni nel fascio di raggi solari che incidono su una superficie più estesa, cosi esprimibile: Anche se su porzioni di superficie terrestre piuttosto ridotte (orizzonte sensibile) i raggi provenienti dal Sole possono essere considerati paralleli, chi ci garantisce che a latitudini diverse, la variazione dell'altezza del Sole sia dovuta *soltanto* alla curvatura della superficie terrestre e non, *anche,* ad una divergenza dei raggi solari che diventerebbe apprezzabile su porzioni di superficie terrestre più estese di quelle direttamente osserva-

[10] Per i ragazzi che non erano ancora convinti abbiamo utilizzato il ripiano con lo gnomone portandolo ad altezza dell'occhio e chiedendo a loro in quale direzione avrebbero trovato con lo sguardo il Sole.

bili? In altre parole: Chi ci garantisce che anche i raggi solari che incidono sulla metà della superficie terrestre illuminata siano da considerarsi paralleli e non divergenti?

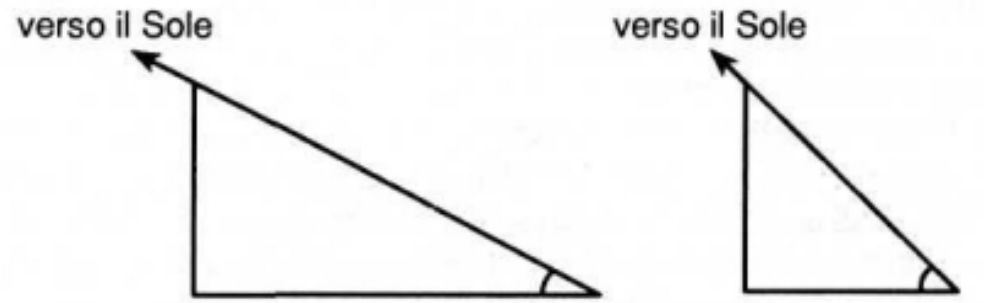


Figura 4. Gli angoli acuti alla base dei triangoli, ottenuti ad ore diverse nello stesso punto di osservazione o alla stessa ora in punti di osservazione a diverse latitudini, rappresentano l'altezza sull'orizzonte del Sole.

Era questo anche un tipico esempio di difficoltà ad abbandonare un modello mentale che si era ritenuto adeguato a rappresentare la situazione fenomenica, se non fosse stata fornita un'argomentazione in grado di sgombrare veramente il campo da ogni dubbio. Nel tentativo di trovare risposte nel libro di testo, a questo punto, alcuni ragazzi hanno notato che alcune figure, ad esempio quella relativa alla determinazione della lunghezza del meridiano terrestre col metodo di Eratostene, rappresentavano i raggi solari come un fascio di raggi paralleli, ma nessuno era in grado di dare una giustificazione di questo fatto.
Ho capito quindi che occorreva mettere i ragazzi in una situazione che presentasse problemi analoghi e sulla quale fossero in grado di individuare la linea da seguire in un ragionamento, che altrimenti rischiava di essere troppo astratto e pertanto incomprensibile.
La questione, come si sa, andrebbe affrontata tenendo conto del valore dell'angolo di parallasse e si presenta come problema difficilmente comprensibile nei suoi termini quando si parla di due osservatori distanti sulla superficie terrestre. Operando però su scala diversa, il problema diventa controllabile nei suoi vari aspetti se i due osservatori diventano i due occhi.
Pertanto nella lezione successiva ho segnato sulla lavagna tante linee verticali equidistanti, numerandole in successione (fig. 5). Quindi ho invitato i ragazzi a prendere una matita, a tenerla in posizione verticale davanti ai loro occhi a 25 cm di distanza in modo da avere la lavagna sullo sfondo e, ad uno ad uno in ordine a partire dalla prima riga di banchi, a indicare in corrispondenza di quali linee segnate sulla lavagna la vedevano posizionata quando la osservavano prima con un occhio, poi con l'altro. Dopo aver raccolto in una tabella le coppie di numeri che contrassegnavano le linee sullo sfondo individuate da ogni alunno, ho invitato i ragazzi a dire se, a loro avviso, la distanza dell'osservatore dallo sfondo, influiva in modo sensibile sullo spostamento sullo sfondo osservato. Prima che altri rispondessero, un ragazzo un po' più intraprendente, che non si era limitato a tenere la matita sempre alla stessa distanza dall' occhio, ha fatto notare che una sensibile diversità nella coppia di numeri individuata poteva aversi quando si faceva variare la distanza della matita dall'occhio. Non potevo chiedere di meglio! Valorizzando l'osservazione come proposta di lavoro per tutta la classe, ho invitato tutti a ripetere l'osservazione tenendo

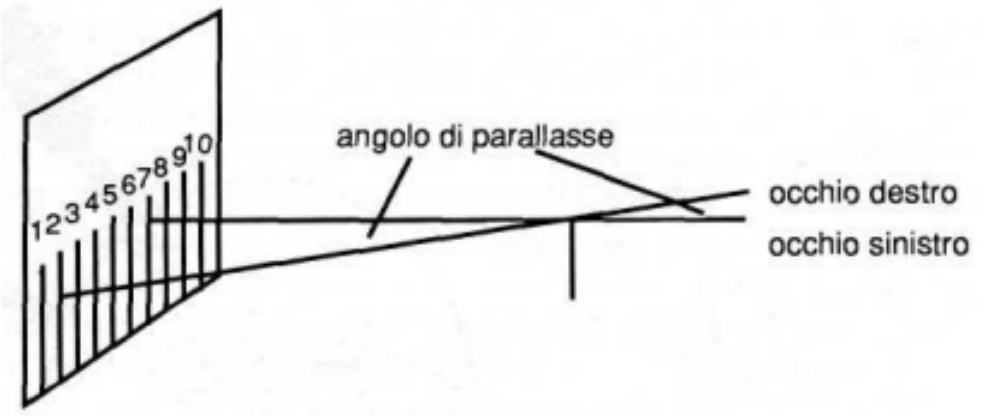


Figura 5. L'angolo di parallasse diminuisce se si allontanava l'oggetto dall'occhio fino a diventare non più misurabile a certe distanze.

la matita a 50 cm di distanza. Tutti hanno notato in questo secondo caso uno spostamento sullo sfondo minore che nei primo caso! Alla domanda su cosa avremmo dovuto misurare per esprimere meglio tale comportamento, la maggior parte dei ragazzi ha risposto che sarebbe bastato misurare la distanza fra le due linee sullo sfondo. Poiché però ho fatto notare che la presenza di linee numerate sullo sfondo non è una condizione che si verifichi in natura, qualche ragazzo ha proposto che si misurasse l'angolo fra le due linee di mira, riuscendo a convincere della bontà della sua proposta anche il resto della classe. Infatti, in seguito a specifiche domande poste da me, tutti hanno dovuto ammettere che tale angolo dipende solo dalla distanza osservatore-oggetto e non dalla distanza oggetto-sfondo ed è quindi in grado di rappresentare bene lo spostamento sullo sfondo, quale che sia lo sfondo e a qualunque distanza sia posto. Infine io mi sono limitata a dire che tale angolo viene chiamato parallasse.

Successivamente la discussione è stata volta nel senso di far notare che si può sempre pensare a una distanza fra l'oggetto e i due osservatori (i due occhi) talmente grande che l'angolo può diventare piccolo al punto da non essere più misurabile, il che equivale a dire che le due linee di mira coincidono, se viste dal punto di vista dell'oggetto (da questo punto di vista la distanza fra i due occhi si annulla), o sono da considerare parallele (non delimitano alcun angolo), se viste dal punto di vista dei due occhi. Un modo quindi di controllare se la distanza fra due osservatori è apprezzabile rispetto alla distanza fra osservatori e oggetto osservato è quello di vedere se esiste un angolo di parallasse. La stessa operazione è possibile quando i due osservatori, piuttosto che i due occhi, sono due persone in punti molto lontani sulla superficie terrestre.

Poiché nel caso del Sole, osservatori lontani sulla superficie terrestre trovano alla stessa ora le stesse coordinate del Sole sul reticolato di meridiani e paralleli celesti (non c'è alcuno spostamento sullo sfondo), bisogna ammettere che i due osservatori dal punto di vista del Sole verrebbero visti come unico punto (la loro distanza è trascurabile rispetto a quella osservatori-Sole e quindi la Terra stessa è da considerare puntiforme) e il fascio di raggi che incide su una porzione di superficie terrestre ad una data ora può essere rappresentato come un fascio di raggi paralleli.

Ma cosa avviene alla stessa ora in date diverse?
Solo adesso si poteva ritornare all'argomento delle stagioni astronomiche! A distanza di un mese e mezzo (tale era stato il tempo trascorso dalla prima osservazione in proposito, anche perché avevamo dovuto attendere una giornata di sole!) siamo ritornati ad utilizzare la semisfera trasparente per ricavare una nuova traiettoria del Sole e i ragazzi si sono accorti che non era la stessa traiettoria di prima, ma che tutt'e due erano contenute su piani paralleli. La situazione quale si presenta in tutto un anno, relativamente ad uno stesso punto di osservazione, l'ho rappresentata io, come in figura 6. A quel punto ho posto la questione se era possibile, utilizzando la semisfera trasparente, riprodurre in scala ridotta le condizioni che si verificano in una stessa zona della Terra alla stessa ora in date diverse al fine di determinare se c'era una relazione fra queste e l'intensità di illuminamento su una stessa porzione di superficie illuminata. Su mia proposta, la luce solare è stata rappresentata con una torcia elettrica a cui abbiamo applicato un tubicino nero per ottenere un fascio di raggi paralleli e la superficie illuminata era il piano di base su cui abbiamo applicato della carta millimetrata per riuscire a contare i quadretti lungo due assi nella macchia di luce ogni volta prodotta. La situazione è quella illustrata in figura 7.

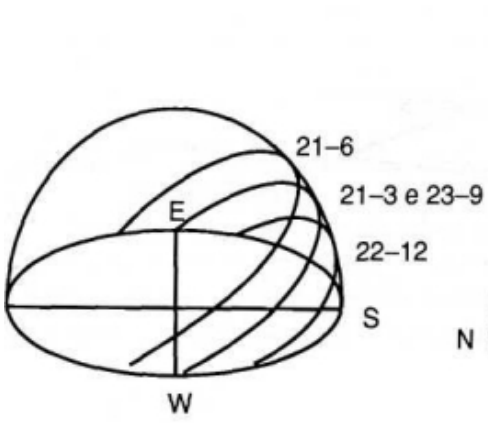


Figura 6. Nel modello sono rappresentate le traiettorie del Sole ai solstizi (21 giugno e 22 dicembre) e agli equinozi (21 marzo e 23 settembre).

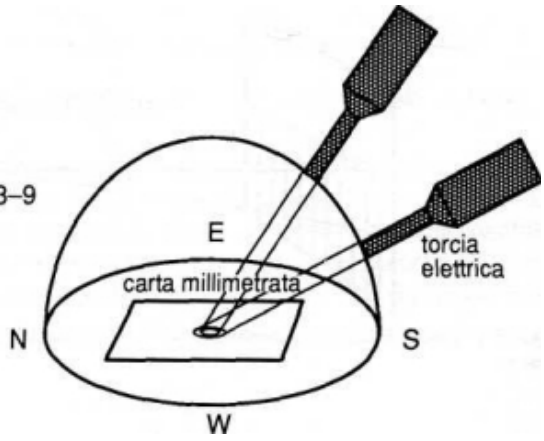


Figura 7. Le macchie di luce sono delle ellissi aventi l'asse minore comune e l'asse maggiore tanto più lungo quanto maggiore è l'inclinazione del fascio rispetto alla verticale.

Il confronto fra il numero di quadretti lungo l'asse maggiore dell'ellisse che rappresenta la macchia di luce nei vari casi ha portato a concludere che, quando il numero dei quadretti era maggiore la stessa quantità di radiazione era distribuita su una superficie di area maggiore, con la conseguenza che la stessa area (un quadratino) risultava meno intensamente illuminata. Il confronto con quanto si verifica sulla Terra nelle varie date portava quindi ad ammettere una chiara influenza dell'inclinazione dei raggi solari sulle stagioni. Volendo interpretare gli effetti sulla Terra della variazione delle posizioni del Sole alle varie date, cioè il succedersi delle stagioni, da questo modello si può ipotizzare che si avrà la massima intensità di illuminamento quando i raggi avranno la minore inclinazione (21-6); il che, a parte il fatto che i giorni più caldi cadono con un certo ritardo, in luglio, è certamente più in accordo con l'esperienza rispetto alle previsioni formulate sulla base del

"modello" inizialmente proposto dai ragazzi in cui si riteneva influente il fattore distanza Terra-Sole. Volendo trarre delle conclusioni relativamente al lavoro condotto, mi sembra utile sottolineare alcuni aspetti che ritengo siano stati importanti e siano importanti sempre quando si interagisce con una classe, se si intende favorire quello che Ausubel chiama "apprendimento significativo", obiettivo da tenere in ogni caso presente, anche quando non è material-mente possibile percorrere tutte le tappe per via sperimentale nella costruzione delle conoscenze.

Un primo aspetto è stato rappresentato dalla mia volontà di capire ogni volta come i concetti nuovi potevano inserirsi nel quadro di conoscenze o convinzioni possedute dagli alunni: se le eventuali contraddizioni non fossero venute alla luce nel lavoro in classe, ci sarebbe stato infatti il rischio che i ragazzi da soli non sapessero individuarle. In tale percorso ho dovuto adattarmi alle situazioni che man mano venivano alla luce, strutturando di conseguenza il lavoro con interventi anche inizialmente non previsti, mirati alla costruzione di conoscenze consapevoli.

Un altro aspetto è consistito nella volontà di mettere i ragazzi nelle condizioni di interpretare da soli i fenomeni, facendo svolgere ad essi un ruolo attivo. A tale scopo ho cercato, ad esempio, di confondermi con l'ambiente durante la registrazione dei dati, e, anche quando sono tornata a svolgere un ruolo di guida durante la discussione che doveva condurre all'interpretazione dei fenomeni, ho cercato da una parte di non indurre mortificazioni classificando come "sbagliate" le affermazioni che risultavano meno in accordo con i fatti, dall'altra di valorizzare gli interventi più significativi e propositivi degli alunni.

Un terzo aspetto è stato costituito dall'attenzione alle condizioni sperimentali in cui far muovere gli alunni, perché i fenomeni da interpretare si prestassero ad una chiara lettura, possibile al livello di studi a cui era giunta la classe. A tale scopo mi sono posta come obiettivo innanzi tutto una valutazione solo qualitativa dei dati, considerando prioritario l'approccio fenomenico alle problematiche di studio, ai fini di una adeguata percezione globale delle situazioni considerate.

Se sono ben consapevole che un'articolazione del lavoro come quella che ho illustrate comporta un certo impegno dell'insegnante[11] posso affermare che la motivazione a fare una scelta didattica di questo tipo io l'ho trovata nei risultati che sono riuscita ad ottenere da una parte sul piano del rendimento[12], dall'altra sul piano della partecipazione "affettiva" della classe al lavoro condotto, che traspariva dalla volontà di tanti di intervenire in una discussione, che a tratti diventava animata e si placava quando si trovava un punto di convergenza nell'interpretazione dei dati a disposizione.

Solo per questi motivi ho ritenuto di indugiare nel racconto dei particolari, dai quali spero traspaia che, oltre tutto, anch'io durante tutte le fasi, ho provato il gusto di chi, dopo essersi trovato di fronte ad un problema, individua qualche linea risolutiva e comunque nel proprio lavoro trova aspetti gradevoli, oltre che gratificanti.

---

[11] A mio avviso, un lavoro di questa complessità si rende necessario nella trattazione di punti nodali del programma, tali da favorire una visione d'insieme più convinta e chiara.

[12] Solo pochissimi alunni, i meno motivati allo studio e pertanto facili a distrarsi, alle verifiche hanno poi rivelato di possedere conoscenze ancora incerte su alcune delle questioni affrontate.

Imparare a vedere gli animali

I bambini e gli adolescenti -specialmente quelli che vivono in città- conoscono e distinguono molto più i vari *Gormiti* di cui fanno collezione che non gli animali che vivono nei campi, nei parchi, sui terrazzi o nelle abitazioni; anche i numerosi documentari che trattano di animali si rivolgono per lo più alla descrizione dei grandi mammiferi che vivono nelle savane e poco spazio è dedicato alle specie che tutti hanno quotidianamente sotto gli occhi. Inoltre, l'atteggiamento nei confronti degli animali genericamente raggruppati fra gli invertebrati è spesso di fastidio, se non di repulsione, mentre sarebbe importante che i giovani prendessero coscienza delle "infinite forme bellissime"[1] che abitano il nostro pianeta e, spesso inosservati, convivono con noi.
Tale tipo di comportamento, profondamente antropocentrico, ha radici molto antiche e si può considerare una delle concause dell'attuale crisi ecologica; anche per questo motivo, per scardinare la nostra arroganza cosmica, è importante che i ragazzini imparino ad osservare gli altri animali.
Sin da piccoli si dovrebbe imparare ad osservare e un buon banco di prova può essere cominciare a distinguere i vari animali; porre attenzione ai loro colori, le loro forme, cogliendo le differenze e le somiglianze non solo rispetto ai comuni animali domestici, ma anche distinguendo un insetto da un aracnide, un crostaceo da un pesce, un chirottero da un uccello, meglio ancora un coleottero da un dittero e andrebbe anche rivalutata la capacità, così pronta nei bambini, di memorizzare i nomi -almeno quelli volgari- delle varie forme osservate. In questa breve trattazione non possono essere dimenticati gli animali domestici, o comunque allevati in molte case: cani, gatti, criceti, furetti, ma anche rettili di vario tipo[2] ed aracnidi[3]. Si tratta negli ultimi due casi di un fenomeno relativamente recente, ma che la scuola non può ignorare, anche per aiutare a mettere nella giusta luce le specie allevate, il cui interesse nasce spesso non tanto da un'autentica attenzione nei confronti degli animali, quanto dal gusto di ciò che viene vissuto come "strano", "desueto" o "orrido". È comunque importante saper ascoltare le osservazioni che hanno fatto in modo autonomo con i loro compagni di giochi e rispondere in modo esauriente alle domande che possono fare, aiutandoli a distinguere fra le cose da loro direttamente osservate da quelle che hanno sentito dire: gli istrici, quando vogliono difendersi, lanciano i loro aculei, i lombrichi mangiano le radici...

---

[1] Da C. Darwin chiusa dell'*Origine della specie* (1859): *There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed by the Creator into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being evolved.*
(*C'è qualcosa di grandioso in questa idea della vita, con le sue infinite potenzialità, originariamente infuse dal Creatore in pochissime o in una sola forma; e, mentre questo pianeta ha continuato a roteare seguendo le immutabili leggi di gravità, da un inizio così semplice infinite forme, sempre più belle e meravigliose, si sono evolute e tuttora si evolvono*).

[2] Si veda ad esempio http://www.serpenti.it/

[3] L'allevamento di aracnidi riscuote un grande successo, tanto che vi sono in rete molti siti -anche in italiano- ad esso dedicati, come ad esempio http://www.tarantole.com/forum/

Indubbiamente l'osservazione degli animali è più complicata di quella possibile sulle piante: gli animali vivono spesso nascosti alla vista dell'uomo, non stanno fermi, non possono essere tagliati o sezionati perché "si rompono", però il tipo di osservazioni che è possibile condurre è molto più variegato anche perché può consentire di sconfinare nel campo del comportamento animale.
Si tratta, insomma, di costruire un curriculum verticale che gradualmente porti i bambini, sin dalla scuola di infanzia, a prestare attenzione agli altri esseri viventi. Le considerazioni di Giuseppe Busnardo[4] valgono anche per questa proposta didattica e ad esse si rimanda.
Naturalmente, in questo caso la manipolazione è permessa -e solo dietro stretto controllo da parte degli adulti e con estrema cautela- esclusivamente nel caso di osservazioni condotte su animali di grossa taglia. A partire dalla scuola materna, si tratterà di imparare a riconoscere gli animali che vivono nelle case e nei prati, iniziando col trovare differenze di colore, forme e dimensioni e acquisendo consapevolezza dei loro bisogni e di come mondo inanimato e tutte le forme di vita interagiscano fra loro.
Allevare animali in classe consente di verificare in diretta il nascere, il crescere, il riprodursi, il venir meno e di collegare questi eventi con lo scorrere del tempo e il cambiare delle stagioni.
Certamente le piante -e in particolare gli alberi- si offrono molto di più all'osservazione, i rami e le foglie si proiettano verso la luce e anche le radici spesso affiorano in superficie; gli animali, al contrario, nascondono al loro interno i loro organi, possiedono un maggior grado di complessità e sicuramente non è consigliabile ricorrere alle dissezioni, per rispetto nei confronti degli animali, per non turbare la sensibilità dei bambini, ma soprattutto perché per gli animali è particolarmente vero che il tutto non è una somma di parti. È fondamentale che i bambini si accorgano delle profonde somiglianze che accomunano tutti gli animali: si muovono, mangiano, respirano, possiedono organi di senso che consentono loro di evitare gli ostacoli, di nutrirsi, di sfuggire ai predatori. Alcuni presentano maggiori somiglianze di altri (ecco che può iniziare un primo modo di raggruppare insieme animali simili come cani, cavalli, gatti o merli, passerotti e canarini), tutti si riproducono e non vengono fuori dal fango o dallo sporco, in genere ci sono maschi e femmine e spesso i due sessi sono riconoscibili in modo più o meno marcato. Anche far notare le profonde differenze esistenti fra animali e piante è importante, come del resto sollecitare ipotesi di spiegazione.
Le piante sono, come diceva Aristotele, animali pigri che hanno nascosto la testa sotto terra e perché gli animali si muovono? Perché tutti (o quasi) gli animali possiedono simmetria bilaterale? Perché la testa sta davanti rispetto alla direzione del movimento e l'ano sta sempre dietro (ma non nelle chiocciole, perché?)?
Osservazioni banali, quindi, e domande spontanee che possono essere fatte dai bambini in prima persona, senza bisogno che vengano raccontate o proposte dagli adulti o lette nei libri di testo.
Non si intende con questo negare l'importanza dei libri di divulgazione scientifica e di letteratura per l'infanzia che rivestono un ruolo fondamentale e devono sempre accom-

---

[4] Inserire riferimento alla pagina (ora è a pagina 20) si veda Un primo abbozzo di saperi in sequenza (per un curriculum verticale)

pagnare ogni fase di crescita dei ragazzi; del resto, l'osservazione sugli animali si presta a molti percorsi pluridisciplinari: numerosi libri di letteratura sono attenti alla vita che si svolge nei boschi e nei campi e con i bambini più grandi partendo dal realmente osservato si può passare agli infiniti mondi immaginati da autori greci e latini, presenti nei bestiari medievali o descritti da grandi autori come Borges.

Dove compiere le attività

Molte scuole possiedono un giardinetto, alcune sono poste in prossimità di un parco pubblico o di un campo; le scuole che non sono così fortunate possono prevedere almeno due uscite annuali per recarsi in un parco, un sentiero di campagna o un campo. La raccolta degli animali può anche essere affidata ai bambini più grandi, dando loro le istruzioni necessarie: gli animali, se si sa osservare, si trovano un po' ovunque e la casa, anche la più ordinata, ne è ricca: ragni, formiche, pesciolini d'argento (*Lepisma saccarina*), vespe cartonaie (*Polistes gallicus*), calabroni, farfalline della farina sono spesso nostri inquilini abituali; anche il terrazzo più sguarnito ospita sulle piante coccinelle intente a nutrirsi di afidi e formiche che curano questi ultimi, in quanto sono una preziosa risorsa di zuccheri, rappresentano il loro "gregge" da mungere; sulle rose passeggiano ragnetti rossi e banchettano maggiolini; sui muri, soprattutto di sera, sono visibili gechi, che si appostano pazientemente in attesa di un pasto, i poco amati pipistrelli che trovano riparo sotto le gronde, gli storni che si posano a dormire sugli alberi, i piccioni che a volte fanno i nidi addirittura sui davanzali degli appartamenti; molte case con giardino possiedono il recipiente per il compostaggio che si rivela una vera miniera per raccogliere lombrichi, larve, insetti. Molti bambini possiedono ormai macchine digitali, i più, già in quinta elementare, utilizzano i cellulari per scambiarsi messaggi e allora, perché non invitarli a utilizzare in modo più proficuo il telefonino per immortalare questi ospiti? In questa scheda verranno offerti alcuni esempi.

Ragni

In questa scheda si fa riferimento all'Argiope, ma gli studenti possono orientarsi anche su altre specie frequenti nelle nostre campagne.

Materiali

- contenitori adatti per l'allevamento, come spiegato in dettaglio più sotto;
- zanzariere o più semplicemente calze di nylon opportunamente tagliate che fungano da coperchio dei contenitori, assicurate con un elastico al bordo del contenitore;
- bastoncini;
- fili flessibili;
- garze o carta da cucina imbevute d'acqua per assicurare una certa umidità ambientale;
- pennellino a setole fini per spostare all'occorrenza gli animali;
- macchina digitale se si vuole immortalare gli eventi più significativi;

- lenti di ingrandimento; se la scuola lo possiede, uno stereomicroscopio.

Fra i tanti ragni che popolano prati e giardini, forse il più semplice da catturare e allevare è l'*Argiope bruennichi*, conosciuto comunemente come ragno vespa, ragno zebra, o argiope fasciata, tutti nomi che evidenziano la caratteristica di questa specie, data dall'addome (opistosoma) e dalle zampe colorati da strisce gialle e nere; è molto frequente nei giardini e tesse una bella tela che può superare i 35 cm di diametro.

Si tratta di un ragno dalle abitudini diurne, che passa la maggior parte del suo tempo sulla ragnatela; in realtà la forma visibile più di frequente, anche grazie all'aspetto molto più evidente, è la femmina (il corpo misura circa 2 cm), mentre il maschio, lungo circa la metà, ha colorazione uniforme e vita abbastanza breve, dal momento che spesso, dopo l'accoppiamento, funge da pasto per la sua compagna.

Accorgimenti

Il contenitore-terrario in cui ospitare l'animale dovrà essere di forma cubica con spigolo di circa 40 cm, per consentire all'ospite di tessere la tela; allo scopo possono andar bene contenitori in plastica trasparente o in vetro, la cui bocca sia chiusa da una retina a maglie fitte; la base del terrario può essere costituita da torba sterile, mantenuta umida con frequenti nebulizzazioni e ai lati del recipiente è necessario posizionare sottili fili di ferro rivestiti in plastica che possano essere ben ancorati alla superficie esterna del contenitore, in modo da offrire punti di ancoraggio stabili per la ragnatela. I terrari vanno tenuti in un posto tranquillo, non molto luminoso e almeno ogni due giorni vanno nutriti con insetti vivi (mosche, falene, grilli, cavallette), tenendo conto che sono in grado di mangiare sino a due volte il loro peso. Dal momento che l'accoppiamento avviene in tarda estate, non sarà possibile osservarlo, mentre, con un po' di fortuna, si possono rinvenire gli ovisacchi che la femmina produce dopo circa tre settimane dall'avvenuta fecondazione e deposita di notte; queste, che contengono le uova fecondate, raggiungono il pieno sviluppo in primavera e da essi fuoriescono i piccoli ragni che sciamano, utilizzando sottili fili di ragnatela per farsi trasportare nel vento. Gli animali non vanno manipolati da parte degli studenti, mentre è opportuno che piccoli gruppi di studenti abbiano a disposizione una lente di ingrandimento per poter osservare le caratteristiche più significative dell'animale. Come tutte le osservazioni, è bene che essa venga guidata dall'insegnante che suggerisca che cosa guardare (pedipalpi, cheliceri, filiere, come viene prodotta la ragnatela e le sue caratteristiche). Altra attività interessante può essere quella di raccogliere i resti che si trovano su una vecchia ragnatela, per verificare al microscopio quali sono le abitudini alimentari dell'animale.

Bruchi, crisalidi e farfalle

Materiali

- Larve di farfalla;
- contenitori adatti per l'allevamento (si possono utulizzare: vecchi terrari per tartarughine d'acqua dolce, grosse bottiglie di plastica a cui sia stata tagliata la parte superiore per facilitare il posizionamento delle piantine su cui allevare le larve, o ancora larghi contenitori in vetro o plastica);
- piantine rinnovate di sovente e diverse a seconda delle specie catturate;
- piccoli contenitori come tazzine di plastica che possano contenere le piantine;
- zanzariere o più semplicemente calze di nylon opportunamente tagliate che fungano da coperchio dei contenitori, assicurate con un elastico al bordo del contenitore;
- bastoncini;

- garze o carta da cucina imbevute d'acqua per assicurare una certa umidità ambientale;
- pennellino a setole fini per spostare all'occorrenza bruchi;
- lente di ingrandimento;
- fotocamera digitale se si vuole immortalare gli eventi più significativi.

Allevare bruchi di farfalle non è molto difficile e per gli studenti, anche per i più piccoli, si tratta di un'esperienza indimenticabile, soprattutto se è possibile vedere in diretta la metamorfosi da crisalide a farfalla adulta; molte specie sono adatte allo scopo e la cattura dei bruchi può essere affidata agli stessi ragazzi (se si tratta di studenti di scuola media molto motivati), con l'avvertenza che i bruchi devono essere raccolti insieme alla pianta su cui sono stati trovati e, onde evitare problemi, vanno raccolti delicatamente con dei guanti usa e getta; il modo migliore è attrezzarsi con cesoie, prendere il bruco tagliando il ramoscello su cui si sta nutrendo, porlo in un sacchetto di plastica in cui ci sia un batuffolo di cotone inumidito e annotare il luogo su cui è stato raccolto in modo da poter nuovamente trovare la pianta di cui si ciba.

La raccolta può essere fatta ad inizio dell'anno scolastico o a primavera, mentre in inverno si può andare alla ricerca delle crisalidi; i luoghi dove è più facile reperire larve sono gli orti, i giardini , i terrazzi dove da tempo non vengano usati insetticidi, mentre le crisalidi si possono raccogliere su muri, staccionate, tronchi degli alberi. Se vengono catturate crisalidi, è molto importante prelevare anche il substrato su cui la l'animale era ancorato.

Accorgimenti

È importante rifornire i bruchi di foglie sempre fresche; per conservarle tali è necessario immergere i ramoscelli in piccoli contenitori con dell'acqua; il bruco mangia continuamente, se non si nutre vuol dire che gli è stata data la pianta sbagliata o che non è sufficientemente fresca. Le larve producono molti rifiuti, dal momento che mangiano molto, per cui è necessario asportarli di frequente, per evitare la formazione di muffe e il proliferare di batteri; anche l'acqua in cui sono immersi i ramoscelli va cambiata di frequente ed è inoltre opportuno chiudere l'imboccatura del contenitore in cui sono immerse le piante, onde evitare che gli animali vi caschino dentro, affogando. Dal momento che non è semplice risalire con sicurezza dalla larva alla specie di insetto adulto, il terrario deve contenere dei bastoncini su cui la crisalide possa ancorarsi e uno strato di sabbia o terriccio leggermente umidi nel caso che la crisalide impupi sul terreno (è il caso di molte farfalle notturne).

Come maneggiare le larve

La maggior parte dei bruchi non hanno strumenti di offesa, alcuni reagiscono se si sentono minacciati sollevando l'estremità del corpo; altri emettono da speciali ghiandole liquidi innocui per l'uomo, entrambi i comportamenti hanno la funzione di scoraggiare eventuali aggressori. Poche sono le specie italiane che portano sul dorso setole irritanti che possono provocare eritemi molto fastidiosi, come nel caso delle processionarie del pino e quelle della quercia. Il corpo delle larve, specialmente quando sono molto giovani, è molto delicato per cui non conviene toccarle con le mani, è meglio usare un pennellino a setole morbide se è indispensabile spostarli. Quando l'animale è prossimo ad impuparsi, in genere è grosso e contratto; si tratta di un momento molto delicato, per cui è importante non spostarli.

La farfalla adulta

È fondamentale avere più larve perché così, con un po' di fortuna, sarà possibile assistere alla nascita della farfalla; è il momento in cui è particolarmente importante che sia assicurata una sufficiente umidità ambientale. Una volta avvenuto lo sfarfallamento, ovviamente l'animale va lasciato libero di volar via.

I porcellini di terra

I porcellini di terra o onisci (*Porcellio sp*) sono piccoli crostacei isopodi molto frequenti; si possono trovare fra le foglie in decomposizione del sottobosco, nelle legnaie domestiche, nei recipienti di compostaggio, sollevando un vaso da fiori; si riconoscono facilmente in quanto, qualora vengano disturbati, si arrotolano a palla; si prestano a molte osservazioni interessanti e sono di facile allevamento: sono sufficienti contenitori di plastica (della capacità di circa 1,5 l), muniti di coperchio bucherellato per assicurare il ricambio d'aria; per assicurare la necessaria umidità ambientale, è sufficiente utilizzare fazzoletti di carta inumiditi, attenzione però che non vi sia ristagno d'acqua; il cibo consiste in pezzi di corteccia, foglie, qualche buccia di frutta, insalata; il tutto verrà convertito, grazie all'azione di questi animaletti, in *humus*.

Osservazioni possibili

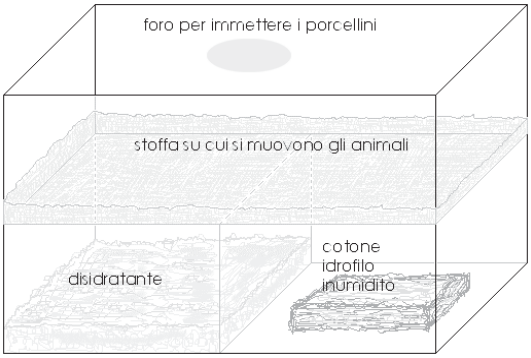
Quali foglie preferiscono mangiare gli animali? Di quale parte della foglia si nutrono per prima? Preferiscono foglie giovani o da tempo cadute dagli alberi? Dal momento che si riproducono agli inizi della primavera, è anche possibile osservare la nascita dei piccoli (una trentina), dopo 34 giorni di incubazione in una sacca posta ventralmente alla femmina, fra il secondo e quinto paio di zampe. Una volta fecondata, la femmina, aiutata dal maschio, scava fra i detriti una tana in cui viene accumulato del cibo per i nascituri; questi sono simili all'adulto e diventano sessualmente maturi dopo circa un anno.

Semplici esperienze sul loro comportamento

I loro movimenti sono influenzati dall'umidità ambientale; i porcellini, infatti, si spostano attivamente, senza avere una direzione privilegiata, quando si trovano in un ambiente secco, non idoneo alla loro sopravvivenza, mentre quando la zona in cui vengono a trovarsi è ricca di umidità, la loro attività decresce. L'esperienza che qui viene proposta mette ben in luce il fenomeno, si tratta di una "ricetta" preconfezionata che può essere variata e preceduta da altre prove, svolte sul campo o in differenti "camere a scelta" del tipo di quella qui sotto descritta in cui variare opportunamente i parametri ambientali. L'esperienza sarà preceduta dall'osservazione guidata degli animali, suggerendo di cercare di capire se i maschi si differenziano dalle femmine, se hanno occhi, quante zampe hanno, a quali stimoli sembrano rispondere.

Materiali necessari per ogni gruppo di lavoro

- Un vecchio pezzo di stoffa, possibilmente elasticizzata;
- tre recipienti di plastica trasparente fra loro uguali di circa 15-20 X 5-10 cm;
- uno strumento per operare un foro (circa 1,5 cm) sulla plastica, sufficiente a far passare gli animali (si può adoperare un trapano a mano, o un ferro arroventato);
- attaccatutto;
- nastro adesivo;
- disidratante (viene venduto a blocchi in molte ferramente per eliminare l'umidità dagli ambienti; ciascun blocco, tagliato opportunamente basta per tutta una classe);
- cotone idrofilo;
- plastilina;
- 15 porcellini di terra;
- acqua di fonte;
- orologio con contasecondi.



Esecuzione

Si tagli la stoffa in modo da ottenerne un pezzo grosso in grado di ricoprire una delle due basi e la si fissi con l'attaccatutto a uno dei 3 recipienti; la si mantenga in sito con un elastico o con dello spago sino a che la colla non è seccata.

Si pratichi un foro al centro di un altro recipiente.

Si divida a metà l'altra scatola per mezzo della plastilina; da un lato si ponga cotone idrofilo inumidito con acqua e dall'altro il disidratante.

Si uniscano i due contenitori con nastro adesivo come in figura.

Si introducano 10 porcellini di terra attraverso il foro.

Si pongano i restanti nel terzo contenitore rimasto.

Si controlli l'attività degli animali, osservando quanti, in un certo intervallo di tempo (si verifichi ogni 30 secondi per 10 minuti), si trovino nella zona umida e quanti in quella secca e si registri in una tabella del tipo di quella rappresentata, l'attività degli animali; si prenda nota anche se si registra una qualche variazione di attività nel tempo da parte degli animali presenti nel recipiente in cui non esistono differenze ambientali.

Tempo (ogni trenta secondi)	Ambiente umido	Ambiente secco	Recipiente di controllo
0.00			
0.30			
1.00			
1.30			

Questa esperienza, operativamente piuttosto facile ma sufficientemente rigorosa, permette di evidenziare un semplice comportamento rigidamente programmato e di spiegare il significato sperimentale della "prova in bianco", rappresentata dall'osservazione condotta nel recipiente in cui non ci sono differenze di umidità.

Altre esperienze possono essere suggerite dagli studenti, utilizzando tecniche come quelle sopra descritte: si può verificare se gli animali preferiscono ambienti scuri o chiari, utilizzando un semplice coperchio di scatola da scarpe, il cui fondo sia stato dipinto per metà di nero e per metà di bianco. Dove si dirigono gli animali? Si dirigono direttamente nel luogo prescelto o il loro movimento sembra casuale? Si può variare la temperatura ambiente, o sottoporre gli animali a forte illuminazione, o ancora si può verificare se sono sensibili alle variazioni di acidità o basicità dell'ambiente, mettendo gocce di aceto o un po' di idrossido di sodio

Siti internet

Innumerevoli sono i siti internet italiani in cui semplici appassionati, o scuole raccontano le loro esperienze, come numerosi ormai anche in Italia sono i luoghi in cui si possono ammirare farfalle italiane o tropicali, si possono citare gli ormai innumerevoli giardini delle farfalle, come quelli di Milano, o presso il parco del Taro (Parma) o al parco di Miramare a Trieste, la *Collodi Butterfly House* a Collodi, vicino a Pescia (Pt), o presso la "Bolla" simulante la biosfera costruita da Enzo Piano nel Porto Antico di Genova. Innumerevoli sono anche i progetti di comuni che intendono costruire parchi in cui siano presenti piante che favoriscano la presenza di questi animali.

http://www.lucianabartolini.net/index.htm

Luciana Bartolini è un'appassionata naturalista dilettante; il suo sito è ricco di immagini di animali che sono presenti in Italia. Fotografare alcuni invertebrati "è stata una cura per non averne timore, guardarli attraverso l'obbiettivo della macchina digitale aiuta moltissimo".

http://digilander.libero.it/ropaloceri/

Sito a cura di Andrea Ustillani, biologo; tratta di farfalle di pianura e di montagna, foto di altri insetti e tanto altro ancora!

http://www.aracnofilia.org/

Sito dell' associazione italiana di aracnologia; vi sono descritti ragni locali – in particolare le fiabesche tarantole- ed esotici; sono descritti anche altri artropodi; molto belle le immagini. Nel sito è anche presente una chat e si fa riferimento a molte altre pagine web sugli animali.

http://www.funsci.com/index.htm

Semplici e interessanti esperimenti scientifici pensato per scienziati dilettanti

Libri

Guide per il riconoscimento degli animali e delle piante:

Hayman Peter; Hume Rob, La nuova guida del Birdwatcher, Muzzio, Montereggio, Mulazzo (MS), 2003

Chinery Michael, Guida degli insetti d'Europa. Atlante illustrato a colori, Muzzio, 2004

Pandolfi M.; Santolini R. *Trecento piante, fiori e animali che ognuno deve conoscere*. Muzzio, 2003

Suggeriamo alcuni libri di buona divulgazione scientifica che possono essere utilizzati anche in forma decontestualizzata, da studenti di scuola media; alcuni brani possono essere letti in classe anche negli ultima anni della scuola elementare.

Alleva, Enrico, *La mente animale. Un etologo e i suoi animali*, Einaudi, Torino, 2007

Il volume è una raccolta di saggi tratti da diversi articoli dell'A., pubblicati su varie riviste e spazia su diversi temi etologici. Molti saggi sono incentrati sulle trasformazioni apportate dall'uomo al mondo animale. Non mancano argomenti curiosi e divertenti, come quelle riguardante il comportamento sessuale delle galline che si scelgono il proprio partner, del caso della pavona Ginetta, che, dopo aver studiato l'autore e sua moglie, finisce per adottarli.

Celli, Giorgio, *La mente dell'ape. Considerazioni tra etologia e filosofia,* Compositori, Bologna, 2008

L'A. racconta in modo divertente l'affascinante mondo delle api.
Coco, Manuele, Ospiti ingrati, Nottetempo, Roma, 2007
L'A. illustra le caratteristiche degli organismi sinantropici, che accompagnano, senza che noi ne siamo sempre consapevoli, la nostra vita. Parla pertanto di gabbiani, piccioni, ratti e topi, pidocchi, zecche, zanzare e pappataci, senza dimenticare le meduse e gli altri celenterati.
Dewdney Alexander K. Hungry Hollow, *Racconti da un luogo naturale*, Bollati Boringhieri, 2005
L'A. descrive il luogo delle sue osservazioni naturalistiche, Hungry Hollow, nell'Ontario, una valle fluviale,costituita da un altopiano ricoperto da foreste e una pianura di origine alluvionale e guida il lettore alla scoperta degli animali e delle piante che convivono in questo territorio.
Insectwatching Osservare gli insetti in campagna e in città, Edagricole 2008,
Lorenz Konrad, *L'anello di re Salomone,* Adelphi, 1989
Uno dei libri più belli sul comportamento animale, adatto a partire dalla 4-5 elementare
Mainardi, Danilo, *La bella zoologia,* Cairo Publishing, Milano, 2008
L'A. racconta tante storie curiose di animali selvatici e domestici e del loro rapporto non sempre facile con l'uomo
Mainardi, Danilo, La strategia dell'aquila, Mondadori, Milano, 2001
L'A. racconta la storia naturale degli uccelli con il dichiarato scopo di evidenziare le analogie fra il loro comportamento e quello umano.
Fabre, Jean Henri[5] *Ricordi di un entomologo* Einaudi, 1972,
Fabre, Jean Henri, *Le meraviglie dell'istinto negli insetti*, Armando, 2007
Entrambi i libri del grande entomologo francese sono classici della letteratura naturalistica e numerose pagine si prestano bene ad una lettura decontestalizzata

[5] Alcuni brani del naturalista sono scaricabili gratuitamente al sito
http://onlinebooks.library.upenn.edu/webbin/book/lookupname?key=Fabre%2C%20Jean-Henri%2C%201823-1915

Come organizzare le investigazioni di laboratorio

Questo articolo si propone di esplorare varie tecniche utili per promuovere l'apprendimento attraverso le investigazioni in laboratorio. Esso si basa sul lavoro del Progetto OPENS (*Open-ended work in Science*) [1], nato per aiutare gli insegnanti ad inserire le attività investigative tra le normali attività scolastiche. I punti principali del progetto sono:
• Esplorare le potenzialità di apprendimento insite nel lavoro investigativo degli studenti.
• Lavorare con gli insegnanti per aiutarli a progettare investigazioni aperte.
• Sviluppare strategie di lavoro con i bambini nelle classi.
• Aiutare gli insegnanti a programmare e svolgere le prove di accertamento dell'apprendimento.
Discuteremo una strategia organizzativa globale per le lezioni di investigazione e le tattiche per gestire l'attività all'interno della struttura globale. Le tattiche comprendono:
• Come organizzare i gruppi nel laboratorio.
• Come aiutare gli studenti ad organizzare le proprie idee con schede di domande e tabelle di variabili.
• Questioni relative alla gestione delle risorse.

Una struttura per le lezioni investigative
A noi sembra che in una buona attività scolastica investigativa gli alunni devono essere attivamente impegnati nel pensare a ciò che fanno e devono poter ricorrere sia alle loro conoscenze e comprensioni preesistenti, sia a proprie strategie di esplorazione. Una lezione che si proponga di promuovere il coinvolgimento mentale attivo degli studenti deve motivarli a pensare che le investigazioni valgano lo sforzo richiesto e deve prevedere tempo perché pensino alle strategie ed ancora altro tempo perché riflettano su ciò che hanno imparato durante l'attività (Watson [1]).
Si può proporre (Jones e Kirk [2]) un'utile struttura delle lezioni di investigazione che prevede cinque fasi all'interno di una o più lezioni: 1) mettere a fuoco, 2) esplorare, 3) riferire, 4) consolidare, 5) applicare. Come adattare questo schema alla particolare situazione dipende dallo scopo dell'investigazione, da come s'inserisce nel piano didattico generale e dall'esperienza previa dell'insegnante e degli alunni. Un caso concreto in cui nel corso di alcune lezioni gli alunni hanno condotto un'investigazione sull'attrito, scelto tra quelli studiati dal progetto OPENS, ci aiuterà a descrivere le cinque fasi.

Mettere a fuoco
Questa fase ha lo scopo di risvegliare l'interesse degli alunni per il problema e di focalizzare la loro attenzione sugli aspetti più importanti. Si domanda agli alunni di individuare le cause per cui d'inverno è facile che le scarpe scivolino. Gli alunni, in gruppi di cinque o sei, compilarono liste di idee sulla scivolosità delle scarpe da cui ogni gruppo sceglie l'idea su cui desiderava approfondire l'indagine.

---

[1] Watson R.e Fairbrother R., "Open-ended work in Science (OPENS) Project: managing investigations in the laboratory", School Science Review, 75, 271, (dicembre 1993), tradotto a cura di Silvia Pugliese Jona in *LFnS*, Quaderno 6, XXIX, n. 3, Supplemento, luglio-settembre 1996.

Esplorare

Le investigazioni degli alunni servono per rispondere alle domande che essi stessi si sono poste e per esplorare più a fondo le loro prime ipotesi di risposta. Dapprima gli alunni indagano sulla scivolosità di scarpe vere, poi l'insegnante li chiama ad una discussione collettiva da cui emerge la difficoltà di controllare il gran numero di variabili presenti nelle scarpe. Gli alunni cominciano ad intravvedere la necessità di semplificare il problema e l'insegnante propone di studiare modelli di scarpa ricavati da un copertone di automobile. Un copertone viene tagliato in cinque parti con cui gli alunni investigano l'influenza di fattori quali l'area di contatto con il pavimento, il disegno del battistrada e l'effetto di una massa appoggiata sul copertone.

Riferire

Gli alunni riferiscono alla classe i risultati della loro particolare indagine e hanno l'opportunità d'interrogarsi reciprocamente su ciò che hanno trovato. I risultati e le idee furono dapprima discusse collettivamente dalla classe, poi gli studenti, lavorando individualmente, mettono su carta le idee acquisite sull'attrito. Infine tornano a lavorare in gruppi e, mettendo in comune i loro scritti, compilano delle liste (tab. 1).

Gruppo 1	**Gruppo 2**
Noi pensiamo questo sull'attrito:	
1. Penso di sapere che l'attrito è una forza tra due corpi.	L'attrito è una forza tra due oggetti, per esempio la scarpa e il tappeto.
2. Penso di sapere che deve esserci un qualche tipo di forza perché l'attrito si vede sul dinamometro prima che la scarpa si muova.	L'attrito è una forza quando la scarpa incontra il tappeto.
3. L'attrito è calore.	L'attrito si misura in newton.
4. L'attrito è una cosa che ti ferma quando scivoli.	T'impedisce di slittare.
5. La forza d'attrito si può misurare con un dinamometro.	T'impedisce di slittare sul tappeto.
6. L'attrito è una cosa che ti impedisce di scivolare sul pavimento della stanza.	L'attrito è una specie di forza.
	L'attrito è un'appiccicosità

Tabella 1. Le idee degli studenti sull'attrito.

Entrambi i gruppi della tabella 1 avevano imparato che l'attrito è una forza resistente che agisce sui corpi opponendosi alla forza motrice applicata, che è presente sia quando il corpo è fermo sia quando è in moto e che è misurabile. Il Gruppo 1 associa l'attrito al riscaldamento e il Gruppo 2 l'associa all'adesione. Grazie a questa sessione gli alunni possono esplicitare ciò che hanno appreso e l'insegnante può ricavare indicazioni su come procedere per far progredire ulteriormente le loro idee.

Consolidare

L'insegnante e gli studenti usano le informazioni raggiunte per estendere ulteriormente conoscenze, comprensione ed abilità operative. L'insegnante parla della direzione della

forza di attrito e gli alunni trovano la relazione tra questo concetto e ciò che hanno osservato indagando sull'attrito del copertone.

Applicare

Gli alunni intraprendono altre indagini utilizzando le nuove idee ed altre informazioni fornite dall'insegnante, oppure applicano le idee ad esercizi scritti di carattere più formale. Le conoscenze e la comprensione dell'attrito sono applicate alla sicurezza nel traffico considerando fattori quali il battistrada delle gomme e le velocità di sicurezza su strade di diversi tipi.

Gli studenti apprezzano il modo in cui questa organizzazione delle lezioni permette di utilizzare le loro stesse idee durante l'indagine:

- Finora non avevo mai avuto bisogno di pensare alle cose che già sapevo prima di cominciare un esperimento. Penso che questo lavoro mi è piaciuto perché posso scrivere le cose che sapevo e mi ha aiutato a pensare a quello che facevamo.

Le idee generate nella fase "riferire" (tab. 1) illustrano quanto la struttura della lezione sia efficace nel sollecitare la riflessione sui concetti coinvolti nell'investigazione.

Tattiche di gestione delle investigazioni

Organizzare il lavoro dei gruppi può essere una cosa problematica. Un insegnante osserva:

- Mi preoccupa il tempo che spendo con un gruppo... per accertarmi che stiano davvero lavorando e che sappiano che cosa stanno facendo. Mi innervosisce. Una volta che cominciano a parlare sono così entusiasti che non vorresti mai andare via, ma sai che ci sono altri cinque gruppi...

Gli insegnanti di scienze spesso dividono la classe in gruppetti di due o tre studenti perché il materiale non è sufficiente per farli lavorare individualmente. Nelle attività di investigazione è utile prendere in considerazione una maggiore varietà di schemi di raggruppamento perché:

• Spesso le investigazioni si svolgono in stadi successivi con scopi diversi e spesso sono desiderabili gruppi di dimensioni diverse a seconda dello scopo di ciascuno stadio.

• L'insegnante, che svolge il ruolo di consulente, deve essere a disposizione degli studenti man mano che definiscono i loro progetti e portano avanti l'esperimento e deve trovare il tempo per discutere il lavoro di ciascun gruppo.

• Tipi diversi di investigazione possono richiedere criteri di raggruppamento diversi.

È anche importante che gli studenti si abituino a lavorare in gruppi di dimensioni diverse. Per esempio, se fossero solo abituati a lavorare in gruppi composti da due o tre persone potrebbero aver bisogno di aiuto per imparare ad organizzarsi e per adattarsi a lavorare in gruppi di cinque o sei. Il gruppo-classe nella sua interezza va bene quando si introduce il contesto dell'investigazione o si mettono in confronto le idee.

Gruppi di cinque o sei studenti funzionano bene durante gli stadi di progettazione e di riflessione sulle strategie di lavoro e quando gli studenti riflettono sulle conoscenze e sulla comprensione acquistate. I vantaggi dei gruppi grandi sono che generano un maggior numero di idee e riducono il numero di gruppi con cui l'insegnante deve interagire: è molto più facile per l'insegnante parlare con sei gruppi di cinque che con

quindici gruppi di due studenti. I gruppi più piccoli, di due o tre studenti, vanno bene per svolgere il lavoro pratico perché tutti possono essere coinvolti nel realizzare i progetti e nel compiere le attività pratiche. Il lavoro individuale è utile nelle fasi di progettazione e di riflessione sui risultati e quando si deve mettere ordine nelle proprie idee per scrivere una relazione.
Le lezioni descritte sopra iniziano con una discussione che coinvolge tutta la classe. Poi l'insegnante passa rapidamente a un'attività in cui gli alunni, a gruppi di cinque o sei, mettono in comune le loro idee su quali siamo i fattori importanti da considerare per le scarpe invernali. Questi gruppi poi progettano il lavoro di ricerca ma si suddivdono in gruppi più piccoli per eseguirlo. Circolando per la classe durante il lavoro pratico, l'insegnante giudica di volta in volta se occorre parlare con i singoli oppure con i piccoli gruppi oppure se è il caso di chiamare a raccolta i gruppi più grandi per discutere i risultati ottenuti e ciò che hanno appreso durante l'investigazione. Infine gli alunni scrvono una relazione individuale. Ecco alcuni tipici commenti su questo metodo di lavoro.
- Alunno: Ci siamo divisi per il lavoro e poi siamo tornati insieme e ci siamo aiutati a vicenda e abbiamo lavorato per vedere se riuscivamo a capirlo... era bello... un sacco di lavoro insieme.
- Insegnante: Ho potuto dedicare più tempo ad ogni gruppo di alunni. Raggruppandoli così ed anche grazie al "questionario" ho potuto vedere la maggior parte del loro lavoro.

Come usare i questionari e le tabelle di variabili
È improbabile che un alunno completamente privo di indicazioni da parte dell'insegnante riesca a portare a termine un'investigazione scientifica.
Questo è uno dei più forti ostacoli all'adozione del lavoro aperto nella scuola. Gli insegnanti abituati ad esercitazioni pratiche fortemente strutturate che vogliano iniziare attività più aperte sono molto incerti sull'entità dell'aiuto da dare agli alunni. Per esempio in alcune scuole dove le "indagini" sono state precedentemente fortemente guidate, alcuni docenti credono che nel lavoro aperto gli studenti debbano essere lasciati soli o con pochissima guida. Per molti alunni il salto dal lavoro pratico chiuso a quello aperto è stato troppo grande, ed essi sono incapaci di portarlo a termine. Le tecniche che ora descriveremo svolgono due importanti funzioni verso la soluzione di questi problemi:
• Provvedono una strutturazione della situazione aperta.
• Aiutano gli alunni ad esplicitare le proprie idee e quindi ad aprire la discussione.
L'insegnante può guidare gli studenti con apposite domande, formulate verbalmente ai gruppi o ai singoli o raccolte in una scheda di lavoro (tabella 2 della pagina seguente). La scheda è alquanto diversa dalle solite schede di lavoro in quanto non dice agli alunni che cosa devono fare; il suo scopo è infatti di condurre gli alunni ad esplicitare le proprie idee. Per l'insegnante, la scheda apre una finestra sui processi mentali degli studenti. Quando l'insegnante si avvicina ad un gruppo o ad un singolo, una rapida occhiata alle risposte scritte sulla scheda gli dirà come ragiona lo studente che svolge l'investigazione. Le domande, siano esse formulate oralmente o per iscritto, sono costruite in modo da aiutare gli studenti a progredire nell'attività, a focalizzare l'attenzione sulle diverse possibilità ad acquistare abilità, procedure, conoscenze e concetti. Domande come quelle della tabella 2 possono servire ad esplicitare i seguenti aspetti:

Domande per gli studenti
La mia domanda a cui voglio rispondere a proposito di_____ è_____
Ciò che mi propongo di trovare è
Ciò che so già su questo argomento è
Ciò che penso accadrà è
Penso che questo accadrà perché
II materiale che mi serve è (va bene anche un disegno)
Bisogna separare le variabili?
Perché bisogna separare le variabili?
Cosa farò per separare le variabili?
Che cosa è successo durante l'esperimento?
È successo qualcosa di diverso da quello che avevo previsto?
Che cosa ho trovato che non sapevo già?

Tabella 2. Domande per studenti nelle indagini aperte.

• Come gli studenti interpretano il problema e quali conoscenze e comprensioni utilizzano per lo svolgimento dell'investigazione.
• Quali sono le idee che danno forma alla ricerca e cosa prevedono che accadrà. Spesso gli studenti hanno delle aspettative sul risultato della loro indagine. Le aspettative influiscono su ciò che osserveranno e su come procederanno.
• Riflessioni sul processo d'indagine e su ciò che hanno imparato.

Gli aspetti da mettere in rilievo in una particolare attività dipendono dagli obiettivi della lezione. Rendendo esplicite le loro idee, l'attenzione degli alunni può essere focalizzata sulla formulazione di previsioni ed ipotesi, su come utilizzare le conoscenze previe e su come imparare dall'investigazione riflettendo su di essa. Uno studente osserva:

- Penso che abbiamo imparato di più perche l'abbiamo scritto... abbiamo scritto le cose che pensavamo... ci abbiamo davvero dovuto pensare... e servito davvero per imparare.

Inoltre, con domande come queste l'insegnante può identificare i pensieri degli studenti ed essere aiutato a guidarli in modo adeguato. Per esempio gli insegnanti possono focalizzare l'attenzione sulle strategie seguite dagli alunni per procurarsi i dati o su come controllano le variabili, oppure possono servirsi delle domande per sviluppare le loro conoscenze e comprensione.

Un insegnante commenta: Quella scheda funziona davvero bene. Voglio dire: la propongo, ci metto mezza lezione, ma alla fine e tempo guadagnato... Mi evita delle frustrazioni e dà a me e agli alunni un'idea più precisa di quello che sono capaci di fare... Fornisce un inquadramento per svolgere la ricerca senza fornire le risposte.

Un altro dispositivo dimostratosi utile è la "tabella delle variabili", che può essere presentata alla classe nel corso di una discussione sulle variabili coinvolte nell'indagine. La tabella 3 riporta la compilazione fatta da un gruppo di alunni per un'indagine sull'effetto della luce sulla crescita delle piante. Si consegna agli studenti una tabella vuota, priva d'intestazioni, e si chiede di individuare le principali variabili che interessano l'investigazione. Dapprima si suggerisce di scrivere su un foglio a parte una lista di tutte le "cose" che si sarebbero potute cambiare. Poi si domanda di scegliere la variabile oggetto dell'indagine (in questo caso la scelta è la "crescita"): questa, la variabile dipendente, viene posta nell'ultima colonna della tabella. Tutte le variabili che possono

influire sulla crescita vanno ad occupare le intestazioni delle altre colonne. Gli studenti scelgono poi una di queste come variabile indipendente (in questo caso la "quantità di luce") e stabiliscono per essa diverse condizioni. La tabella aiuta gli studenti ad organizzare il pensiero. Con un'occhiata l'insegnante può vedere quali sono le variabili individuate e controllate dagli studenti, e capire quali sono le loro idee sull'attività.
Gli studenti e gli insegnanti apprezzano l'utilità della tabella:
- Un alunno: La tabella mi ha aiutato a pensare a quello che stavo cercando di fare nell'esperimento.
Insegnante: Usando la tabella hanno capito molto presto come si fa a separare le variabili.
Insegnante: In termini di accertamento, le tabelle mi hanno aiutato ad individuare che cosa intendevano indagare e se stavano seguendo una procedura corretta.

Variabili per la crescita				
Acqua	Torrenti	Pianta (erba germogliata)	Quantità di luce	Crescita
20 cm^3 al giorno	1 sacco di terriccio	2 cm	Armadio buio	
20 cm^3 al giorno	1 sacco di terriccio	2 cm	luce naturale	
20 cm^3 al giorno	1 sacco di terriccio	2 cm	lampadina da 40 W accesa 24 ore	...

Tabella 3. Analisi delle variabili compilata da un alunno.

Gestione delle risorse

Di solito nelle investigazioni aperte gli studenti hanno la possibilità di scegliere liberamente i procedimenti di lavoro. Per quanto riguarda le risorse ciò significa che: gli alunni devono programmare in anticipo per procurarsi in tempo gli apparecchi che occorrono, o deve essere resa disponibile un'ampia scelta di risorse.
Entrambe le possibilità presentano vantaggi e svantaggi. Per gli studenti è difficile programmare in anticipo e capire quali strumenti useranno senza aver sottoposto le loro idee a prove preliminari. Le nostre osservazioni mostrano che gli studenti riusciranno più facilmente ad impegnarsi con successo nell'indagine aperta se hanno avuto occasione di maneggiare almeno una parte della strumentazione in una fase precoce del lavoro. Per esempio, in un'indagine in cui bisogna determinare l'infiammabilità di alcuni materiali gli studenti sono incapaci di formulare un buon piano di lavoro prima di aver visto che certi materiali messi nella fiamma di un becco Bunsen si incendiano ed altri fondono ed inoltre che e anche importante la loro posizione all'interno della fiamma. Saper scegliere gli strumenti necessari tra una gamma di dispositivi può essere difficile soprattutto se non si conoscono le abitudini di lavoro degli studenti. Se sono abituati a trovare tutto il materiale già preparato possono pensare che il materiale disponibile debba essere tutto adoperato. Inoltre è difficile prevedere tutti i gli sviluppi possibili e gli interventi degli studenti o provvedere materiale che si adatti a un ampio ventaglio di possibilità. Un buon compromesso potrebbe essere quello di mettere a disposizione una quantità limitata di materiale, chiarendo che altro materiale sarà disponibile nella lezione seguente per chi lo richiede in anticipo.

Conclusione

Una differenza significativa tra le attività d'indagine sperimentale aperte e molte tradizionali attività di laboratorio è il grado di coinvolgimento degli alunni nella progettazione del processo d'indagine stessa. Essi devono richiamare le loro conoscenze e ciò che hanno compreso, utilizzare le loro abilità pratiche e procedurali ed integrare il tutto in una coerente strategia di azione. Man mano che compiono osservazioni e misurazioni devono valutare l'utilità dei dati e decidere come elaborarli. La struttura delle lezioni deve, perciò, prevedere il tempo occorrente per la riflessione. Le tattiche suggerite in questo articolo per organizzare i gruppi di lavoro e le risorse, per scoprire il pensiero degli alunni e per discutere le loro idee, aiutano insegnanti e studenti a maneggiare una situazione più aperta. Il lavoro di laboratorio aperto non significa che gli insegnanti debbano astenersi dall'intervenire, ma piuttosto che la natura del loro intervento cambia, ponendosi l'obiettivo di fornire un certo grado di strutturazione alla situazione aperta.

Le opinioni espresse in questo articolo sono quelle degli autori e non riflettono necessariamente quelle del Ministero dell'istruzione che finanziò il progetto OPENS, né di alcun'altra organizzazione ministeriale.

Bibliografia

[1] J.R. Watson, "Students' engagement in practical problem-solving: a case study", *Int. J. Sc. Educ.* 16, 1 (1994), p. 27-44.

[2] A.T. Jones, CM. Kirk, "Introducing technological applications into the physics classroom: help or hindrance to learning?", *Int. J. Sc. Educ.,* 12, 5 (1990), p. 481-9

Esperimenti a sorpresa con lattine e bottiglie di plastica

Nelle prime pagine di questo volume avete letto come sia importante il fattore emozionale ai fini di un apprendimento a lungo termine. Vi proponiamo [1] allora una serie di esperienze, facilmente realizzabili, che vogliono dichiaratamente stupire. Gli Autori però sottolineano anche un altro aspetto a nostro avviso molto importante: si possono dare come compito a casa. È un buon segnale per confermare nella mente dei ragazzi (e dei genitori) che fare esperienze è una attività rilevante come fare esercizi o studiare sui manuali ed è parte integrante, ineludibile, delle discipline scientifico sperimentali.

Gli esperimenti che danno risultati inaspettati suscitano spontaneamente la curiosità degli alunni e possono, perciò, contribuire in modo determinante a destare in loro un interesse vivo e duraturo nei confronti del tema trattato. La contraddizione tra il risultato ottenuto e quello atteso risulta ancora più evidente per il fatto che lo sbalordimento porta ad esprimere opinioni poco meditate, senza alcuna analisi fondata delle condizioni reali. Ne risultano spiegazioni del tutto o in parte insoddisfacenti, che gli alunni stessi possono confutare con facilità. Gli "esperimenti sorprendenti" costituiscono perciò per l'insegnante degli strumenti importanti dal punto di vista della metodologia didattica, in quanto fanno sì che gli alunni prendano coscienza delle lacune nella loro preparazione e si sentano indotti a colmarle in modo mirato. Il fallimento dei primi tentativi di soluzione contribuisce in modo sostanziale al coinvolgimento degli alunni. Perciò questi esperimenti devono venire usati consapevolmente per organizzare fasi di alta partecipazione degli alunni. Proprio per la loro natura, molti esperimenti sorprendenti o sbalorditivi danno risultati non facili da spiegare L'insegnante deve decidere in anticipo, per ogni esperimento, quale obiettivo didattico possa perseguire e quale ampiezza possa o voglia dare alla sua spiegazione. Non è il caso di mostrare la pura e semplice esibizione di un fenomeno o di un processo, solo per destare l'attenzione degli alunni: in ogni caso è necessaria una spiegazione, sia pure non sempre molto approfondita. Solo così si raggiunge l'obiettivo previsto e gli alunni vengono incoraggiati ad applicare le conoscenze acquisite e ad inquadrare nel loro sistema concettuale i fenomeni ed i processi osservati.
Poiché l'esibizione di un esperimento sorprendente o sbalorditivo è spesso possibile in diverse forme, si possono anche seguire approcci diversi, a seconda dei metodi o delle abitudini di lavoro. Gli esperimenti descritti si possono utilizzare, oltre che nella fase della motivazione all'apprendimento e dell'elaborazione manuale, anche per l'applicazione e la ripetizione come pure per il controllo e la valutazione. Poiché la spiegazione dei fenomeni esige un livello diverso di conoscenza a seconda della forma scelta per i rispettivi esperimenti, si raccomanda di non introdurre prima della fase di consolidamento ì dispositivi più elaborati, in cui i nessi concettuali non risultano sempre facilmente percepibili.

---

1 Antje Krause, Hans-Joachim Wilke, "Esperimenti a sorpresa con lattine e bottiglie di plastica", *LFnS*, XXX, n.1, gennaio-marzo 1997

Il fatto che i vari apparati sperimentali presentino difficoltà di grado diverso permette anche di porre domande differenziate; agli alunni più dotati possono venire assegnati compiti di maggiore impegno. Questo modo di procedere è vantaggioso in quanto i fenomeni mostrati interessano indistintamente tutti gli alunni e li inducono a riflettere, anche se poi non tutti sono in grado di arrivare da soli alla spiegazione o se la qualità delle spiegazioni non è sempre la stessa.

Uso di mezzi semplici nell'esecuzione di esperimenti sorprendenti

Oggi si accumulano nelle case lattine di birra o di bibite varie e grandi bottiglie di plastica trasparente, per es. quelle dell'acqua minerale. Questi recipienti presentano il vantaggio di essere facilmente disponibili e di essere oggetti di uso comune per gli alunni; inoltre le loro proprietà li rendono sorprendentemente adatti per determinati esperimenti. Per le possibilità di impiego delle lattine sono determinanti soprattutto la forma, le dimensioni e il materiale. Di solito l'apertura della lattina deve venir preparata in modo appropriato. Nei casi più semplici si può allargare con una lima; se, invece, il coperchio deve essere tolto completamente, si consiglia di procedere così: si passa sopra lo spigolo superiore della lattina tutt'intorno con una grossa lima e poi si mola con un disco per smerigliare. Basta asportare meno di 1 mm della sporgenza per poter togliere il coperchio alla lattina.
Il bordo che rimane serve per ottenere una rifinitura liscia e pulita.
Per le bottiglie di plastica, il loro grande volume (almeno 1,5 l o più) permette di vedere molto bene gli esperimenti dimostrativi. Per la loro trasparenza si può osservare chiaramente tutto ciò che avviene all'interno.
Se si deve poter distinguere il liquido dallo spazio vuoto, è consigliabile colorare il liquido.
Un ulteriore pregio delle bottiglie di plastica consiste nella scarsa robustezza delle pareti. Infatti, pur possedendo la stabilità richiesta dai vari esperimenti, possono essere facilmente deformate nella misura desiderata con una leggera pressione esterna. Infine, sono facili da lavorare: in caso di bisogno, si possono praticare fori nella parete con un ago o con una punta delle forbici; con le forbici si possono anche, agevolmente, incidere o asportare intere parti di bottiglia.
Accanto a queste qualità, lattine e bottiglie di plastica presentano il vantaggio di trovarsi a disposizione degli alunni come dispositivi sperimentali sempre uguali. Perciò è possibile per loro ricostruire in ogni momento la disposizione sperimentale ed eseguire l'esperimento. Così, oltre ad assistere alla "dimostrazione" dell'esperimento fatta dalla cattedra, durante la lezione di fisica, con questi mezzi gli alunni possono anche venir incoraggiati dall'insegnante a progettare da soli dispositivi sperimentali, a costruirli e provarli. In questo caso l'insegnante presenterà a scuola l'esperimento sorprendente realizzato con altri mezzi, poi lo assegnerà come compito per casa per la lezione successiva: gli alunni dovranno avere la possibilità di presentare durante la lezione i dispositivi sperimentali che hanno costruito personalmente. Questo è un compito che svolgono con molto piacere; inoltre in questo modo vengono stimolati a riprodurre questi esperimenti interessanti anche nella cerchia dei loro familiari o dei loro amici.
Diamo ora uno sguardo alle numerose possibilità sperimentali offerte da questi mezzi.

Realizzazione e studio di un moto uniforme

Una lattina viene riempita per un terzo circa del suo volume con un liquido viscoso. Sono adatti allo scopo glicerina, sciroppi, colori viscosi (ad es. colori ad olio). L'apertura della lattina viene chiusa. Se l'apertura è stata arrotondata con la lima si può usare un tappo di gomma. Per avere una rifinitura migliore, si può anche usare una lamina autoadesiva. La lattina viene poi appoggiata all'estremità superiore di un lungo piano inclinato (Fig. 1). Già dopo un tragitto di pochi centimetri, la lattina rotola lungo il piano inclinato con velocità costante.

Questo lento moto sbalordisce gli alunni. Il confronto con una seconda lattina con il contenuto originale, che si muove sullo stesso piano con moto accelerato, accentua la sorpresa. Il fluido viscoso aderisce alla parete interna della prima lattina e ne rallenta il moto. Si può sfruttare l'interesse suscitato dall'andamento inconsueto del moto della lattina per spingere i ragazzi ad analizzarne la particolarità. Lungo il piano vengono marcati dei segni a distanza regolare in modo da permettere una misura precisa di posizione o di spostamento. Gli alunni rilevano il tempo necessario per i singoli spostamenti con i loro orologi. Si possono anche fissare in anticipo gli intervalli di tempo e far rilevare agli alunni, con un righello, gli spazi corrispondenti. Questo procedimento presenta il vantaggio che, nella divisione necessaria per la determinazione della velocità, al denominatore si ha un numero di secondi opportunamente scelto.

Il pregio del dispositivo consiste soprattutto nel fatto che si possono ottenere velocità molto piccole e si possono far variare in un ampio intervallo, semplicemente variando l'inclinazione del piano. La velocità dipende anche dalla viscosità del liquido e dalla frazione di lattina che viene riempita Quanto più grande è la viscosità e più piccola la quantità di liquido usata, tanto più è piccola la velocità. Per realizzare un'apparecchiatura duratura, è particolarmente indicato il riempimento con glicerina. È allora possibile chiudere l'apertura, per es. con un pezzo di plastica o di latta fissato con colla a due componenti o con una pasta al silicone.

Fig. 1 Moto uniforme di una lattina parzialmente riempita con glicerina.

Prova della pressione atmosferica

L'apertura della lattina viene arrotondata con la lima, così che si possa chiudere bene con un tappo di gomma. Si versa all'interno circa 1 cm di acqua e si riscalda con la lattina ancora aperta. Si lascia uscire fuori il vapore e poi si chiude la lattina. Il procedimento migliore è quello di inserire fortemente il tappo nell'apertura, così da poterlo usare come manico per allontanare la lattina dalla fonte di calore. Si pone la lattina un po' sollevata in un recipiente largo e si bagna con acqua fredda. Il vapor d'acqua si condensa. L'acqua occupa ora solo circa 1/1800 del volume che il vapore occupava precedentemente. La lattina non può sopportare la pressione atmosferica e si accartoccia.

Fig. 2 Lattina schiacciata dalla pressione dell'aria.

L'esperimento sorprende gli alunni in misura notevole. Ci si possono aspettare tentativi di spiegazione soddisfacenti, soprattutto se gli alunni possiedono conoscenze sufficienti sull'ebollizione e la condensazione. La spiegazione dell'effetto dovrebbe risultare accurata, se si presentano, in successione o contemporaneamente, i singoli eventi:

- riscaldamento dell'acqua fino all'ebollizione
- spostamento dell'aria da parte del vapore

• condensazione del vapore e creazione del vuoto
• deformazione della lattina a causa della pressione atmosferica.

Spinta idrostatica, galleggiamento e fluttuazione

Le lattine sono eccellenti per realizzare corpi solidi di diversa densità. A questo scopo vengono riempite, possibilmente per intero, con trucioli, segatura, sabbia o limatura di ferro, a seconda della densità che ci si propone di ottenere. Per avere piccole densità si usano i trucioli. Se la densità deve essere maggiore, a questi si mescola della sabbia. Se si vuole ottenere una densità superiore a quella della sabbia, si può mescolarla con limatura o con pezzi di ferro più grandi.
Per ottenere una chiusura stabile conviene usare la colla. L'anello della lattina servirà per sostenerla, per es. per mezzo di un filo. Su ogni lattina sarà scritta, o comunque indicata in modo opportuno, la relativa densità.
Immergendo in acqua, acqua salata ed altri liquidi lattine apparentemente simili, ma di diversa densità, si possono realizzare esperienze sorprendenti relative al galleggiamento, alla fluttuazione ed al principio di Archimede in generale. A causa della considerevole dilatazione termica dell'acqua, si vedono andare a fondo in acqua calda lattine che a temperatura ambiente hanno una densità poco più piccola di 1 g/cm^3.

Mulinello ad acqua

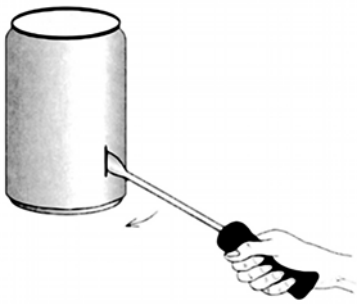


Fig. 3 Orientamento delle fenditure.

Con una lattina si può realizzare facilmente un mulinello ad acqua che gira velocemente, con meraviglia e divertimento degli alunni. L'anello sul coperchio va girato verso l'alto e per mezzo di un filo sottile viene appeso ad uno stativo. Prima si saranno incisi profondamente due fori nel rivestimento metallico cilindrico della lattina.
Con un coltello acuminato (attenzione!) si formano delle fessure lunghe pochi mm. Per allargarle si può usare un piccolo cacciavite che viene inserito nella fenditura e noi ruotato orizzontalmente di 90° (Fig. 3) In questo modo si ottengono aperture tangenti al rivestimento cilindrico. La lattina viene riempita d'acqua, dopo averla disposta sopra ad una bacinella. I due getti d'acqua che escono dalla lattina provocano una rapida rotazione (Fig. 4).

Fig. 4 Mulinello ad acqua.

Pompa ad inerzia

Ad una bottiglia di plastica, possibilmente stretta e dalle pareti lisce e robuste, viene tagliato il fondo. Al posto del tappo viene forzato sulla bottiglia un coperchio di gomma, che viene inciso orizzontalmente fino a metà con un taglia balsa (taglierino). In questo modo la sua parte superiore risulta leggermente mobile. La bottiglia viene immersa, per almeno 10 cm in un grosso recipiente con acqua. Ora si muove ripetutamente e rapidamente la bottiglia in su ed in giù. Con meraviglia degli alunni l'acqua si solleva sempre più in alto nella bottiglia fino a raggiungere il massimo dell'altezza ed a schizzare fuori dalla fessura praticata nel tappo (Fig. 5).
Questo effetto viene provocato dall'inerzia. Durante il moto verso l'alto il tappo rimane chiuso e l'acqua viene sollevata con la bottiglia. Durante l'arresto e la discesa della

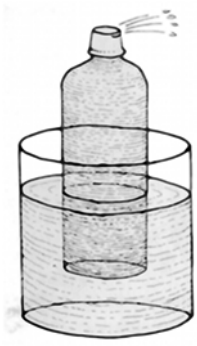


Fig. 5 Pompa ad inerzia.

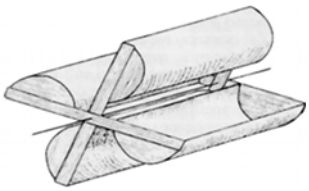


Fig. 6 Turbina a vento.

Fig. 7 Turbina a vento con dinamo.

Fig. 8 Turbina a vapore.

bottiglia l'acqua, per inerzia, rimane in alto e spinge fuori l'aria attraverso il tappo socchiuso. Quando tutta l'aria sarà uscita, sarà l'acqua ad uscire dall'apertura.

Turbine a vento

Con lattine usate come anemometri si possono costruire con la massima facilità delle turbine a vento che ruotano con grande stupore degli alunni. Il principio di funzionamento sta nel fatto che la mezza lattina, posta in una corrente d'aria, possiede un diverso coefficiente di resistenza all'aria a seconda che il vento urti sulla superficie concava o convessa. Nel primo caso ammonta a circa 0,3, nel secondo a 1,2.

Le pale della turbina si realizzano segando o tagliando la lattina. Nel caso più semplice si fissano quattro mezze lattine a due listelli disposti in croce e si fa passare un asse nel punto di incrocio dei listelli (Fig. 6). Per aumentare la stabilità dell'insieme, si può usare un cerchio di metallo o un disco di plastica di almeno 20 cm di diametro. Con un diametro di 30 cm si possono usare sei mezze lattine di birra. All'aumentare del numero delle lattine, cresce anche l'efficienza della turbina a vento.

Se si monta una dinamo direttamente sull'asse, si può ottenere molto facilmente un generatore di energia elettrica (Fig. 7). In questo modo gli alunni possono costruirsi con facilità un modello funzionante e duraturo di generatore eolico, da disporre in giardino, su un balcone o direttamente davanti ad una finestra. Come risulta dalle misure, la potenza elettrica che si ottiene arriva a qualche watt.

Turbina a vapore

Una semplice turbina a vapore si ottiene con un procedimento analogo a quello seguito nella realizzazione del mulinello ad acqua. Le due aperture laterali vengono, però, incise più in alto sotto al coperchio della lattina. La turbina viene riempita con un po' d'acqua e l'apertura superiore viene chiusa con un tappo. Si riscalda la lattina su una fiamma (si può utilizzare un fornello da campeggio o un Bunsen con termocoppia di sicurezza), fino a quando l'acqua bolle: per effetto della reazione la turbina comincia a girare rapidamente (Fig. 8).

Distribuzione uniforme della pressione nei liquidi

Nella parte superiore di una bottiglia di plastica a pareti sottili vengono praticati circa dieci fori. Affinchè le aperture non si richiudano, è opportuno usare un ago sottile riscaldato su una fiamma. I fori devono essere distribuiti tutt' intorno alla bottiglia, e diretti alcuni di lato (sulla parete verticale), altri obliqua-

Fig. 9 Bottiglia di plastica con fori.

Fig. 10 Distribuzione uniforme della pressione in tutte le direzioni in un liquido.

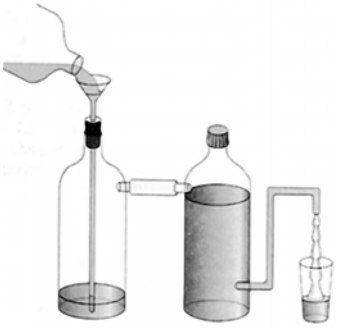


Fig. 11 Principio del mescitore di vino automatico di Erone.

Fig. 12 Compressibilità dell'aria.

mente verso l'alto (nella incurvatura verso il collo della bottiglia) ed altri ancora direttamente verso l'alto (nel tappo) (Fig. 9). La bottiglia viene riempita d'acqua fino ai fori e chiusa strettamente. Poi si inclina la bottiglia con la chiusura verso il basso e si preme con forza con tutte e due le mani sulla parete laterale. Con divertimento degli alunni l'acqua zampilla da ogni apertura nella rispettiva direzione (Fig, 10). Sebbene si prema sulla bottiglia solo da una parte, i vari zampilli spruzzano in direzioni del tutto diverse.

Il distributore di vino di Erone

Nella parte superiore di due bottiglie di plastica viene praticato un foro laterale. In ognuna di queste aperture viene incollato orizzontalmente con adesivo universale un pezzetto di tubo corto e sottile (per esempio una cannuccia da bibite robusta). I due pezzi di cannuccia vengono collegati insieme con un tubicino. La prima bottiglia viene chiusa con un lappo forato. Attraverso questo foro passa un cannello che scende profondamente nella bottiglia e che termina nella sua estremità superiore con un imbuto. La seconda bottiglia viene munita, appena sopra al fondo, di un altro foro disposto di fronte alla posizione dove si trova la cannuccia. In questa apertura viene incollato un tubicino che piega ad angolo retto verso l'alto. Questo arriva a circa 5 cm sotto l'apertura della bottiglia e qua si piega nuovamente, in modo da percorrere pochi centimetri in orizzontale; termina poi in uno sbocco diretto verso il basso. Si riempie la seconda bottiglia con dell'acqua colorata (in sostituzione del vino rosso) fino al foro con la cannuccia. Poi si chiude con il tappo a vite e si sistema sull'intero apparato un cartone, dal quale sporgono solamente l'imbuto in alto e l'apertura di uscita sul lato. Ora si versa un po' di acqua nell'imbuto. Con meraviglia degli scolari, dal mescitore automatico esce acqua colorata (vino rosso) (Fig. 11). Esce esattamente tanta acqua colorata quanta ne entra, incolore, nell'imbuto. Questo avviene per lo spostamento di uguali volumi di aria dalla prima bottiglia alla seconda. In questo modo fu possibile ad Erone "trasformare" l'acqua in vino.

Comprimibilità dell'aria (palla di Erone)

Con il dispositivo rappresentato in fig. 12 si può mostrare in maniera convincente la comprimibilità dell'aria. A questo scopo, si soffia con forza dell'aria nella bottiglia (con un breve tubo che si spinge nell'apertura: le bollicine che salgono nell'acqua mostrano che l'aria sta entrando). Quando si smette di soffiare, con meraviglia degli alunni, l'acqua fluisce a fontana dal tubicino (Fig. 13). All'interno della bottiglia la pressione è aumentata, a causa

Fig. 13 Palla di Erone.

dell'aria soffiata dentro; l'aria compressa, dilatandosi, spinge l'acqua fuori dalla bottiglia. La pressione può anche essere esercitata con le mani sulle pareti della bottiglia. L'esperimento mostra che la pressione nei liquidi e nei gas si distribuisce allo stesso modo in tutte le direzioni: infatti, la forza di pressione delle mani, diretta orizzontalmente, provoca un aumento della pressione dell'aria nella bottiglia. Questa esercita una forza di pressione verticale verso il basso sulla superficie dell'acqua, in conseguenza, all'interno dell'acqua la pressione aumenta uniformemente in tutte le direzioni, così che l'acqua viene spinta verso l'alto e fuoriesce dal tubicino.

Diavoletto di Cartesio

Una bottiglia di plastica trasparente viene riempita completamente d'acqua. Nella bottiglia si pone un pezzo cilindrico di polistirolo, appesantito al punto giusto con una vite da legno: deve essere abbastanza pesante da lasciar sporgere il pezzo di polistirolo dall'acqua solo per un quarto. Poi la bottiglia viene chiusa bene. Se si preme forte sulla parete della bottiglia il "diavoletto" si immerge; se si cessa di premere, risale. Quando la pressione aumenta, l'acqua entra nei pori del polistirolo, quando la pressione diminuisce, l'acqua viene spinta fuori dall'aria compressa nel polistirolo. Il comportamento del diavoletto di Cartesio meraviglia gli alunni per il fatto che lo stesso corpo per un certo tempo galleggia, poi va a fondo o fluttua nell'acqua. Questo è dovuto al fatto che la densità effettiva del corpo viene variata dall'esterno.

La spiegazione del fenomeno richiede dagli alunni la comprensione della seguente catena di avvenimenti e di concetti: -Applicazione della forza alle pareti del recipiente - Diminuzione del volume della bottiglia -Aumento della pressione nel liquido - Distribuzione della pressione in tutte le direzioni nel liquido Incompressibilità dell'acqua - Compressibilità dell'aria nel diavoletto - Compressione dell'aria nel diavoletto a causa dell'acqua che vi entra -Aumento della massa del diavoletto e della sua effettiva densità -Immersione del diavoletto nell'acqua, che ha ora una densità inferiore a quella del diavoletto.

Quando cessa la pressione si ristabiliscono le condizioni iniziali.

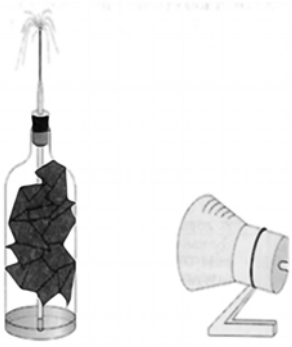


Fig. 14 Fontana solare di Erone

La fontana solare di Erone

Il funzionamento della sfera di Erone (Fig. 13) può venire variato aggiungendo nella bottiglia un foglio di carta carbone leggermente spiegazzata. Questa deve occupare l'interno della bottiglia in modo tale che non ci si possa vedere attraverso. Si versano nella bottiglia pochi centimetri cubi di acqua, poi si tappa e si pone al sole o a circa 1/2 m di distanza da una lampada a raggi infrarossi accesa (Fig. 14). Con meraviglia e divertimento degli alunni, dal tubicino esce una fontanella di acqua. La radiazione solare o quella della lampada viene assorbita dalla carta nera. In questo modo si scaldano la carta e l'aria nella bottiglia. La pressione aumenta e spinge l'acqua attraverso il tubo fuori dalla bottiglia.

Erone di Alessandria deve aver avuto nel suo giardino una fontana che funzionava secondo questo principio. La fontana funzionava solo all'apparire del sole.

La fontana incantata di Pascal

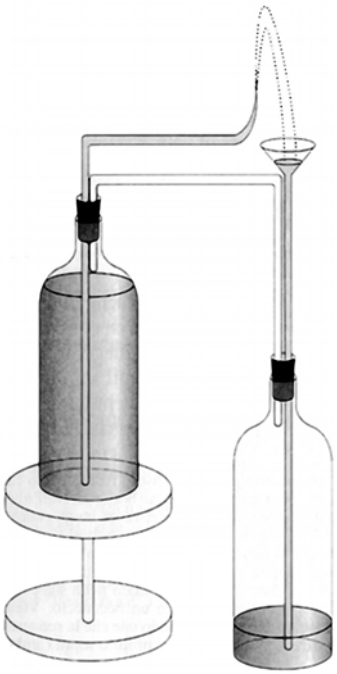


Fig. 15 Fontana magica di Pascal.

Una fontana incantata di Pascal si può fabbricare nel modo più semplice con due bottiglie di plastica. Ogni bottiglia viene chiusa con un tappo su cui sono stati praticati due fori. Una delle due bottiglie deve essere posta ad un livello di almeno 20 cm superiore a quello dell'altra. In uno dei due fori di ciascuna bottiglia viene inserito un tubicino che mette in comunicazione le due bottiglie. Nell'altro foro di ciascun tappo si inserisce un lungo cannello che scende fino al fondo delle bottiglie. Il cannello che si trova nella bottiglia posta a livello inferiore termina in un imbuto. Il lungo cannello nella seconda bottiglia viene ristretto nella sua estremità superiore per formare un beccuccio. Viene poi piegato due volte, in modo tale che la sua apertura, diretta verso l'alto, stia proprio sopra l'imbuto dell'altra bottiglia. La bottiglia che sta più in alto viene riempita completamente d'acqua. Dopo essersi accuratamente assicurati che tutti i tappi e le aperture siano a tenuta, si versa acqua nell'imbuto fino a che non risulta pieno circa fino a metà. Dal beccuccio esce allora uno zampillo di acqua (Fig. 15). La stessa quantità di acqua che entra nell'imbuto, rifluisce nella bottiglia che si trova più in alto. Questo andamento si protrae fino a quando tutta l'acqua che stava nella bottiglia in alto è defluita in quella posta in basso. Con un beccuccio di piccola sezione, la fontana continua a funzionare per molti minuti.

L'energia richiesta per far scorrere l'acqua deriva dalla diversa altezza del livello superiore del liquido nelle due bottiglie. L'aria nella bottiglia posta più in basso è sottoposta alla pressione della colonna di liquido che sta nel tubo provvisto di imbuto (~ 70 cm di acqua). La stessa pressione viene esercitata nell'altra bottiglia e spinge verso l'alto la colonna d'acqua, che nel tubo con il beccuccio ha un'altezza di solo 20 cm.

La teiera magica indiana

Si può realizzare una teiera magica indiana, se si dispone di una teiera che abbia un coperchio, e quindi una apertura superiore, di diametro abbastanza grande da potervi inserire una bottiglia di plastica. Della bottiglia si utilizza solo la parte inferiore, tagliata ad una altezza tale che la teiera la possa contenere e possa essere chiusa con il suo coperchio. Nel bordo superiore della bottiglia tagliata, si pratica una incisione di 2 o 3 cm.

Fig. 16 Teiera magica indiana (costruzione).

Ora si capovolge la bottiglia e se ne incolla il bordo sul fondo della teiera. Per questo uso si presta bene una colla elastica al silicone. L'incisione deve venire a trovarsi dalla parte del manico della teiera. Nel fondo della bottiglia viene praticata una piccola apertura circolare che si possa chiudere con un tappo (Fig. 16). La teiera viene riempita completamente di acqua, l'apertura chiusa con il tappo e il coperchio posto sulla teiera. Ora la teiera magica è pronta a funzionare! Si versa dalla teiera tanta acqua fino a quando questa non è apparentemente vuota. Poi si depone la teiera e si versa di nuovo, finché l'acqua non si esaurisce un'altra volta (Fig. 17). L'esperimento può venir ripetuto più volte.

Fig. 17 Teiera magica Indiana (funzionamento).

Con stupore degli alunni l'acqua riprende sempre a fluire. Ogni volta che la teiera viene appoggiata, l'acqua scorre dal recipiente di plastica nella parte esterna della teiera. Mentre questa acqua viene versata, l'altra acqua non può uscire dalla bottiglia, cosa che, invece, è ancora possibile solo quando la teiera è di nuovo orizzontale.

Perdita di peso di corpi in caduta libera

La palla di Erone viene riempita con pochi cm di acqua. Si soffia aria nella bottiglia fino a quando l'acqua non comincia a zampillare dall'orifizio.

Poi si aspetta fino a quando la fontana non si esaurisce: immediatamente si lascia cadere la bottiglia. Appena si è lasciata cadere, la fontanella d'acqua si rinnova. Prima della caduta, sull'aria nella bottiglia veniva esercitata una sovrapressione dalla colonna d'acqua che si trovava nel cannello. Perciò la pressione nella bottiglia era superiore alla pressione atmosferica. Durante la caduta l'acqua è priva di peso, perciò la colonna d'acqua non esercita più alcuna sovrapressione. La pressione dell'aria nella bottiglia, maggiore della pressione atmosferica esterna, spinge l'acqua fuori dall'orifizio.

L'esperienza si può fare anche con una bottiglia che abbia un foro laterale (Fig. 18) o sul fondo. L'apertura superiore viene lasciata aperta. Durante la caduta cessa il deflusso dell'acqua.

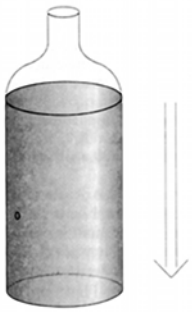


Fig. 18 Perdita di peso dell'acqua che cade.

Riflessione totale in uno zampillo di acqua

Una bottiglia di plastica viene tinteggiata di nero. A qualche cm dal fondo si lascia scoperta una macchia rotonda di ca. 20 mm di diametro. Nella parete opposta, alla stessa altezza, si pratica un foro di circa 4 mm di diametro. La bottiglia viene sistemata su un sostegno alto circa 25 cm. All'altezza della zona non annerita, si dispone un faretto, in modo che il suo fascio di luce, debolmente convergente, entri orizzontalmente nella bottiglia attraverso l'apertura. Si riempie d'acqua la bottiglia, tenendo chiuso il foro con un dito. Sotto l'apertura si dispone una piccola bacinella. Il getto d'acqua che defluisce viene osservato in una stanza buia (Fig. 19). Con stupore degli alunni il raggio si illumina in tutta la sua lunghezza: la luce segue la curvatura del raggio.

Questo avviene per le ripetute riflessioni totali, che portano la luce a percorrere un cammino a zig zag. Solo nei punti in cui la superficie dell'acqua è increspata, la luce può uscire in parte dal getto.

L'illuminazione cessa quando il getto si frammenta in gocce. Il contorno dell'apertura deve perciò essere liscio, in modo che nel getto si formino il meno possibile turbolenze e oscillazioni. Attualmente è possibile variare la sorgente luminosa sostituendola con un puntatore laser, di quelli a poco prezzo che si trovano con facilità. Questo accorgimento eviterà anche di dover annerire la bottiglia. Per spettacolarizzare ancora di più si suggerisce l'uso di un laser verde.

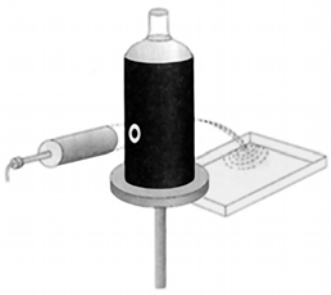


Fig. 19 Riflessione totale in uno zampillo d'acqua.

Lattine e bottiglie di plastica trasparenti sono indicate ancora per una quantità di esperimenti. Per le lattine, per esempio, alcuni di questi possono riguardare l'irraggiamento del calore (effetto serra, raffreddamento di un corpo in funzione del tipo e della grandezza della sua superficie esterna) o l'elettrostatica (pozzo di Faraday).
Con due bottiglie trasparenti fissate una sopra l'altra si può realizzare una grossa clessidra.
In una bottiglia riempita a metà di acqua e a metà di olio di macchina, si può osservare, disponendola orizzontalmente, il moto delle onde.
Gli esperimenti descritti possono così spingere gli alunni a riflettere sulle ulteriori possibilità sperimentali offerte dai mezzi più semplici.

Sembra facile.... esempi di esperienze fallaci

Vedere la rappresentazione iconica di un esperimento (che è poi la prima forma di simulazione) non equivale a farlo. Questa frase appare ovvia a tutti. Ma le cose non stanno proprio così se si va a guardare meglio. Vogliamo proporvi, a titolo d'esempio, lo stralcio di un articolo apparso sul numero 3 del 1996 de "La Fisica nella Scuola", scritto da Curzia Marchi Trevisi e dall'evocativo titolo **La potenza della suggestione.**

Premessa

Molti anni fa, nel 1973, a Venezia, in un Seminario internazionale sull'insegnamento della Fisica nelle scuole, un professore americano (mi pare si trattasse di Julian Miller)[1] in una relazione, trasformatasi poi in un divertente show, propose ai partecipanti il seguente dilemma: "se manteniamo costante il livello del liquido nel cilindro rappresentato in Fig.1a e Fig.1b, quale, delle due soluzioni proposte si può ritenere la più corretta?

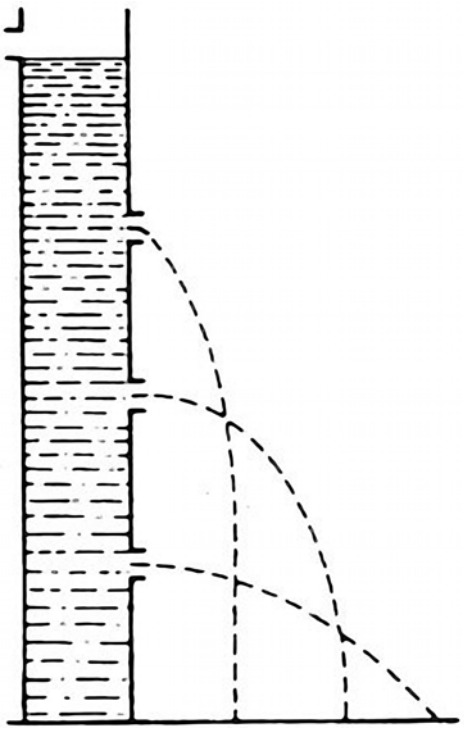


Fig. 1a

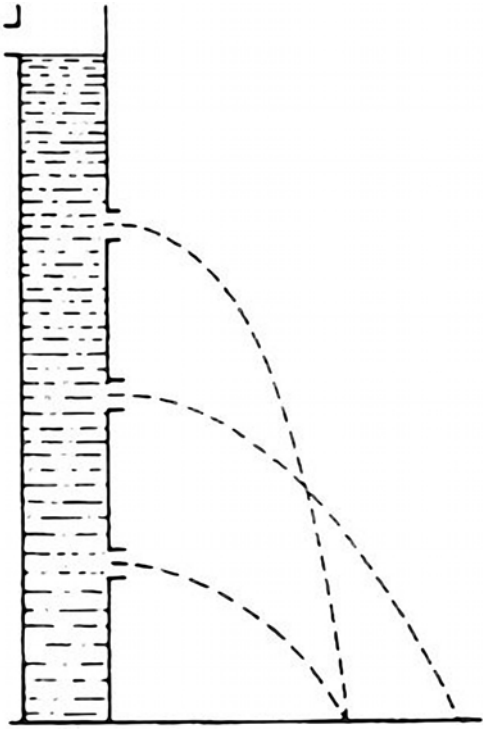


Fig. 1b

Ricordo che la maggior parte dei presenti optò per la prima soluzione, molti per prudenza si astennero, pochi indicarono la seconda soluzione.

Circa due anni fa ebbi la possibilità di leggere alcuni lavori presentati a un concorso da studenti delle scuole medie e nella primavera 1995 ebbi l'incarico di esaminare le unità didattiche prodotte in una serie di Corsi di aggiornamento per docenti di scienze sempre

nella scuola media. Ebbene tutte le volte che si voleva studiare la pressione esercitata da un liquido sulle pareti di un recipiente veniva proposto un esempio analogo a quello di Fig. 1 a.
Essendomi impegnata a presentare una relazione sul "Ruolo delle attività sperimentali" in un Corso di aggiornamento per insegnanti di scienze nella S.M., pensai di far riferimento a questa esperienza "così gettonata", a sostegno della tesi che spesso si descrivono esperienze entrate nella tradizione, senza preoccuparsi di realizzarle e di verificarne la validità.
Ricordando poi l'affermazione del prof.Miller che ci sono molte ragioni per questa scelta, ma la più frequente è che questa soluzione è stata vista in un libro, e non trovando corrispondenze (argomento quasi inesistente) nei testi della Scuola media che avevo a mia disposizione, ho pensato di prendere in esame quelli di Fisica del biennio.[omissis].

L'indagine

Ho analizzato tutti i testi che sono stata in grado di consultare, utilizzando, oltre la mia biblioteca personale, i libri a disposizione in due Licei scientifici cittadini [Bologna n.d.r.] e quelli presenti in una fornita libreria specializzata in testi scolastici. In totale sono stati esaminati 91 testi di fisica, che sono stati e/o sono attualmente adottati nella scuola secondaria superiore (in particolare Lic.Scient. e bienni).
Obiettivo prioritario era quello di individuare se era presente, e nel caso come era stata proposta, l'esperienza indicata in premessa, che d'ora in poi indicherò come esperienza degli zampilli, soluzione A (corrispondente alla fig. la) e soluzione B (corrispondente alla fig. 1b). Nell'occasione inoltre ho cercato di capire come e in che misura veniva trattata la Meccanica dei fluidi in relazione anche all'anno in cui il testo era stato stampato.
Si è notato che ampio spazio veniva riservato alla meccanica dei fluidi (come previsto dai programmi tradizionali) fino al 1970/75, poi le trattazioni si sono fatte man mano più superficiali e in diversi casi inesistenti. Ritengo che questa perdita di interesse per la "fisica bagnata" abbia avuto origine dal confronto con i programmi e i testi stranieri e dalla necessità di riservare un maggior spazio ad argomenti di fisica moderna. In seguito, probabilmente con l'introduzione nei programmi del tema "Equilibrio e processi stazionari", nei libri di testo ricompare la Meccanica dei fluidi, nella maggior parte dei casi limitata alla statica. La trattazione nei testi dei bienni diventa sempre più elementare e integrata da attività sperimentali.
L'esame dell'efflusso di un liquido da fori praticati nelle pareti di un recipiente è presente in 35 testi in riferimento alle leggi di Stevino, Pascal, Torricelli, a volte sotto forma di problemi, a volte di proposte di esperienze.
L'Autrice si sofferma ad esaminare dettagliatamente le tesi addotte dai sostenitori della rappresentazione di Fig. 1a e quella dei sostenitori della 1b. Per i puntuali ed interessanti dettagli vi rimandiamo ai materiali presenti sul nostro sito: www.insegnarescienza.it

Alcune riflessioni...

Quando ormai avevo individuato una decina di testi in cui si prevedeva che a maggiore profondità corrispondeva una maggiore gittata, scritti anche da colleghi che godono della mia completa stima, sono stata colta da un ragionevole dubbio. Non avevo mai realizzata

l'esperienza descritta, ma solo proposto e risolto problemi ad essa attinenti e mi sono chiesta: e se le cose vanno come le hanno descritte?
Non ci potrebbero essere nell'esperimento reale dei fattori che influiscono sul risultato?

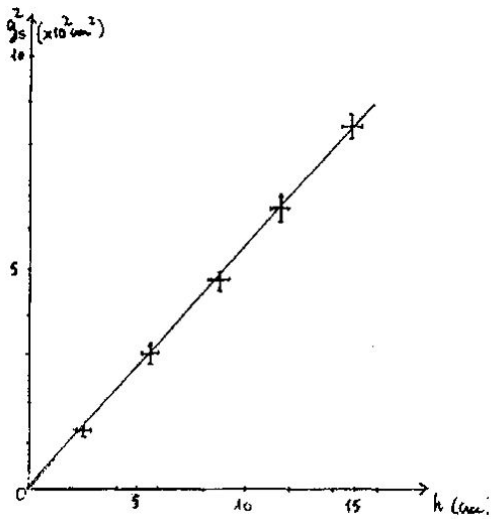
Allora ci provo

Trovandomi però a casa in una calda giornata di mezza estate mi sono organizzata con quello che avevo. Ho preso la ormai nota bottiglia di plastica (contenitore di acqua minerale), ho fatto tre fori equidistanti che ho attentamente tappato con della gomma-pane (normalmente usata per il disegno), poi sono andata sul lavandino della cucina e ho tolto i tappi.
E qui sono rimasta di sale, perché effettivamente le gittate crescevano con la profondità; in particolare il getto più in basso quasi usciva dal lavandino!
Mi sono detta: calma! E ho ricominciato da capo, cercando di mettermi nelle condizioni migliori. Ho preso un' altra bottiglia di plastica un po' più consistente (l'altra si deformava al solo toccarla), ho realizzato fori equidistanti con un sottile spiedino metallico riscaldato e senza premere sulla bottiglia, stando attenta che risultassero di uguali dimensioni e li ho tappati con la solita gomma-pane.
Questa volta invece di operare sul lavandino ho messo la bottiglia piena nella ...vaschetta della gatta (logicamente vuota e pulita) e ho tolto i tappi.
Voilà! Primo e terzo getto cadevano nello stesso punto e il getto intermedio andava più lontano. Ormai tranquilizzata ho cercato di capire come mai la prima volta le cose fossero andate diversamente. Ripetendo l'esperienza con la prima bottiglia mi sono accorta che il getto che usciva dal terzo foro non era orizzontale, ma inclinato verso l'alto, perché in quel punto si era deformata la parete. La gittata dipende anche dalla direzione in cui il liquido esce dal foro e questo è un' ulteriore variabile dì cui si deve tener conto.
Soddisfatta dei risultati raggiunti da un punto di vista qualitativo, mi sono posta il problema di realizzare una semplice esperienza che permettesse di misurare come varia la velocità di efflusso al variare della profondità.
Ho preso una bottiglia di plastica analoga alla precedente e ho praticato con attenzione un solo foro a circa 7 cm dalla base. Ho tracciato sulla bottiglia delle linee di riferimento, ho tappato il foro e riempito la bottiglia di acqua. Ho posto la bottiglia nella vaschetta e tolto il tappo al foro, cercando di determinare il punto in cui cadeva il getto quando il liquido si trovava ai livelli previsti.
Per migliorare le condizioni di esperienza e diminuire gli errori percentuali ho modificato il sistema come segue:
• *sposto la bottiglia fuori dalla vaschetta su un supporto che permettesse di aumentare la distanza del foro dal piano, controllando bene che la parete fosse verticale;*
• r*ivesto il fondo della vaschetta con un giornale in modo da evitare gli spruzzi e individuare meglio il punto di caduta.*
Le misure sono state effettuate mediante la lettura su una riga millimetrata appoggiata sul fondo della vaschetta e contemporaneamente infilando ogni volta un fermaglio nel giornale, per poter anche fare una verifica in seguito. Le misure sono state ripetute più volte, ma non ho potuto però ridurre l'errore di misura sulla gittata gs al di sotto di 0.5cm.

Ho misurato la distanza d dal foro al piano , ma anche in questo caso ho valutato un errore di 0.5 cm: d = (16.0 ± 0.5) cm. Per la distanza h di ogni linea di livello dal foro è stata assunto un errore 0.4 cm. [omissis]
È stato costruito il grafico di gs^2 in funzione di h ed entro gli errori l'andamento è risultato lineare.
Quindi $g_{s/}$ " h =cost e poiché la velocità di efflusso, nota g_s, è data da v = g_s /t (dove t è il tempo di caduta costante, essendo d costante), si ottiene v=k" h , come previsto dal teorema di Torricelli. [omissis]
Ho semplicemente voluto dimostrare che l'esperienza è fattibile e può fornire risultati attendibili; in una situazione meno "casereccia" si potranno migliorare le misure e procedere ad un'analisi dei risultati più rigorosa.

... e alcune proposte

Per far capire agli studenti come variano la pressione e la velocità di efflusso da un foro, con la profondità la descrizione dell'esperienza degli zampilli, soluzione A, risulta semplice ed efficace, di comprensione immediata per gli studenti.
Peccato che non sia corretta!
Per un primo approccio si potrebbe arrivare in modo semplice allo stesso risultato, utilizzando un recipiente con un foro solo, riempendolo e poi facendo defluire il liquido. Si nota che, mano a mano che il livello diminuisce, la gittata diminuisce e questo indica che anche forza e pressione sulla parete e velocità di flusso diminuiscono. Si può far notare inoltre che la direzione di queste, in corrispondenza del foro, è sempre perpendicolare alla parete. [omissis]



Ci è sembrato utile proporre questo articolo per dimostrare come non ci si debba fidare delle rappresentazioni, e nel contempo per offrirvi un esempio di laboratorio "domestico" messo in atto con inflessibile curiosità da un'insegnante, che si dimostra non solo disciplinarmente preparata, ma anche sicuramente divertita.

[1]Si può fare riferimento a: Julius S. Miller Questions importantes dans Venseignement de la Physique, cap. 4, p. 49 da "Enseignement actuel de la physique" OCDE 1964

Due esperimenti fasulli: la pesata dell'aria e la composizione dell'aria

Molto spesso, cose che non sono del tutto vere, o che lo sono solo in certi contesti o sotto certe ipotesi vengono insegnate lo stesso senza troppi "distinguo", perché volendo descrivere i fenomeni in termini rigorosamente esatti si cade quasi inevitabilmente nell'incomprensibile. Altre vengono insegnate, con i migliori intenti, pur sapendo che non sono affatto vere, neanche in prima approssimazione, ritenendo che, opportunamente presentate, possano costituire esempi stimolanti e infine ci sono situazioni che sono vere solo nell'ambito di certe schematizzazioni che non vengono esplicitate per non complicare le cose, ma al di fuori di esse possono presentarsi in modo platealmente diverso da quello descritto. L'Autore [1] di questo breve articolo cerca di fare chiarezza su alcune delle esperienze "fasulle" più diffuse.

Pesiamo l'aria... o no?

Il problema della materialità dei gas è, per i primi livelli scolastici, abbastanza impegnativo; a giudizio di chi scrive esso può essere proposto al termine della scuola primaria o nella prima classe della scuola secondaria di primo grado. Molti libri di testo affrontano la questione, e l'esperimento più "gettonato" è quello della pesata. Le proposte seguono generalmente la falsariga seguente:

1- si mette un palloncino sgonfio sul piatto di una bilancia e si equilibra con i pesi opportuni;

2- si gonfia il palloncino, lo si rimette sul piatto della bilancia e si constata che il peso è aumentato.

L'aumento dovrebbe quindi essere dovuto al peso dell'aria. Francamente è difficile concordare con questa impostazione: per avere un risultato effettivo, infatti, la pesata deve essere di alta precisione, e come ben sappiamo difficilmente le bilance in dotazione alle scuole medie possono arrivare oltre la sensibilità del grammo. In molti casi, fra l'altro, si propone l'uso di bilance "fatte in casa", estremamente rudimentali.

Il docente che al riguardo nutra dei dubbi può eseguire qualche semplice calcolo:

- mella pesata eseguita non si valuta tutto il peso del gas, in quanto la spinta fluidostatica ne neutralizza la maggior parte;
- se, tanto per dare alcune cifre, pesiamo un palloncino del volume di 2 dm^3, il peso registrato sarà pari al peso dell'aria contenuta nel palloncino diminuito del peso di un volume di aria pari a quello del palloncino stesso;
- il risultato non è nullo in quanto l'aria nel palloncino è leggermente compressa. Possiamo valutare la pressione interna nel palloncino a 1,01 - 1,02 bar al massimo;
- il peso valutato è quindi quello di 2 dm^3 di aria alla pressione massima (valore approssimato per eccesso) di 0,02 bar; calcolando una massa molare media di 30 g mol^{-1}, si tratta all'incirca di 0,06 g.

---

[1] Pierluigi Riani del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale Università di Pisa
riani@dcci.unipi.it

Come mai l'esperienza dà spesso un risultato positivo? In molti casi può succedere che l'insegnante disponga le cose, magari anche inconsciamente, in modo da spostare i risultati a proprio vantaggio: basta, con una bilancia costruita artigianalmente, spostare anche minimamente il punto in cui il palloncino viene appeso. Se invece il palloncino viene gonfiato a bocca, e non nel modo corretto, con una pompa, un sensibile aumento di peso è dovuto alla condensazione, all'interno del palloncino, dell'umidità contenuta nell'aria espirata (senza tener conto di sputacchiamenti vari).
Se invece del palloncino si opera con un pallone da calcio, le cose cambiano abbastanza: la differenza di peso fra il pallone sgonfio e quello gonfio (valutiamo la pressione in 2 bar e il volume in 5 dm^3) può essere, come ordine di grandezza, di 8 g circa. Il guaio è costituito, in questo caso, dalla massa totale che è nettamente superiore a 1 kg.
Di esperimenti che permettono di evidenziare la materialità dell'aria ce ne sono diversi, molto più convincenti [1].

Di cosa è fatta l'aria?

Lo sanno tutti: principalmente di azoto e ossigeno; se proseguiamo viene sempre fuori l'anidride carbonica, spesso un improbabilissimo idrogeno e pressoché mai l'argo, che pure è invece presente in modo sensibile. Ma non è questo che ci interessa.
Gli esperimenti che vengono proposti riguardo al contenuto di ossigeno sono di due categorie: quelli corretti e quelli sballati. La tipologia di base è sempre la stessa; ciò che cambia sono le modalità di esecuzione e, soprattutto, le conclusioni che se ne traggono.
Esperimento del primo tipo. Si accende una candela e la si copre con un barattolo capovolto il cui orlo viene appoggiato sul piano di lavoro. Dopo pochi secondo la fiamma si affievolisce e si spegne; se si solleva il barattolo prima dello spegnimento, la fiamma si ravviva immediatamente. Il tempo di spegnimento è tanto più lungo quanto più grande è il barattolo.

a) b) c)

Candela spenta immersa in recipiente contenente acqua per un cm di altezza. b) Candela accesa. c) Sulla candela accesa viene posto un bicchiere capovolto appoggiato su una moneta che lo tiene parzialmente sollevato in modo da consentire libera circolazione dell'acqua.

Conclusione plausibile: nell'aria c'è qualcosa che mantiene la combustione; quando questo qualcosa si è consumato, la combustione cessa. Quando si solleva il barattolo si ha un ricambio di aria, e la combustione può continuare. Nulla da eccepire.
Esperimento del secondo tipo. La candela è fissata sul fondo di un piatto; il piatto è riempito d'acqua e sul fondo vengono posate due monete sulle quali può essere appoggiato l'orlo di un barattolo capovolto. Si accende la candela, la si copre con il barattolo e si aspetta lo spegnimento.

Descrizione falsa e bugiarda e relative conclusioni.
L'acqua sale nel barattolo, la candela si spegne. Con un po' di fortuna si può vedere che l'acqua sale a occupare 1/5 del volume del barattolo (?!?!). Il barattolo contiene aria, l'aria contiene ossigeno che si consuma durante la combustione, e l'ossigeno costituisce 1/5 del volume dell'aria.
Descrizione un po' più aderente alla realtà (provare per credere). Finché la candela brucia, il livello dell'acqua nel barattolo non varia o varia di pochissimo. Dopo che la candela si è spenta (sì, *dopo*), il livello dell'acqua nel barattolo sale sensibilmente.
Commenti. Nella spiegazione vista la povera anidride carbonica non viene proprio presa in considerazione. Ma quanta è l'anidride carbonica prodotta?
Se invece della candela si bruciasse del carbone, il volume di CO_2 prodotta sarebbe uguale al volume di O_2 consumato, quindi non ci sarebbe alcuna variazione di volume per il contenuto del barattolo. Ma noi bruciamo della cera; se la consideriamo per semplicità composta di idrocarburi saturi con catena media C_{31} (ovvero $C_{31}H_{64}$; adopero un numero dispari di atomi di carbonio per non trovarmi successivamente coefficienti frazionari), la reazione di combustione risultante è la seguente:

$$C_{31}H_{64} + 47\ O_2 \rightarrow 31\ CO_2 + 32\ H_2O.$$

Dal momento che l'acqua si condensa, il suo volume può essere trascurato; tuttavia una buona parte del posto occupato dall'ossigeno viene rimpiazzato dalla CO_2 .
Obiezione: magari la CO_2 si scioglie nell'acqua.
Risposta: nelle condizioni dell'esperimento la CO_2 non si scioglie se non in parte del tutto trascurabile.
Riobiezione: ma la perdita di volume dell'aria è molto superiore a quella prevista con il nuovo calcolo; a volte è addirittura superiore al fatidico 1/5 (aria molto ossigenata?).
Risposta. Occorre analizzare bene ciò che si fa. La candela è accesa; il barattolo che viene capovolto raccoglie aria *calda*. Finché dura la combustione, il riscaldamento dell'aria continua e spesso controbilancia la perdita di volume prevedibile: ecco perché il livello dell'acqua non sale nel barattolo. Quando la candela si spegne, l'aria (o quel che sia) nel barattolo si raffredda rapidamente; raffreddandosi diminuisce di volume ed ecco spiegata la risalita dell'acqua *a candela spenta*.
Ulteriore obiezione: e l'esperimento di Lavoisier? Sbagliato anche quello?
Risposta. Lavoisier non era un fessacchiotto qualsiasi, e lavorava dimolto, ma dimolto bene. La sostanza bruciata da Lavoisier era fosforo, e il prodotto della combustione del fosforo è interamente solido (in tutti gli esperimenti nei quali si ha a che fare con dei gas, i volumi delle fasi condensate possono essere ragionevolmente trascurati). In più Lavoisier prima copriva il fosforo con la campana di vetro, poi lo incendiava servendosi di una lente. Il punto di partenza era quindi aria a temperatura ambiente, il punto di arrivo era aria senza l'ossigeno alla stessa temperatura dell'inizio. Nessun errore, quindi.

esperimento di Lavoisier
Brunella

Il laboratorio non è una panacea

Attraverso l'analisi di questo documento vogliamo portare i docenti ad aprire un dibattito, che può continuare anche sul nostro sito (http://www.insegnarescienza.it/edu/) sulla natura e sugli scopi delle attività pratiche svolte nella scuola secondaria di primo e secondo grado.

Una visione critica dell'attività pratica nell'insegnamento delle Scienze sperimentali [1]

Opinioni correnti sul ruolo dell'attività di laboratorio

Una delle maggiori cause della natura insoddisfacente di molte attività pratiche risiede nel fatto che gli insegnanti le utilizzano in modo poco ponderato, non perché siano degli irriflessivi, ma in quanto succubi di quella potente retorica professionale che vede nel lavoro pratico una panacea universale, la soluzione didattica a tutti i problemi di apprendimento. Lynch [1] ha osservato che "quando un gruppo di insegnanti manifesta la sua approvazione dell'attività di laboratorio, lo fa avendo ciascuno nella propria mente un'idea diversa".

In realtà, se si chiede al singolo insegnante di motivare le ragioni per cui vale la pena d'impegnarsi nell'attività di laboratorio, viene a prospettarsi una gamma sorprendente di risposte; per gli scopi di questa discussione, esse possono essere raggruppate in cinque categorie prevalenti:

1 - per motivare gli alunni, stimolando interesse e piacere
2 - per insegnare abilità di laboratorio
3 - per migliorare l'apprendimento di conoscenze scientifiche
4 - per far comprendere il metodo scientifico e impratichirsi in esso
5 - per sviluppare i cosiddetti "atteggiamenti scientifici", tra cui l'apertura mentale, l'oggettività e la disponibilità a sospendere il giudizio.

Tali asserzioni, che investono obiettivi così diversi tra loro, richiedono un'analisi critica. Non solo potrebbe verificarsi il caso che alcuni obiettivi educativi potrebbero essere affrontati meglio con altri mezzi; ma potrebbe anche essere che nessun obiettivo dell'educazione scientifica sia affrontabile *in maniera ottimale* attraverso la pratica di laboratorio.

Non si può più accettare in modo acritico il fatto che gli insegnanti di scienze approvino ed applichino il lavoro pratico in modo cieco e totale.

Come primo passo, ci porremo una serie di domande:

1 - L'attività pratica motiva gli alunni? Ci sono modi alternativi o migliori per motivarli?
2 - Gli alunni acquisiscono abilità sperimentali dall'attività pratica scolastica? L'acquisizione di tali abilità costituisce un obiettivo educativo che merita di essere perseguito?
3 - L'attività pratica aiuta gli alunni a sviluppare la comprensione dei concetti scientifici? Esistono modi migliori di favorire la comprensione?

---

[1] Derek Hodson, "Una visione critica dell'attività pratica nell'insegnamento delle scienze sperimentali", *LFnS*, XXV, n. 3, luglio-settembre 1992

4 - Impegnandosi nell'attività pratica, quale opinione e quale immagine della scienza e dell'attività scientifica si fanno gli alunni? Quest'immagine è una rappresentazione fedele della reale pratica scientifica?
5 - I cosiddetti "atteggiamenti scientifici" sono necessari per la buona riuscita nell'attività scientifica vera? Le attività svolte nelle scuole sono adatte a suscitare questi atteggiamenti negli alunni?

Motivazione

Mentre molti ragazzi traggono un vero piacere dal genere di attività che proponiamo in classe, ce ne sono molti altri per i quali non si verifica la stessa cosa. Contrariamente alle aspettative degli insegnanti, l'interesse e la soddisfazione dello studente non sempre aumentano all'aumentare del numero di attività pratiche svolte [2].
Forse la rivendicazione del loro potere motivante avrebbe maggiore validità se le attività pratiche nelle quali ci impegniamo fossero eccitanti e interessanti. Spesso sono così disperatamente monotone! Oppure se permettessimo agli studenti di svolgere alla loro maniera indagini proposte da loro stessi; ma in pratica spesso viene imposto di investigare sul problema dell'insegnante, seguendo la procedura dell'insegnante. Oppure avrebbe maggiore validità se gli esperimenti in classe producessero uno stimolo visivo, conducessero a "risultati positivi" e "venissero bene"...
Il ben documentato declino dell'entusiasmo per le attività pratiche che si manifesta all'aumentare dell'età degli alunni potrebbe riflettere il cambiamento nella qualità del lavoro pratico stesso. Spesso succede che i bambini svolgono ricerche personali relativamente poco strutturate, mentre agli alunni più grandi, in un momento della loro vita in cui stanno lottando per affermare la propria individualità, chiediamo di eseguire vere e proprie *esercitazioni* secondo una serie di direttive esplicite. Non c'è da meravigliarsi se l'entusiasmo e l'interesse declinano!
La motivazione dipende, in parte, dallo stimolare l'interesse e la curiosità di chi apprende. Secondo Kreitler e Kreitler, ci sono quattro principali tipi di curiosità, ognuno dei quali è caratteristico di un particolare stadio dello sviluppo cognitivo: "manipolativa", "percettiva", "concettuale" e "curiosità riguardante il complesso, l'ambiguo e l'inusuale" [4]. Se l'attività pratica deve essere motivante, essa deve stimolare il tipo di curiosità adeguata. L'esperienza suggerisce che, mentre i bambini a volte trovano motivazione nel fatto stesso di poter manipolare apparecchiature e fare osservazioni, spesso per motivare gli studenti più grandi occorrono stimoli cognitivi quali l'esplorazione di idee, l'indagine su fatti contradditori o l'affrontare situazioni problematiche. Di frequente, tuttavia, le attività pratiche utilizzate nell'insegnamento scientifico escludono una fase precedente di teorizzazione a favore di una raccolta "oggettiva" di dati o presunta tale.
Quanto detto sopra non vuole essere un tentativo di negare che l'attività pratica *possa* avere un valore motivante. Piuttosto le precedenti osservazioni vogliono mettere in evidenza il fatto che non possiamo aspettarci che tutti i ragazzi siano motivati dalle stesse cose, che esistono altre tecniche altamente motivanti utilizzabili nelle lezioni di scienze e che la motivazione non è garantita da un puro e semplice "fare attività pratica", a meno di proporre esperimenti interessanti ed eccitanti e di consentire agli studenti un certo grado di autonomia. Chi apprende ha bisogno di essere investito a livello di interesse e di

impegno generale nel compito di apprendimento, cose che i lavori pratici convenzionali raramente consentono. La *personalizzazione* dell'esperienza consiste nel mettere a fuoco gli aspetti concettuali dell'esperimento, nell'individuare in modo autonomo problemi interessanti sui quali vale la pena di indagare o nel progettare le procedure da adottare.

Acquisizione di abilità

A sostegno della tesi che l'attività pratica costituisce un mezzo per acquisire abilità di laboratorio vengono addotti due tipi di argomentazioni: quella formulata in termini di acquisizione di un gruppo di abilità "indipendenti dai contenuti" trasferibili e generalizzabili, utili a tutti gli alunni, e quelle che rivendicano lo sviluppo di "abilità professionali" di base, considerate essenziali per futuri tecnici e scienziati. Mentre il secondo argomento suscita dubbi dal punto di vista morale (richiedendo che l'educazione di tutti sia subordinata alle esigenze ed agli interessi dei pochi che potrebbero proseguire negli studi o trovare impiego in un laboratorio) e appare impossibilmente sovradimensionata nelle ambizioni (richiedendo agli insegnanti di prevedere gli sviluppi tecnologici e le future necessità delle industrie), il primo confina addirittura con l'assurdo! È difficile vedere come l'abilità di usare con successo una pipetta o una buretta in un'analisi volumetrica possa essere trasferibile ad un'altra situazione di laboratorio, nella quale debba essere usato un oscilloscopio o un microscopio o, per esempio, debba venir dissezionato un pescecane. È ancora più difficile vedere come questa abilità possa essere trasferita *fuori dal laboratorio,* a situazioni attinenti alla vita quotidiana.

La mia argomentazione, invece, consiste nel dire che la pura e semplice acquisizione di abilità di laboratorio ha poco o addirittura nessun valore in sé; piuttosto essa va considerata come un mezzo per il fine di un *ulteriore approfondimento.* Quando si tenta di giustificare l'attività pratica nelle scuole in termini di sviluppo di abilità si commette l'errore di mettere il carro davanti ai buoi! Non è necessaria l'attività pratica per fornire certe abilità, ma piuttosto certe abilità sono necessarie per mettere gli alunni in grado di impegnarsi con successo nell'attività pratica.

Ne seguono due considerazioni: dovremmo insegnare solo quelle abilità che contano per il perseguimento di altri apprendimenti e, nel caso, assicurarci che quelle abilità siano state acquisite ad un soddisfacente livello di competenza. Se per compiere con successo un certo esperimento è necessario possedere un'abilità che in seguito non servirà più oppure un livello di competenza che richiede un lungo esercizio per essere raggiunto, conviene ricorrere a metodi alternativi come preassemblaggio delle apparecchiature, dimostrazione dell'insegnante, simulazione al computer, ecc.

Troppo spesso mettiamo gli alunni in situazioni in cui il livello inadeguato delle loro abilità pone una considerevole barriera all'apprendimento. Se si ritiene che certe abilità complesse siano necessarie per gli apprendimenti successivi, esse dovrebbero, forse, essere "preinsegnate" in apposite esercitazioni. Imparare come funziona un certo apparecchio o impadronirsi di una certa tecnica mai incontrata prima (rendendosi conto di ciò che fa, imparando come si usa, usandolo, riconoscendo quando i risultati possono essere accettati e quando sono sospetti e così via), prestare attenzione nel contempo ad altri aspetti dell'esperimento e, inoltre, forse incontrare alcuni concetti per la prima volta: ebbene è troppo perché si riesca a far fronte a tutto in una volta sola.

Questa non è da intendersi come un'argomentazione contro l'insegnamento di qualsiasi abilità di laboratorio. Piuttosto si vuole sostenere che bisogna scegliere con spirito critico *quali* abilità insegnare e che gli studenti devono aver chiaro il fatto che le abilità di laboratorio costituiscono un mezzo da impiegare in altre importanti attività. Riconoscendo ed accettando le buone ragioni per acquisire certe abilità, gli studenti potrebbero essere più motivati ad apprenderle.

Apprendere i concetti e metodi della scienza

I dati empirici sull'efficacia dell'attività pratica come una via per apprendere i concetti scientifici sono difficili da interpretare e piuttosto inconcludenti. Tutto sommato non è possibile dimostrare che essa sia superiore ad altri metodi. Naturalmente molti insegnanti credono che l'attività pratica insegni anche qualcosa sulla natura e sulla metodologia della scienza. Sin dagli inebrianti anni '60, molti hanno entusiasticamente accolto l'idea che l'"apprendimento per scoperta" (*discovery learning*) sia un metodo interessante ed efficace per apprendere i concetti scientifici ed un mezzo potente per comprendere i metodi e le procedure della scienza. Sfortunatamente, l'immagine della scienza promossa dall'apprendimento per scoperta è altamente distorta, in quanto si basa su una serie di assunzioni errate riguardanti la priorità dell'atto osservativo e l'attendibilità delle osservazioni.

- La scienza parte dall'osservazione.
- Le osservazioni scientifiche sono affidabili e imparziali.
- L'osservazione produce dati obiettivi e privi di giudizio di valore. Da questi dati emergono tendenze e generalizzazioni, in assenza di speculazioni teoriche aprioristiche. Di fatto, una teorizzazione preventiva è rigorosamente "proibita" in questo modello di scienza.
- I principi, le leggi, le teorie che spiegano queste tendenze e generalizzazioni sono deducibili dai dati.
- I principi, le leggi e le teorie possono essere confermati (provati?) da ulteriori osservazioni.

Lo spazio a disposizione non permette di esaminare in dettaglio l'inadeguatezza del modello induttivistico della scienza, implicito nel discovery learning.

Tuttavia, l'inadeguatezza dei metodi basati sulla scoperta non si limita alla loro errata epistemologia. Essi sono anche fallaci dal punto di vista psicologico e inefficaci da quello pedagogico! Si dimostra assurda anche l'idea che gli alunni siano in grado di acquisire prontamente nuovi concetti, impegnandosi in attività aperte e non guidate.

La fonte reale del problema è che gli insegnanti "fingono" con gli studenti che lo scopo di tali attività sia impegnarsi nella ricerca scientifica ("scoprire"), mentre lo scopo vero è promuovere l'acquisizione di una particolare conoscenza scientifica ("i fatti confermati"). Cosi, sebbene gli insegnanti si riferiscano alla "scoperta", essi in realtà intendono "riscoperta" e presuppongono che i ragazzi "scopriranno" certe cose ben determinate. Tuttavia, senza una guida o una profonda comprensione teorica, è improbabile che i ragazzi raggiungeranno proprio quegli obiettivi che l'insegnante ha in mente. In pratica, diventa presto evidente che i ragazzi stanno mancando gli obiettivi desiderati ma, invece di spingere gli studenti a rivedere gli aspetti teorici allo scopo di modificare il progetto sperimentale o a reinterpretare le misure, gli insegnanti dettano istruzioni. Come

conseguenza, ciò che ha avuto inizio come una raccolta aperta di dati degenera in una sorta di conformità ad una ricetta, di per sé senza scopo. Un'ulteriore complicazione è costituita dal fatto che molti esperimenti conducono a risultati inaspettati, per cui l'alunno viene condotto a scoprire una scienza *alternativa*. La reazione usuale è di dire ai ragazzi che il loro risultato è "sbagliato". In questo modo si instillano ansietà su ciò che "sarebbe dovuto accadere" e la preoccupazione di ottenere la "risposta giusta". Inoltre si favorisce il formarsi dell'opinione che gli scienziati conoscono in anticipo i risultati degli esperimenti che conducono.

Il fatto puro e semplice è che le osservazioni non sostenute da una struttura teorica *non conducono* e *non possono condurre* all'acquisizione di nuovi concetti. Gli appelli per una sperimentazione libera dalla teoria rappresentano un non senso, sia sul terreno epistemologico che su quello psicologico. Per impegnarsi in qualsiasi tipo di ricerca e per scoprire alcunché bisogna lavorare all'interno di uno schema concettuale. Non è l'esperienza pratica a fornire tali strutture concettuali; piuttosto sono queste che danno significato, scopo e direzione all'esperienza pratica. In breve, le considerazioni teoriche devono *precedere* l'indagine sperimentale.

Il metodo del discovery learning, ponendo la teoria e la speculazione teorica dopo l'osservazione, mette il carro davanti ai buoi! Conseguentemente tali metodi, così come non forniscono un modello realistico dell'attività scientifica, non sono neppure efficaci come strategie di apprendimento.

Ci sono poi altre complicazioni che creano inadeguatezze pedagogiche ancora più gravi. Non solo il discovery learning fallisce nell'assicurare ai ragazzi la struttura concettuale appropriata; esso ignora totalmente la probabilità che essi possano avere concezioni *alternative,* che potrebbero portarli ad interpretare gli eventi in modo alquanto diverso da quello inteso dall'insegnante. Diversi ricercatori hanno raccolto un'evidenza impressionante dei modi in cui gli schemi teorici alternativi degli alunni li portano ad interpretare in modo errato la natura e lo scopo degli esperimenti che conducono, creando le condizioni per alimentare i misconcetti stessi [5].

I metodi basati sul discovery learning sono chiaramente al di là di ogni recupero e ci troviamo di fronte alla necessità di rivedere totalmente le nostre idee sulla natura e sugli scopi dell'attività pratica nell'insegnamento scientifico, ed in particolare sul ruolo cruciale della teoria, se vogliamo giustificare il posto che vien dato al lavoro pratico all'interno del curricolo.

Atteggiamenti scientifici

Possiamo definire gli "atteggiamenti scientifici" come quell'insieme di atteggiamenti e modi di porsi nei confronti dell'informazione, delle idee e delle procedure, considerati essenziali per chi pratica la scienza. Si tratta chiaramente di qualcosa di diverso dall'"atteggiamento nei riguardi della scienza" e dalla capacità di attuare procedure scientifiche [6]. Non c'è dubbio che inculcare un atteggiamento scientifico negli alunni sia un obiettivo di alta priorità nella retorica dello sviluppo dei curricoli scientifici. Si crede generalmente che gli alunni possano meglio rendersi conto del carattere del lavoro degli "scienziati" adottando una posizione di obiettività libera da pregiudizi teorici e dall'assunzione di valori, di apertura mentale e di disponibilità alla sospensione del giudizio. Tali

qualità inoltre sono stimate desiderabili in se stesse e trasferibili ad alte aree di interesse. Tre domande vengono spontanee alla mente:
1 - L'attività pratica, quale viene fornita nella scuola, è adatta a promuovere questi comportamenti?
2 - È questa l'immagine che potrebbe stimolare i ragazzi a scegliere di proseguire negli studi scientifici?
3 - Davvero gli scienziati reali posseggono queste caratteristiche?
Lo sforzo di ottenere le "risposte corrette" e la preponderante attenzione per ciò che "sarebbe dovuto accadere", aspetti che caratterizzano in ampia misura l'attività di laboratorio nella scuola, giocano fortemente a sfavore di una risposta affermativa alla prima delle tre domande. Molti alunni potrebbero recepire negativamente il distacco dai comportamenti della vita reale e l'evidente soppressione dell'individualità insite nello stereotipo dell'atteggiamento scientifico ideale, per cui anche una risposta affermativa alla seconda domanda appare improbabile. I giovani hanno bisogno di vedere che gli scienziati possono essere persone calde, sensibili, dotate di senso dell'umorismo e di passionalità o, cosa più importante, di sapere che persone aventi queste qualità possono diventare scienziati.

Conclusioni

Le argomentazioni teoriche e i risultati della ricerca esposti in questo articolo sostengono con coerenza il punto di vista che l'attività pratica nell'insegnamento scientifico, così come viene attualmente realizzata, è frequentemente improduttiva e chiaramente incapace di giustificare gli obiettivi spesso irrealistici che le vengono attribuiti.
Hofstein e Lunetta [7] affermano che la maggior parte delle ricerche sull'efficacia dell'attività pratica sono carenti sul piano progettuale, soprattutto a causa delle limitate dimensioni dei campioni presi in considerazione, dell'inadeguato controllo delle variabili e dell'uso di strumenti di valutazione inappropriati. Inoltre, nonostante le evidenti differenze esistenti, per esempio, tra esercitazioni pratiche progettate per sviluppare abilità manipolative e per misurare "costanti fisiche", tra esperimenti concepiti per illustrare concetti chiave e ricerche in cui gli alunni compiono le proprie indagini, si rileva che i ricercatori tendono a fare di tutto un solo mucchio, raggruppato sotto il titolo collettivo di "attività pratiche".
Anche un'osservazione occasionale di ciò che succede durante le lezioni di scienze rivela che la medesima attività di laboratorio può assumere un carattere aperto o altamente direttivo, a seconda dell'insegnante che la cura. Lo stesso esperimento può essere affrontato per via induttiva o deduttiva e con gradi diversi di guida da parte dell'insegnante. Ci possono essere differenze molto significative nell'enfasi relativa data ai vari aspetti del lavoro: la progettazione, l'osservazione, la manipolazione delle apparecchiature, l'interpretazione dei risultati e così via. Chiaramente, lo stile dell'attività di laboratorio influenza profondamente gli esiti formativi, specialmente quelli che riguardano l'apprendimento dei concetti, la comprensione della scienza e l'acquisizione di comportamenti di tipo scientifico. Finché non riusciremo a mettere a fuoco ciò che gli alunni fanno effettivamente nel laboratorio, sarà molto improbabile riuscire ad avere una risposta definitiva alle nostre domande sul valore pedagogico dell'attività pratica. Saremo solo in

grado di dire che *alcuni* insegnanti sono capaci di utilizzare con successo l'attività pratica con *alcuni* ragazzi e per raggiungere *qualcuno* dei loro obiettivi.

Bibliografia

[1] Lynch, P.P., "Laboratory work in schools and universities: structures and strategies still largely unexplored", *Aust. Sci. Teachers* /., 1987, 32, 31-9.

[2] Arzi, H.J., R. Ben-Zvi e U. Garuel, "Can teachers speak for their students? A comparison between teachers' and students' evaluation of a school science course", *Europ. Sci. Educ.,* 1984, 6, 379-86.

[3] Hodson, D., *Children's Understanding of Science,* (University of Auckland Science and Technology Education Centre, Occasional Publications, 1989).

[4] Kreitler, H. e S. Kreitler, "The role of experiment in science education", *Instructional Science,* 1974,3, 75-88.

[5] Driver, R., *The Pupil as Scientist* (Open University Press, 1983). Driver, R., E. Guesne e A. Tiberghien, *Children's Ideas in Science* (Open University Press, 1985).

Gilbert, J.K., R.J. Osborne e P.J. Fensham, "Children's science and its consequences for teaching", *Sci Educ,* 1982, 66, 623-33.

Gilbert J.K. e D.M. Watts, "Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education", *Stud. Sci. Educ.,* 1983,10, 61-98.

Osborne, R. e P. Freyberg, *Learning in Science. The Implications of Children's Science* (Heinemann, 1985).

[6] Gauld, C.F. e A.A. Hukins, "Scientific attitudes: a review", *Stud. Sci. Educ.,* 1980, 7, 129-61.

[7] Hofstein, A. e V.N. Lunetta, "The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research", *Rev. Educ. Research,* 1982, 52, 201-17.

Quale laboratorio nella scuola media?

Infine, vogliamo dare alcuni piccoli suggerimenti concreti per corredare appositi spazi di semplici attrezzature, sia nella scuola elementare che nella scuola media; offrire informazioni sul piano operativo nella speranza che possano essere di aiuto per superare resistenze interne, timori ed insicurezze [1].

Gli insegnanti di scienze che operano nella scuola media si lamentano spesso di non poter attuare un approccio sperimentale degli argomenti trattati in classe, per mancanza di strutture adeguate. Anche i più entusiasti ben presto si rassegnano a un insegnamento basato sull'uso del gesso e della lavagna e, tutt'al più, di qualche video-cassetta, giustificandosi con la mancanza di attrezzature e di appositi spazi e tranquillizzando così la propria coscienza.
Vorremmo aiutarli a ricredersi, o almeno a fare un ulteriore tentativo.
Esperimenti concettualmente semplici, eseguibili con materiali a basso costo, possibilmente di uso comune, costituiscono la proposta ideale per gli alunni di 11-14 anni: sono uno stimolo a osservare, fare ipotesi, misurare e verificare.
Gli esperimenti, se scelti e condotti in modo opportuno, riescono ad avvicinare alla scienza anche gli alunni meno studiosi, quelli che in classe sono sempre distratti, che a casa non leggono e quindi non amano la scienza descritta nei libri, ma sentono il fascino della scoperta, la curiosità verso tutto ciò che li circonda.
Condizione indispensabile, però, è che gli esperimenti non siano anch'essi descritti e "raccontati", ma eseguiti in prima persona dagli alunni, a piccoli gruppi, sotto la guida del docente. Questo richiede un maggior impegno dell'insegnante, ma il successo ottenuto anche nei casi ritenuti più disperati, lo ripagherà ampiamente.
Richiede inoltre un certo impegno da parte della scuola, al fine di preparare spazi idonei per lo svolgimento delle esercitazioni; con un po' di buona volontà da parte di tutti, anche questa è un'operazione possibile.
Infatti, in realtà, per un insegnamento sperimentale a livello di scuola media, non è necessario avere un laboratorio specialistico e super attrezzato; anzi, quel tipo di laboratorio è controproducente ed è invece da preferire un laboratorio versatile, polivalente, che sia veramente... *a misura di ragazzo*. Inoltre disporre di un'aula apposita destinata a laboratorio è molto comodo, ma non è affatto indispensabile.
Questo articolo è dedicato a tutti i docenti che credono nella partecipazione attiva degli alunni, in un continuo processo di insegnamento-apprendimento, per aiutarli a costruire nella scuola quel valido sussidio didattico per l'insegnamento delle scienze, che è il laboratorio.
Prenderemo quindi in considerazione due casi:
• Come arredare un'aula specifica, addetta a laboratorio.
• Come attrezzarsi per avere un "laboratorio" nell'aula normale.

---

1 M. Palladino Bosia, "Quale laboratorio nella scuola media?", LFnS, Quaderno 6, XXIX, n. 3, Supplemento, luglio-settembre 1996.

Come arredare un'aula specifica, addetta a laboratorio

Supponendo di dover dividere in gruppi una classe media di circa 24 alunni e desiderando gruppi non troppo grandi, costituiti ciascuno da 3-4 alunni, saranno necessari da 6 a 8 banchi di lavoro.

L'*aula***,** pertanto, deve essere sufficientemente ampia per contenere 8 tavoli, ciascuno delle dimensioni di circa 60 cm x 120 cm (con un minimo di 40 cm x 80 cm). Per un minimo ingombro, i tavoli possono essere appoggiati con i lati più corti contro due pareti opposte dell'aula; quattro per ciascuna parete; è indispensabile che tra un tavolo e l'altro ci sia uno spazio di almeno 120 cm, affinché gli studenti possano muoversi agevolmente intorno al proprio posto di lavoro.

Le dimensioni minime del laboratorio sono dunque quelle di un'aula spaziosa che preveda almeno 1 m^2 di superficie per ogni alunno; nel caso qui considerato di 24 alunni, può essere sufficiente un'aula di 6 m x 4 m, facilmente reperibile in un edificio scolastico, anche se la misura ideale corrisponde a un'aula di circa 40 m^2.

È utile, ma non indispensabile, il tavolo per l'insegnante, in quanto questi, mentre i ragazzi lavorano, non starà seduto alla cattedra, ma dovrà girare per i banchi per osservare gli alunni e fornire loro suggerimenti.

Qualora l'insegnante debba eseguire personalmente esperimenti di tipo dimostrativo (sarebbe meglio evitarli, ma in certe occasioni, ad esempio con l'uso di materiali pericolosi, possono essere indispensabili) potrà utilizzare uno dei banchi degli alunni.

È consigliabile non acquistare sedie (una per l'insegnante è più che sufficiente): i ragazzi solitamente lavorano in piedi e, quando devono scrivere o stare seduti, possono utilizzare degli sgabelli**,** meno ingombranti e più economici delle sedie, che trovano facilmente posto sotto i tavoli quando non vengono utilizzati.

È inoltre necessario acquistare degli *armadi* per riporre il materiale e l'attrezzatura utile alle esercitazioni. La condizione ideale è la sistemazione degli armadi in un piccolo locale adiacente al laboratorio e comunicante con questo; questa stanza, che chiameremo *aula di preparazione*, può essere molto piccola, con gli armadi appoggiati alle pareti, un lavandino e un tavolo centrale e sarà utilizzata esclusivamente dagli insegnanti. Sarebbe anche utile che in essa trovasse posto un banco di lavoro con una piccola morsa e qualche attrezzo, per provvedere alla costruzione di piccole e semplici apparecchiature o alla riparazione di quelle acquistate.

Se non è possibile avere l'aula di preparazione, gli armadi troveranno posto nel laboratorio, addossati ad una parete. Gli armadi devono essere in resina o in legno rivestiti di formica, per essere facilmente lavabili; inoltre gli armadi metallici arrugginiscono facilmente, soprattutto se in essi vengono depositati prodotti chimici. È necessario, inoltre, che i ripiani interni possano essere sistemati ad altezza diversa.

Si possono acquistare armadi alti 180 cm, oppure armadi bassi (circa 80 cm di altezza); questi ultimi hanno il vantaggio di rendere disponibile superiormente una base d'appoggio per oggetti vari (contenitori per far crescere le piante, terrario, ecc).

Gli armadi con chiusura a saracinesca sono comodi ma anche costosi; conviene ripiegare su quelli a due ante piuttosto che su quelli a porte scorrevoli, sia perché il costo è inferiore, sia perché le porte scorrevoli permettono di accedere solo a metà dell'armadio, rendendo difficoltosa l'estrazione di apparecchiature di maggiori dimensioni. Le ante possono

essere in vetro (la qual cosa è utilissima, perché si vede immediatamente il contenuto dell'armadio), oppure in legno (più robuste, ma non trasparenti).
Almeno un armadio, però, deve avere le ante in legno: esso sarà utile per eventuali prodotti chimici che devono essere conservati al buio e soprattutto per riporvi una pianta che si vuole privare della luce per studiare l'importanza di questa nella fotosintesi clorofilliana, oppure l'influenza della luce sulla germinazione dei semi.
Un piccolo armadio, o meglio ancora un semplice scaffale a giorno, può essere utile per sistemare libri di facile consultazione (piccole monografie e i libri di testo non adottati, lasciati dalle case editrici). Su una delle pareti più corte dell'aula dovrebbero trovar posto due lavandini**,** abbastanza ampi e profondi e, se possibile, una *mensola* sulla quale appoggiare i fornelli, i recipienti per riscaldare l'acqua, o altri piccoli attrezzi, se non c'è la possibilità di sistemarli nell'aula di preparazione vista prima. Sopra la mensola può essere appesa al muro anche una *lavagna* in plastica bianca. Sulle pareti rimaste libere è consigliabile predisporre, a circa 1,5 m da terra, un'asticciola di legno, utilizzabile come bacheca, alla quale i ragazzi possano facilmente appendere grafici, fotografie, cartelli da loro stessi eseguiti.

Come utilizzare la normale aula scolastica

Se nella scuola non è possibile reperire un locale da adibire a laboratorio, non è questo un buon motivo per rinunciare all'attività sperimentale degli alunni nelle ore di scienze. Quando è necessario svolgere un'attività di gruppo, è sufficiente unire due a due (o a gruppi di quattro) i tavolini singoli per ottenere tavoli di lavoro più ampi; per l'operazione bastano pochi secondi. Anche se l'aula non è molto grande, si troverà certamente, dalla parte della cattedra, un angolo per sistemare un armadio e un *tavolino* o anche solo uno scaffale basso per sistemare l'attrezzatura minima occorrente. Sul tavolo troveranno posto un fornello elettrico e una grossa *tanica con rubinetto* (del tipo di quelle usate in campeggio). Se per un esperimento è necessario usare acqua calda, l'insegnante provvederà a riscaldare l'acqua sul fornello nella quantità necessaria per tutta la classe, distribuendola poi ai vari gruppi in piccole quantità. La tanica piena d'acqua sul tavolo e un *secchio* appoggiato sul pavimento sostituiranno egregiamente il lavandino. Per evitare gli spruzzi, si può avvicinare lo scarico dell'acqua al rubinetto, sostituendo il secchio con una grossa bacinella profonda (di quelle usate per il bucato a amano) appoggiata su uno sgabello. L'unico inconveniente è il riempimento della tanica e lo svuotamento del secchio, operazione cui potranno provvedere gli stessi alunni o il collaboratore scolastico incaricato della pulizia dell'aula.

Appendice
Dizionarietto di alcuni materiali e attrezzi per un laboratorio didattico

Filo rosso
Paolo Violino
Dipartimento di Fisica Sperimentale Universita di Torino

Premessa

Questo micro-dizionarietto non ha lo scopo di sostituirsi ai numerosi manuali di bricolage, nè ai testi di educazione tecnica. Vuol solo fornire all'insegnante della scuola dell'obbligo, che vuol usare il laboratorio senza essere particolarmente familiare con la tecnologia spicciola, alcune indicazioni estremamente sintetiche su alcuni materiali, che lo aiutino nell'andare a procurarseli
1) se fanno al caso suo,
2) nel posto giusto,
3) sapendo che cosa chiedere,
4) avendo un'idea degli eventuali rischi a cui va incontro.
In qualche caso ci sono anche dei consigli, rivolti evidentemente ai meno esperti, su come effettuare certe operazioni basilari, consigli che sono sembrati utili in altre occasioni ma che non possono sostituirsi all'esperienza diretta. Naturalmente, nonostante un certo sforzo di attenzione ai problemi di sicurezza, non e possibile assumere alcuna responsabilità per un eventuale uso improprio che possa condurre a danni a cose o persone.
Si sono considerati alcuni reagenti e solventi, nonche alcuni attrezzi e materiali da costruzione di verosimile impiego in un laboratorio scolastico. Vi sono sicuramente sia lacune che cose inutili; se ci sarà un feed-back dai lettori, si potrà pensare ad una seconda edizione ampliata e perfezionata.
L'asterisco [*] indica un rimando ad altra voce del dizionarietto stesso.

Acciaio. Nome generico di una classe di leghe di ferro, carbonio (dallo 0,3% al 1,7%) e altri metalli, con proprietà meccaniche e chimiche migliori del ferro [*] dolce. Per le sue proprietà di durezza può essere difficile da tagliare. L'acciaio si chiama *temperato* quando è sottoposto ad un processo termico che ne modifica la fase solida rendendolo più duro e più fragile. Si vedano anche le voci: acciaio armonico e acciaio inossidabile.

Acciaio armonico. Tipo di acciaio molto duro e molto elastico, che si usa per realizzare molle. Viene venduto in fili e si spezza con tronchesi speciali. Non si consiglia di cercare di realizzare molle a partire dall'acciaio armonico: ci vuole una certa esperienza. Meglio rivolgersi a un mollificio.

Acciaio inossidabile (colloquialmente: INOX). Nome generico di una classe di acciai [*] che hanno proprietà chimiche molto migliori del ferro [*], per cui risultano sostanzialmente inattaccabili dai comuni agenti atmosferici (ma non da sostanze piu aggressive). I vari acciai inossidabili si distinguono fra loro con codici numerici. A differenza degli altri acciai, la maggior parte degli acciai inossidabili non sono ferromagnetici. L'acciaio

inossidabile è molto caro; qualora ne serva solo qualche pezzetto e meglio utilizzare vecchi utensili di cucina. Un'ampia varietà di piccoli manufatti in acciaio inossidabile (viti, dadi, rondelle...) si trova nei negozi specializzati per sport subacquei. In lastre o tubi si trova solo presso magazzini specializzati.

Acetone o, più propriamente ma molto meno comunemente, Propanone. Composto organico della classe dei chetoni (viene anche chiamato Dimetilchetone), di formula CH_3COCH_3, liquido a temperatura ambiente, di odore caratteristico, frequentemente usato come solvente. Quello puro per analisi che si trova dai rivenditori di prodotti chimici e caro; si può però acquistare nelle profumerie dell'acetone abbastanza pulito per molti usi. *Attenzione:* e moderatamente tossico, molto volatile, infiammabile. Bolle a 56 °C.

Acido cloridrico o, più esattamente ma meno comunemente, Cloruro di idrogeno. Composto di formula HCl, gassoso a temperatura ambiente, di odore irritante, molto facilmente solubile in acqua. Con questo nome o, impropriamente, "acido muriatico", si indica però solitamente una soluzione acquosa di HCl. La soluzione satura contiene il 43% di HCl, e il cosiddetto "acido cloridrico concentrate" che si trova in commercio ne contiene il 37%. Si trova facilmente in drogheria e nei supermercati. È un acido forte, come l'acido solforico e l'acido nitrico, e attacca molti metalli; reagisce violentemente coi carbonati (ad esempio, marmo). *Attenzione:* come tutti gli acidi forti va usato con estrema cautela ad evitare non solo il contatto con la pelle, ma anche versamenti su qualsiasi sostanza di composizione non nota, che può reagire con l'acido liberando altre sostanze potenzialmente tossiche.

Acido muriatico: vedi Acido cloridrico.

Acido nitrico. Composto di formula $HN0_3$, liquido a temperatura ambiente (bolle a 84 °C). L' acido concentrato in commercio contiene circa il 65 % di HNO_3 (il resto e acqua), e tende a decomporsi liberando ipoazotide (o biossido di azoto, un gas fortemente tossico) che gli dà un colore rossastro. E un acido fortissimo, come l'acido solforico, ed un fortissimo ossidante; reagisce con molti metalli. Si trova solo dai rivenditori di prodotti chimici. *Attenzione:* come tutti gli acidi forti va usato con estrema cautela ad evitare non solo il contatto con la pelle, ma anche versamenti su qualsiasi sostanza di composizione non nota, che può reagire con l'acido liberando altre sostanze potenzialmente tossiche. L'acido è pericoloso anche dentro la propria bottiglia poichè, come si è detto, libera un gas fortemente tossico.

Acido solforico. Composto di formula H_2SO_4, liquido oleoso a temperatura ambiente. L'acido concentrate del commercio contiene circa il 6% di acqua. E' estremamente avido di acqua, per cui reagisce con le sostanze organiche sottraendo anche l'acqua intramolecolare, ad esempio carbonizzando i carboidrati. È un acido fortissimo. Si trova solo dai rivenditori di prodotti chimici. *Attenzione*: come tutti gli acidi forti va usato con estrema cautela ad evitare non solo il contatto con la pelle, ma anche versamenti su qualsiasi sostanza di composizione non nota, che puo reagire con l'acido liberando altre sostanze potenzialmente tossiche. Prima di aprire la bottiglia, si ripassino le modalita d'uso (e in particolare di soluzione) su un testo di chimica.

Acqua. L'acqua del rubinetto non è pura né chimicamente né batteriologicamente. Ciò non toglie, beninteso, che sia potabile e che possa essere usata tranquillamente come solvente nella maggior parte dei processi di uso didattico. In qualche caso tuttavia occorre

ricorrere ad acqua più pura. L'acqua distillata (o bidistillata) e passata attraverso un processo di distillazione che ha eliminate la microflora e microfauna e ha ridotto in modo sostanziale la concentrazione di sostanze chimiche estranee, in particolare il calcare. L'acqua deionizzata è stata ulteriormente sottoposta ad un processo di adsorbimento su resine degli ioni residui, per cui si può considerare sostanzialmente pura. Tuttavia l'acqua deionizzata conservata in un recipiente esposto all'aria ha un pH di circa 5-5,5, a causa della presenza di ioni idrocarbonici (HCO_3^-) dovuti al CO_2 assorbito dall'aria.

Acqua ossigenata o **Perossido di Idrogeno**. Composto di formula H_2O_2, liquido a temperatura ambiente, instabile. Sotto questo nome si acquista in farmacia una soluzione acquosa generalmente addizionata con 30 parti per milione di acido urico per stabilizzarla. Una soluzione "a 12 volumi" contiene circa il 3,6% di H_2O_2. In presenza di impurezze (in particolare polveri) l'H_2O_2 si decompone rapidamente ($2H_2O_2 \rightarrow 2H_20 + 1/2\ O_2$) e quindi si comporta come ossidante.

Adesivi. Nome generico di una vasta classe di materiali (detti anche *colle)* aventi lo scopo di permettere l'unione di due elementi senza interventi meccanici o termici, ma semplicemente utilizzando un composto chimico che indurendo li mantiene uniti.

Tutti gli adesivi richiedono una buona pulizia delle parti prima dell'uso, e una salda unione fra esse dopo l'applicazione, fino a quando l'adesivo abbia fatto presa. In tutti i casi il tubo che lo contiene deve essere ben richiuso dopo l'uso, infilando nell'ugello di uscita qualche materiale su cui l'adesivo non faccia presa (un chiodo, un tappo di teflon...).

Ne esiste un'ampia varietà, a seconda dell'utilizzo. I tipi principali sono:

• Colla di pesce e colla da falegname. Hanno un interesse prevalentemente storico: ora abbandonate per la difficolta di lavorazione.

• Colla alla caseina. In polvere o in impasto già preparato, idonea per carta o per legno; anch'essa è ora in larga misura soppiantata da colle sintetiche.

• Colla vinilica. Sintetica, si trova sotto diversi nomi commerciali, il piu noto dei quali è Vinavil. Si presenta come uno spesso lattice. Idonea per legno, carta, cartone, cuoio, alcune materie plastiche.

Non richiede alcuna preparazione tranne la pulitura dei pezzi da unire. Asciuga abbastanza rapidamente ma lasciando il tempo di unire i pezzi: va applicata in un sottile strato su entrambe le parti, attendendo circa un minuto prima di unirle. Le parti vanno tenute unite saldamente fra loro (con un morsetto) fino a completa asciugatura.

• Colla neoprenica. A base di gomma sintetica, si trova sotto molti nomi commerciali, il più noto dei quali è Bostik (ma sotto lo stesso nome vengono venduti anche prodotti di altro genere). Adatta per unire gomma, cuoio, laminati plastici, metalli, legno compensato, fra loro o anche a superfici incoerenti come un intonaco, sughero o feltro. La preparazione è come per la colla vinilica, ma il tempo di attesa fra l'applicazione e l'unione delle parti e un po' più lungo e l'unione deve essere fatta con decisione e molta forza, essendo invece meno importante la *durata* della pressione. Nell'uso su ampie superfici non deve essere spalmata sull'intera superficie, ma a strisce utilizzando un'apposita spatola.

• Colla epossidica. Consta di una resina liquida e di un indurente forniti in tubetti separati, e solidifica solo al contatto fra i due. Ne esistono molte varietà a seconda del tipo di materiali da unire, e sotto i piu svariati nomi commerciali; generalmente conosciuta come colla "a due componenti". Al momento dell'uso si spreme un'uguale lunghezza da ciascun

tubo (in qualche caso i due tubi hanno diametro diverso perchè le quantita non devono necessariamente essere uguali: in tal caso il rapporto fra i diametri di uscita è regolato in modo che "strizzandone" lunghezze uguali il rapporto quantitativo sia quello giusto) su una superficie liscia, pulita *e da buttare via dopo l'uso.* Si mescolano accuratamente con uno stuzzicadenti o altro oggetto *da buttar via dopo l'uso* fino a quando il preparato abbia un aspetto uniforme (alcuni produttori colorano resina e indurente di colori diversi proprio per poter identificare visivamente l'uniformità del mescolamento). A questo punto c'è tempo circa 1-5 minuti per spalmare l'adesivo sulle parti (precedentemente pulite) e unire saldamente. Una volta indurito, l'adesivo può essere limato o lisciato come un normale materiale plastico.

• Colla cianoacrilica. Colla liquida estremamente tenace e con un tempo di indurimento brevissimo, che fa presa anche su molti materiali duri come vetro, metallo, ceramica... Non fa presa sul teflon [*]. Ne esistono molte formulazioni commerciali; il nome piu noto è Attak. Una goccia e più che sufficiente in quasi tutte le applicazioni di modesta entità. Si fa cadere su una delle parti da unire e si uniscono le parti *entro pochi secondi.* Le parti possono essere tenute con le mani perchè il tempo di indurimento è generalmente dell'ordine di un minuto. *Attenzione:* non bisogna imbrattarsi le mani perchè la colla unisce anche le dita e può essere doloroso separarle. In caso di contatto accidentale con gli occhi, ricorrere con urgenza a un medico.

• Adesivo siliconico. Poichè rimane morbido anche dopo la presa, e da considerare più un sigillante che un adesivo vero e proprio. Fornito in grosse siringhe che vengono spremute con un attrezzo apposite. Ha consistenza molto pastosa e aspetto trasparente o lattiginoso. Durante la presa emette un forte odore di acido acetico. E' impermeabile.

Adsorbimento. Fenomeno per cui delle molecole in fase gassosa o in soluzione liquida aderiscono ad un solido rimanendo "intrappolate" nelle porosità o asperita locali del solido stesso. Da non confondersi con l'assorbimento.

Alcool. Nome di una classe di composti organici comprendenti uno o piu gruppi alcolici legati ad ossidrili. Nel linguaggio comune si indica generalmente con questo nome l'alcool etilico, o Etanolo [*]. Per l'alcool metilico, si veda: Metanolo.

Alluminio. Metallo molto più leggero del ferro (densita circa 2700 kg/m^3); puro e relativamente tenero e si ossida facilmente all'aria umida, ricoprendosi di uno straterello bianco pulverulento di sesquiossido. Pertanto viene comunemente usato in leghe variamente denominate (duralluminio, anticorodal) che ne conservano la leggerezza migliorando le proprietà meccaniche e chimiche. A freddo si lavora come il ferro ma ha la tendenza ad impastare gli utensili, per cui conviene usare utensili apposta, in particolare i seghetti. Si salda con molta più difficolta. È più caro del ferro.

Ammoniaca. Composto di formula NH_3, gassoso a temperatura ambiente, dal caratteristico odore pungente; e venduto in bombole sotto pressione solo da poche industrie specializzate. Col nome "ammoniaca" si acquista invece in drogheria o in farmacia una soluzione acquosa di idrossido d'ammonio (NH_4OH). Se questa soluzione è lasciata all'aria, l'idrossido d'ammonio si decompone abbastanza rapidamente liberando ammoniaca gassosa (e quindi la sua concentrazione diminuisce). *Attenzione:* è tossica.

Anidride carbonica più esattamente, Biossido di carbonio. Normale costituente atmosferico, facilmente solubile in acqua. Può essere facilmente prodotta usando Idrolitina,

Alka Seltzer e simili, oppure trattando del carbonato di calcio (calcare, marmo) con acido cloridrico [*]. Può anche essere acquistata "pulita" in bombolette percheviene usata nei sifoni del seltz. L'anidride carbonica solida sublima alla temperatura di -78 °C e pertanto il solido rimane a tale temperatura finchè non è finito. L'anidride carbonica solida si trova in commercio sotto il nome di "ghiaccio secco" e per maneggiaria non richiede altre cautele che di non toccarla direttamente con le mani per evitare ustioni. Si può conservare qualche tempo in un dewar o anche semplicemente in un recipiente di polistirene espanso [*] ben chiuso. Sublimando, non produce liquidi. *Attenzione:* dove si conserva o si usa il ghiaccio secco, assicurarsi che vi sia un ricambio d'aria nella parte bassa del locale; da proscriversi assolutamente l'uso in scantinati.

Bacchetta filettata. E un tondino di acciaio [*], della lunghezza usuale di 1 m, interamente filettato per tutta la sua lunghezza, che può essere tagliato della lunghezza che si vuole per realizzare assali (fermati alle estremità), prigionieri, bulloni di lunghezza non standard. Per tagliare su una filettatura, si avvitino sulla bacchetta tre dadi, di cui uno a 1 cm di distanza dal punto di taglio, il secondo in posizione di controdado rispetto al primo e il terzo, dalla stessa parte rispetto al taglio, a una distanza circa uguale alla larghezza della ganascia della morsa [*] di cui si dispone, o poco meno. La si chiuda in morsa sul secondo e terzo dado, lasciando all'esterno della ganascia il primo dado e si seghi nel modo piu netto possibile. Al termine svitando il dado vicino al taglio i ripristina la filettatura nel punto di taglio.

Bachelite. Nome commerciale di una resina sintetica realizzata con la combinazione. di fenolo e formaldeide. Materiale opaco, di colore marrone, duro, resistente all'attacco chimico, usato specialmente come isolante elettrico. Si trova in varie forme presso gli elettricisti, e in lastrine nei negozi di componenti elettronici: ha caratteristiche analoghe e gli stessi usi della Vetronite [*], ma una costante dielettrica più alta.

Benzene o, impropriamente, benzolo. Idrocarburo [*] aromatico di formula C_6H_6, liquido a temperatura ambiente (solidifica a 5 °C e bolle a 80 °C). Molto usato come solvente. Si trova puro (e caro) dai rivenditori di prodotti chimici e meno puro (e meno caro) nei colorifici. *Attenzione:* è tossico, volatile, molto infiammabile, cancerogeno e può dare dipendenza fisica.

Benzina. Prodotto di distillazione del petrolio greggio o di cascami vegetali, liquido a temperatura ambiente. E una complessa miscela di idrocarburi [*], con caratteristiche chimico-fisiche variabili a seconda della provenienza. *Attenzione:* è tossica, volatile e molto infiammabile. Per la benzina "rettificata" o "avio" si veda anche la voce: Etere di petrolio.

Benzolo: vedi benzene.

Biossido di carbonio: vedi anidride carbonica.

Biossido di silicio: vedi quarzo, vetro.

Brasatura, detta anche impropriamente saldatura [*]. Operazione che consiste nell'unire due materiali metallici riportando su di essi una lega fusa che, indurendo, fa presa su entrambi. L'unico tipo accessibile in un laboratorio scolastico viene realizzato utilizzando una lega di stagno e piombo che fonde intorno ai 200 °C, venduta in filo nei negozi di elettronica, che viene fusa con un cosiddetto *saldatore* elettrico. Adatta solo per unire pezzi di piccole dimensioni, e naturalmente per materiali su cui la lega aderisca bene, in pratica flli o altri piccoli componenti di rame stagnato.

Esistono due tipi di saldatore: quello che termina con una grossa punta che viene mantenuta a temperatura costante e quello "istantaneo"; in quest'ultimo tipo la punta fa parte dell'avvolgimento secondario di un trasformatore, e si surriscalda a causa dell'alta corrente circolante: deve quindi essere utilizzato per pochi secondi per lasciarlo poi raffreddare. Il filo di stagno viene fuso in piccola quantità mentre e già a contatto con i componenti da unire, allontanando rapidamente il saldatore a fusione avvenuta. Il metallo fuso "bagna" i componenti grazie alla tensione superficiale e raffreddando si ottiene l'unione voluta. È importante che la lega bagni completamente i componenti mentre è fusa, e anche che i metalli non si ossidino durante il riscaldamento. A questo scopo il filo contiene un'"anima" di materiale disossidante, ed è anche importante che la fusione avvenga per il tempo più breve possibile (dell'ordine di 1 s). È utile quindi riscaldare preventivamente i due componenti già in posizione e poi accostare il filo da fondere.

Bullone: vedi vite.

Cacciachiodi. Attrezzo simile all'aspetto a un piccolo scalpello o a una penna, con estremità conica alla punta della quale è ricavata una piccola depressione emisferica. Serve a piantare completamente nel legno dei chiodi [*] a testa persa senza dover colpire la superficie del legno col martello [*]. Il foro del chiodo può poi essere stuccato per fame sparire la traccia.

Cacciavite. Attrezzo per inserire, bloccare o rimuovere viti [*]. Oltre che per il diametro dell'asta e la lunghezza, i cacciaviti si distinguono per la forma della punta, che può essere normale o a croce, a seconda del taglio della vite da usare. Vi sono molti attrezzi che hanno la forma e la funzione di un cacciavite ma la cui punta ha forme diverse; questi vengono di solito chiamati chiavi [*]. È importante che le dimensioni del cacciavite siano adeguate alla vite: un cacciavite troppo piccolo rischia di "saltare" nel taglio di una vite ben stretta rovinandolo e rendendo molto più difficile il problema di estrarla. Alcuni cacciaviti hanno l'estremità magnetizzata ovvero dotata di mollette per rimanere attaccati alla vite sia per portarla in sede che per rimuoverla quando non c'è spazio per tenerla con le dita.

Camera obscura. Sorta di macchina fotografica priva di obiettivo, sostituito da un foro (foro stenopeico [*]). Da non confondere con la camera oscura, che è un laboratorio di sviluppo fotografico.

Carbone attivo. Carbone di legna finemente macinato e reimpastato lasciandolo poroso; viene usato per filtrare o per decolorare. La sua azione si esercita anche per adsorbimento molecolare oltre che trattenendo particelle solide o colloidali. È di uso comune in enologia e pertanto si trova con facilità presso i consorzi agrari e i negozi di generi per enologia.

Carta abrasiva. Detta anche *carta vetrata*, carta (o anche tela, più robusta, detta in tal caso *tela-smeriglio)* ricoperta di numerosi grani di materiale molto duro (ad esempio carburo di tungsteno o *carborundum)*. Ha lo scopo di lisciare superfici di vetro o di metallo (col metallo è meglio usare la tela) o di rimuovere da esse depositi meno duri (colla, vernice, ruggine). Ne esistono molti tipi, che differiscono principalmente per le dimensioni dei grani abrasivi e quindi la distanza fra di essi. Sono caratterizzate da un numero che indica quanti grani si incontrano in un pollice (25,4 mm); quindi più alto è il numero e più sono fini i grani. Quelle a grani grossi sono da utilizzare per i lavori di sgrossatura: il lavoro è veloce ma impreciso; quelle a grani piccoli nella lucidatura e con materiali piuttosto duri; il lavoro e più lento. Spesso conviene cominciare il lavoro con grani grossi e passare progressiva-

mente a grani più fini man mano che la qualità della lucidatura non migliora ulteriormente con la carta già usata. Con materiali teneri e nelle fasi finali della lucidatura può convenire usare tela-smeriglio molto fine e inumidire leggermente le superficie. Si acquista nei negozi di ferramenta e nei colorifici.

Cartone. Come la carta, è costituito di fibre di cellulosa pressate, ma in spessore maggiore e spesso partendo da materiale più eterogeneo (tranne che nel *cartoncino Bristol,* di qualità analoga alla carta per lettera). Aumentando lo spessore aumenta naturalmente la rigidità meccanica. Per avere alta rigidità senza aumentare eccessivamente la massa, si ricorre al cartone ondulato, formato da due strati di cartone liscio incollati a uno strato intermedio di cartone piegato in modo da avere sezione *grosso modo* sinusoidale. Questo materiale è anisotropo come il legno, nel senso che si piega molto più facilmente in una direzione che nell'altra. Il cartone si vende in fogli (nelle cartolerie) e quello ondulato si taglia meglio con una taglierina [*] che con le forbici.

Cesoie. Sorta di grandi forbici per tagliare la lamiera [*]. Vanno usate con una certa cautela per evitare di riprendere il taglio ad ogni azionamento delle cesoie in un punto leggermente diverso da prima: in tal caso infatti si producono sottili aghi di ferro con cui e facile ferirsi.

Chiave. In meccanica si intende con questo termine qualunque attrezzo atto a far ruotare dei componenti filettati (dadi, bulloni, tubi...). Può essere dotata di ganasce mobili e dentate per "mordere" una superficie liscia come quella di un tubo, oppure di punte che si infilano in appositi fori, oppure (ed e il caso più comune) di superfici piane che si incastrano in analoghe superfici nel dado o bullone da far girare. I principali tipi di queste ultime chiavi sono:

• "Aperte" o "a forchetta" con due superfici parallele che si adattano a dadi e bulloni esagonali o quadrati; la chiave è caratterizzata da questa distanza, espressa in millimetri.

• "Chiuse" o "a stella" con un profilo interno dodecagonale che si adatta a dadi e bulloni esagonali o quadrati; la chiave è caratterizzata dalla distanza fra due lati opposti in un dado esagonale che si adatta alla chiave, espressa in millimetri.

• "A rullino" o "inglesi" simili alle chiavi aperte ma in cui la distanza fra le due superfici è regolabile con continuità sono adatte solo a lavori leggeri.

• "A bussola" costituite da una serie di elementi a incasso esagonale o dodecagonale, che si inseriscono di volta in volta su un unico manico, per lo più fornito di un cricchetto che consente di fare parecchi giri senza sollevare la bussola dal dado; non sono adatte per svitare dadi avvitati intomo ad una vite che continua per qualche centimetre oltre il dado. Si trovano anche associate ciascuna a un proprio manico, nel qual caso somigliano a un cacciavite.

• "A tubo" a profilo intemo esagonale; si fa ruotare infilando un pezzo di tondino in due fori trasversali al tubo.

• "A pipa" come le chiavi a tubo ma con il tubo piegato a L; non richiedono l'uso del tondino ma si fa meno sforzo.

• "Esagonali" o "a brugola" con profilo esterno esagonale che si incastra in un apposito profilo interno nella vite o nel grano; non adatte per dadi. Caratterizzata dalla distanza fra due superfici opposte dell'esagono. Generalmente la chiave ha forma a L; si trovano anche piantate su un manico, nel qual caso somigliano a un cacciavite.

• "Bristol" simili alle chiavi precedenti ma con profilo più complesso (sporgente ai vertici dell'esagono) corrispondente a quello delle relative viti.
Si raccomanda di acquistare chiavi di buona qualità: una chiave che si deforma durante l'uso è fonte di irritazione e perdita di tempo.
Chiodo. Vi sono molti tipi di chiodi oltre a quelli più "classici"; elenchiamo i principali che possono servire in lavoretti a livello "hobbystico":
• In acciaio, da piantare nei muri.
• "Spilli" o "a testa persa", con la testa di poco più grande dello stelo o del tutto privi di testa, destinati ad essere completamente conficcati nel legno mediante un cacciachiodi, e stuccati.
• "Semenze", con stelo a forma vagamente piramidale quadrata.
• "Sellerine", simili ai precedenti ma più grandi, con testa grande e destinata ad accogliere una borchia.
I chiodi si vendono a peso, tranne quelli in acciaio.
Cloroformio o, piu correttamente, triclorometano. Composto di formula $CHCl_3$, liquido a temperatura ambiente. Ben noto per le sue proprietà anestetiche (alquanto esagerate, però, nei libri gialli), è *decisamente tossico* e occorre evitare di inspirarne i vapori. Bolle a 61 °C. È venduto dai rivenditori di prodotti chimici e anche in farmacia, ma talvolta con un certo legittimo sospetto, perchè il suo uso prolungato può dare dipendenza fisica.
Colla: vedi adesivi.
Compensato. Nome di una classe di materiali per costruzioni costituiti da un numero dispari di fogli di legno [*] incollati gli uni agli altri e disposti in modo che la venatura di ciascun foglio sia perpendicolare a quella dei fogli adiacenti. Ha il vantaggio di non subire deformazioni o fessurazioni col tempo; un unico foglio di legno dello stesso spessore (pochi millimetri) sarebbe inutilizzabile per qualsiasi lavoro tranne grossolani imballi. Il compensato propriamente detto è costituito da fogli aventi tutti lo stesso spessore (o quasi); si chiama invece "paniforte" quello in cui il foglio centrale è molto più spesso(10-30 mm) e ottenuto incollando piu listelli. Si vende in pannelli abbastanza grandi (alcuni metri quadrati). Si taglia con un normale seghetto; per lavori di precisione, tuttavia, si consiglia l'uso di un archetto da traforo (vedi Sega) per evitare sbrecciature al bordo.
Etandiolo: vedi glicol etilenico.
Etanolo o alcool etilico o, nel linguaggio comune, "alcool" per antonomasia. Composto organico di formula CH_3CH_2OH, liquido a temperatura ambiente. Si trova in commercio sotto il nome di:
• "spirito" o "alcool per liquori" presso le drogherie e i supermercati; contiene circa il 5% di acqua ed è caro perchè gravato di una forte tassa;
• "etanolo anidro per analisi" presso i rivenditori di prodotti chimici; e ancora più caro del precedente perche comporta una lavorazione maggiore ed è gravato dalla stessa tassa;
• "alcool denaturato" presso le farmacie e quasi ovunque; oltre al 5% di acqua contiene un colorante che lo rende rosa e sostanze piridiniche che lo rendono disgustoso; è molto più economico dei precedenti perchè esente da tassa.
Se si usa il prodotto come solvente, la presenza di acqua o di piridine non è in genere un problema; viceversa può creare problemi il colorante, ad esempio se si fa l'estrazione dei pigmenti fogliari, nel qual caso esso maschera il colore che si vuole vedere. Si può allora

usare lo spirito, o anche decolorare l'alcool denaturato usando un filtro di carbone attivo [*] (il che non lo rende bevibile!). L'etanolo è fortemente igroscopico, e lasciando aperta una bottiglia di etanolo anidro, dopo un po' non è più anidro perchè assorbe il vapore acqueo atmosferico. *Attenzione:* è volatile è molto infiammabile. Bolle a 78 °C. Sono ben note le sue proprietà inebrianti e ipnotiche, ed è bene evitare che qualche ragazzo se ne beva un sorso per fare lo spiritoso; anche per questo è preferibile l'alcool denaturato.

Etere. Nome di una classe di composti organici comprendenti due gruppi alchilici o arilici uniti da un atomo di ossigeno. Nel linguaggio comune si indica generalmente con questo nome l'Etere dietili-co [*]. Nulla ha a che fare con essi il cosiddetto etere di petrolio [*] che è un prodotto di distillazione del petrolio greggio.

Etere dietilico o, impropriamente, etere etilico o, molto impropriamente, etere solforico, o semplicemente "etere" per antonomasia. Composto organico di formula CH3-CH2-O-CH2-CH3, liquido a tempe-ratura ambiente, di odore caratteristico. Ha proprietà antisettiche e anestetiche e si trova in farmacia ad un costo moderato, impuro per acqua, alcooli e perossidi. Esiste anche l'etere assoluto cioè puro, indispensabile per certe reazioni; esso però (a parte il costo) *non* va usato a scuola a causa dei *seri rischi di esplosione* che comporta. Quello normale non presenta grossi rischi purchè non venga scaldato; comunque *attenzione:* è tossico, estremamente volatile (bolle a 34 °C), infiammabile, e la sua inalazione prolungata e ripetuta può dare dipendenza fisica.

Etere di petrolio. Non è un etere [*] in senso chimico, ma un prodotto di distillazione del petrolio greggio, di composizione chimica non ben definita, liquido volatile e con odore di benzina. Si può acquistare in drogheria; e sostanzialmente la stessa cosa della "benzina rettificata" o "benzina avio". *Attenzione:* è tossico, volatile e molto infiammabile. L'inalazione ripetuta e prolungata può dare dipendenza fisica.

Faesite: vedi masonite.

Fehling, reattivo di. Reattivo utilizzato per la determinazione degli zuccheri riducenti (generalmente monosaccaridi). Si trova in commercio presso i rivenditori di prodotti chimici, ma si può anche preparare autonomamente. Consta di due soluzioni che vanno mescolate solo al momento dell'uso. Soluzione A: 69,3 g di solfato di rame [*] sciolti in acqua distillata fino a un litro di soluzione. Soluzione B: 346 g di tartrato sodico potassico e 250 g di idrossido di potassio (potassa caustica) sciolti in acqua distillata fino a un litro di soluzione. Al momento dell'uso si mescolano piccole parti uguali delle due soluzioni e si diluisce ulteriormente con 4 parti di acqua per una di reattivo. Si fa bollire alla fiamma: se non ci sono impurezze la soluzione rimane incolore. Si aggiunge alla soluzione ancora calda il preparato in studio: se contiene zuccheri (riducenti) si forma un precipitato rosso di ossido rameoso. Ciò avviene perchè gli zuccheri si ossidano ad acidi riducendo l'ossido rameico (che si forma unendo le soluzioni A e B ed e solubile perche forma un complesso con l'acido tartarico) a ossido rameoso, insolubilee rosso. *Attenzione:* nell'uso della potassa caustica si osservino le stesse cautele che per la soda caustica [*].

Ferrite. Classe di materiali che esibiscono una particolare forma di ferromagnetismo, detta *ferrimagnetismo,* che ha caratteristiche sia dei ferromagneti che degli antiferromagneti. Hanno un ciclo di isteresi ampio e piuttosto quadrato e sono molto adatte peresperienze. Fra l'altro si trovano facilmente (in cartoleria) dischetti formati da impasti ferritici che si utilizzano per fermare fogli sulle lavagne magnetiche, e che hanno un polo da un lato e

uno dall'altro, quindi adattissimi per la dimostrazione della levitazione magnetica. Il materiale è tenero e si taglia e fora senza difficoltà.

Ferro. Capostipite di una vasta classe di materiali metallici, detti appunto "ferrosi". Il termine "ferro" dovrebbe essere riservato al cosiddetto "ferro dolce", lega a bassissimo contenuto di carbonio; in realtà però è usato comunemente anche per molte altre leghe a più alto contenuto di carbonio e che dovrebbero chiamarsi "acciai" [*]. Al variare del contenuto in carbonio e in altri elementi variano notevolmente le proprietà meccaniche, chimiche, magnetiche. Il ferro dolce è relativamente tenero, poco elastico, facilmente ossidabile, ferromagnetico con un ciclo di isteresi relativamente ampio. Si taglia con l'apposito seghetto a mano o con troncatrici a motore. Nei negozi di ferramenta si trovano manufatti finiti in ferro o in acciaio (viti [*], chiodi [*]...) oppure semilavorati (filo, bacchetta filettata [*]) ma non il ferro in lastre, tubi o in barre, che si acquista nei magazzini specializzati per carpenteria metallica. Le barre trafilate si trovano di sezioni molto diverse e generalmente di lunghezza standard (6 m); prima di cimentarsi con qualunque lavoro conviene informarsi sulle sezioni disponibili e fare un progetto preciso. Viene venduto a peso. Per limitarne la corrosione, il ferro in filo o in lastre viene anche venduto zincato o stagnate. Il filo zincato si trova a basso costo presso i consorzi agrari. Il tubo zincato è venduto dai grossisti di materiale idraulico. Per le lastre si veda la voce: lamiera zincata.

Filo: si vedano i singoli materiali costituenti.

Formica: vedi laminato plastico.

Foro stenopeico. Porta questo nome il foro che si usa nelle camere obscure per visualizzare un'immagine sul lato opposto della camera. Se si vuole una buona risoluzione il foro dev'essere piccolo e per fare un foro piccolo si consiglia la seguente procedura: si prenda un foglio di carta stagnola (ad esempio DomoPack), e lo si ripieghi parecchie volte su se stesso fino ad ottenere uno spessore di qualche millimetro. Poi vi si conficchi uno spillo o, meglio, un ago da cucito; esso trapassa un certo numero di strati senza giungere dalla parte opposta. Si toglie lo spillo e si distende la carta stagnolae si cerca l'ultimo foro raggiunto dalla punta dello spillo; si ottiene facilmente un foro dell'ordine di 100 mm e con qualche tentativo si arriva a 50 mm. Scendere ancora è inopportuno perchè poi interviene la diffrazionc, e inoltre la luce trasmessa diviene ridicolmente poca.

Fresa. Attrezzo a motore che permette di realizzare scanalature o altre lavorazioni lineari nel legno o in un metallo. Consta di una punta [*] sagomata che ruota e di un carrello lungo il quale la punta si sposta rispetto al pezzo in lavorazione. In un laboratorio scolastico si può solo pensare di utilizzare una fresa da legno, che richiede un po' di esperienza e le stesse cautele indicate nell'uso del trapano [*].

Ghiaccio secco: vedi anidride carbonica.

Glicerina o glicerolo o, più propriamente ma molto meno comunemente, propantriolo. Composto organico della classe degli alcooli di formula $CH_2OHCHOHCH_2OH$, con temperature di fusione a 20 °C, quindi liquido o solido a temperatura "ambiente". Ha indice di rifrazione molto simile a quello dei vetri più comuni e ciò la rende utile in esperienze di ottica. Deve essere acquistata presso i rivenditori di prodotti chimici perche la "glicerina" che si acquista in farmacia contiene in realtà anche altre sostanze allo scopo di innalzarne la temperatura di fusione e mantenerla solida in condizioni normali.

Glicerolo: vedi glicerina.

Glicol etilenico o, più propriamente ma meno comunemente, Etandiolo. Composto organico della classe degli alcooli di formula $(CH_2OH)_2$, liquido a temperatura ambiente (solidifica a -12 °C) è miscibile completamente con acqua, con eutettico piuttosto basso; quindi viene usato comunemente per realizzare liquidi di basso costo che solidificano a temperature inferiori a 0 °C. Il liquido refrigerante delle automobili a circuito sigillato è costituito essenzialmente di una miscela di acqua e glicol etilenico.

Idrocarburi. Nome di una classe di composti organici formati soltanto da carbonio e idrogeno; si distinguono in idrocarburi alifatici, a catena lineare (ad esempio: esano C_6H_{14}) o ramificata (ad esempio: 2-metilpentano $(CH_3)_2CHCH2CH_2CH_3$) o ciclica (ad esempio: cicloesano C_6H_{12}), e idrocarburi aromatici, con catena chiusa ad anelli con strutture risonanti (ad esempio: benzene C_6H_6). Il nome è normalmente formato da una radice che indica il numero di atomi di carbonio e una desinenza che indica il tipo di legami presenti. Se in una catena vi sono soltanto legami semplici (ad esempio: propano, CH_3-CH_2-CH_3) il nome ha la desinenza *-ano,* se almeno un doppio legame (ad esempio, propene CH_3-$CH{=}CH_2$), ha desinenza *-ene;* se almeno un triplo legame (ad esempio propino, CH3-C≡CH), ha desinenza *-ino.* Le cose si complicano nelle catene ramificate o in presenza di anelli. Molti altri composti organici si considerano derivati dagli idrocarburi per sostituzione di atomi di idrogeno con gruppi funzionali (ad esempio propanolo CH_3-CH_2-CH_2OH, oppure propanale CH_3-CH_2-CHO), modificando di conseguenza anche la desinenza del nome. Gli idrocarburi di basso peso molecolare sono generalmente liquidi, volatili e infiammabili (i piu leggeri sono addirittura gassosi, come il metano); quelli di peso molecolare piu alto sono solidi e inerti. Gli idrocarburi alifatici con semplici legami e ad alto peso molecolare si chiamano *paraffine* [*].

Impianti elettrici. Data l'elevata pericolosità di un impianto elettrico mal fatto, non si dà qui alcuna indicazione: se non si ha la competenza necessaria, ci si rivolga a un competente.

Inox: vedi acciaio inossidabile.

Lamiera zincata. Qualunque lavoro si voglia fare di tipo costruttivo, la lamiera zincata è preferibile a quella in ferro [*] non zincato (anche se costa un po' di più) perchè quest'ultima arrugginisce con una velocità impressionante. Si acquista in fogli piuttosto grandi (tipicamente 1 m x 2 m) presso i venditori di materiali per edilizia. Esiste piana e ondulata; nei piccoli lavoretti in cui la rigidità complessiva non è un problema e ovviamente preferibile quella piana. Esiste in vari spessori; si raccomanda di scegliere sempre il più basso possibile, compatibilmente col lavoro da fare: la lamiera da 1 mm (cioe spessa) si taglia con molta difficoltà con le cesoie [*] e perforarla ci vuole già il trapano [*]. Per piegare la lamiera ad angolo retto la si mette in morsa fra due regoli di legno duro a bordi squadrati e si piega facendo forza sulla parte emergente immediatamente al di sopra dei due pezzi di legno (non qualche centimetro più in alto!).

Attenzione: se si e inesperti all'uso delle cesoie, si faccia attenzione per le prime volte e magari ci si metta un paio di guanti da lavoro, ad evitare di tagliarsi le mani coi bordi della lamiera.

Laminato plastico. Foglio formato da strati di cellulosa impregnati a caldo con resine termoindurenti. A differenza del legno è impermeabile e ha lo scopo di dare a una struttura in legno o in metallo una finitura esterna liscia, impermeabile e di aspetto "professionale".

Spesso sul laminato vengono fotografati dei motivi decorativi, fra cui anche l'imitazione della venatura del legno. Viene comunemente venduto (nei negozi per hobbystica) in lastre di dimensioni variabili fra 80 x 160 cm a 160 x 320, e in spessori compresi fra 0,8 e 3 mm. Per tagliarlo, esso va inciso profondamente sul lato posteriore (dopo averlo morsettato con un listello posto lungo la linea di taglio) e poi sollevato verso l'alto in modo netto. Ci si può anche aiutare con una sega [*] (meglio un saracco a costola) dopo averlo inciso; in tal caso l'incisione va fatta dal lato anteriore. Per incollarlo si adoperi un adesivo [*] neoprenico, aiutandosi con una spatola apposita. Attenzione che su ampie superfici l'adesivo non tollera alcuna incertezza e quindi il posizionamento deve essere fatto fin dall'inizio in modo definitivo: conviene aiutarsi con chiodini, puntine o simili per portare il pannello in posizione prima di unire fra loro le due parti.

Legno. Materiale da costruzione consistente nella parte interna, opportunamente essiccata, del tronco di piante arboree. Per la sua versatilità e la sua facilità di lavorazione, e materiale di eccellenza per un laboratorio scolastico, specialmente a livello di scuola dell'obbligo. Provenendo da un organismo, esso ha una composizione chimico-fisica estremamente complessa, variabile con la specie di provenienza (che in linguaggio forestale si chiama *essenza)* e anche con l'età e le condizioni di crescita dell'individuo abbattuto. E anisotropo: la *venatura* del legno segue l'asse del tronco e la resistenza meccanica alla trazione in direzioni ortogonali alla venatura è molto peggiore che in direzione parallela. Ha densità variabile fra 130 (balsa) e 1230 kg/m^3 e durante l'essicazione il suo volume si riduce anche del 18% (faggio). Riscaldato, libera vapore acqueo e gas organici infiammabili, il che ne determina la combustione a temperature oltre 400 °C. Il legno secco è un buon isolante termico ed elettrico.

I dati di resistenza meccanica variano di oltre un ordine di grandezza a seconda della specie e della direzione rispetto alla venatura; ciò fa sì che anche le tecniche di lavorazione debbano essere adattate al tipo di legno: si può tagliare con una taglierina [*] (balsa) o più comunemente con una sega [*]. Per evitare l'anisotropia, migliorare le proprietà meccaniche o diminuire il costo si usano diversi derivati del legno: vedi compensato, masonite, truciolato. Per usi di laboratorio si acquistano sempre dei semilavorati (presso i grossisti appositi o i negozi di hobbystica), sotto forma di tavole, assicelle e listelli; questi ultimi, oltre che a sezione semplice e costante (rettangolare, rotonda...) si trovano anche sotto forma delle più svariate modanature.

Lima. Attrezzo che ha lo scopo di asportare asperità o lucidare una superficie, formato da un metallo duro (generalmente acciaio temperato) con numerose piccole incisioni lineari ad angolo fra loro. A seconda del materiale si distinguono in lime da ferro o da legno, a seconda della forma in piane, mezze tonde o coniche ("a coda di topo"), e a seconda delle dimensioni delle incisioni in grosse, medie e fini. Una lima da legno per grossolane sgrossature, dotata di tante piccole punte anzichè di incisioni lineari, si chiama "raspa".

Lucite: vedi plexiglas.

Magnesio. Metallo simile all'alluminio [*], di più facile lavorabilità e più leggero, ma più caro e meno facilmente reperibile.

Martello. Attrezzo che serve per piantare chiodi [*] nel legno o nei muri sfruttando il teorema dell'impulso. E' formato da un manico e una testa, talora omogenei (anche il manico e metallico, saldamente connesso alla testa) o più spesso eterogenei (manico di

legno e testa metallica). Martelli con testa non metallica si usano solo per scopi speciali. La caratteristica essenziale di un martello è la massa della testa, che può andare da 50 g (per lavoretti leggeri, come cornici) a 500 g (per lavori di carpenteria); oltre i 500 g si chiamano "mazze". Spesso la testa ha un'estremità a piede di porco, che facilita l'estrazione di chiodi già piantati. Nell'uso, specialmente con chiodi grossi o in casi difficili, si diano colpi ritmici, ben allineati con l'asse del chiodo. Sui muri (con chiodi d'acciaio) è meglio dare molti colpi deboli e precisi che pochi forti, per evitare di scheggiare l'intonaco.
Nel caso che la testa si sfili dal manico di legno (che e sempre leggermente conico), la si infili nel manico tenendolo verticale e si batta ripetutamente l'altra estremità del manico su una superficie orizzontale dura (ad esempio: pavimento).
Masonite o faesite. Materiale ottenuto dalla sfibratura di cascami di legno fino ad ottenere un ammasso pastoso che viene infeltrito e pressato con collanti realizzando pannelli semirigidi di qualche millimetro) di spessore, di aspetto simile al compensato e di consistenza variabile a seconda del tipo di lavorazione. È un materiale facilmente lavorabile, stabile, con discreta resistenza meccanica e buon isolamento elettrico, termico e acustico. Si trova presso i grossisti di legnami.
Meccia. Punta [*] da trapano per legno, a 3 vertici, per fori di notevoli dimensioni.
Mercurio. E l'unico metallo liquido a temperatura ambiente; inoltre ha una tensione superficiale così alta da non bagnare i normali recipienti. Per queste ed altre proprietà eccezionali ha una notevole importanza nella storia della scienza, ed è tuttora importante in diverse lavorazioni industriali, il che ha portato alla sua attuale estrema carenza. È carissimo. Il fatto che venga spesso citato nei libri non deve indurre ad usarlo con tranquillità, anche a prescindere dal costo. Infatti i suoi *vapori sono tossici* e lo spargimento di mercurio in un'aula o laboratorio scolastico è un evento da evitare ad ogni costo perchè richiede tassativamente una bonifica integrale dell'ambiente (altrimenti questo comporterebbe una lunghissima esposizione ai suoi vapori di studenti, insegnanti e tecnici). Se ne consiglia l'uso solo in strumenti sigillati (termometri, barometri) corazzati e da usare con cautela per evitare rotture.
Metanolo o alcool metilico. Composto organico di formula CH_3OH, liquido a temperatura ambiente. È importante come solvente, ma dopo lo scandalo del "vino al metanolo" la sua vendita è ristretta a istituti e aziende autorizzati, per cui non è facile procurarselo se non con procedure complesse, consigliabili solo agli ITI. Si può ottenere (impuro) per distillazione del legno come descritto nel corso IPS. Separarlo dall'acqua però non è facile, anche perchè è igroscopico. *Attenzione:* è tossico, volatile (bolle a 65 °C) e molto infiammabile.
Morsa. Attrezzo essenziale per tener fermi dei pezzi mentre li si lavora, o per unirli temporaneamente fra loro. Consta di due ganasce d'acciaio che si uniscono fra loro mediante una vite. A seconda delle dimensioni e della pesantezza del lavoro da fare può essere incorporata nel banco di lavoro, esservi avvitata oppure semplicemente attaccata alla superficie del tavolo attraverso una ventosa. Per superfici delicate (ad esempio bacchette filettate [*] o modanature) conviene usare dei copri-ganasce in piombo o in legno.
Nichel-Cromo. Lega utilizzata per fili destinati ad elementi riscaldanti. Si trova dagli elettricisti in matasse o, in mancanza, acquistando una resistenza elicoidale per fornelletto

elettrico e stirandola. Ha una resistività di circa 1,5 mW/m (quindi un filo di 0,5 mm di diametro ha una resistenza specifica di circa 7 W/m). Al suo posto si può anche usare della costantana o qualche tipo di acciaio inossidabile [*], che hanno però resistività un po' minori.
Ottone. Lega metallica di rame e zinco. Rispetto ai materiali ferrosi, e più facilmente lavorabile sia a caldo (fonde fra 900 e 950 °C a seconda dell'esatta composizione) che a freddo, è sostanzialmente inattaccabile dagli agenti atmosferici, non è ferromagnetico; in compenso è molto più caro e si salda con piu difficoltà. Si trova facilmente sotto forma di lamierini, fili e manufatti (viti). In barre invece è difficilmente reperibile da parte di un privato, che d'altra parte se non ha un tornio o una fresa non sa che farsene.
Paniforte: vedi compensato.
Paraffina. Materiale di composizione chimica non ben definita, costituito essenzialmente da una miscela di idrocarburi [*] alifatici (alcani) contenenti parecchi atomi di carbonio (da 17-20 in su), solido a temperatura ambiente ma facilmente soggetto a rammollimento in relazione alla presenza delle catene meno lunghe. Non ha una temperatura di fusione e di ebollizione ben definita. Ha densità minore dell'acqua, su cui galleggia vistosamente. Molto tenera, e facilmente lavorabile. Utile come lubrificante solido e per studiare l'ottica a microonde. Non esistono problemi di purezza, e si trova a basso costo in drogheria.
Perossido di Idrogeno: vedi acqua ossigenata.
Perspex: vedi plexiglas.
Pialla. Nome generico di una serie di attrezzi destinati a lisciare il legno o a realizzarvi scanalature. La pialla più classica ha un corpo in metallo o legno durissimo che scivola sul pezzo da lavorare e una lama tagliente che sbuca da una feritoia nel corpo, tenuta in posizione da un controferro e da un sistema di regolazioni (un cuneo in quelle in legno e delle viti in quelle in acciaio). Con una pialla piu grande il risultato della lavorazione e più piano, ma d'altra parte e anche più difficile lavorare su pezzi piccoli o sui bordi. Una pialla metallica è più comoda da maneggiare. L'affilatura e la regolazione della lama richiedono un po' di esperienza.
Platino. Metallo nobile, ha buone proprietà meccaniche e elettriche e un'eccellente stabilità chimica, per cui è spesso citato nei libri. Ma è assolutamente troppo caro perche una scuola se lo possa permettere. In quei casi in cui sembra di non poterne fare a meno, per esempio nel voltametro di Hoffman, ci si arrangi con del filo di acciaio inossidabile [*], che non fa lo stesso servizio ma... pazienza!
Plexiglas, conosciuto anche come perspex o lucite. Materiale organico (polimetilmetacrilato) solido, trasparente alla luce visibile, non fragile come i vetri. Si taglia come il legno. E' abbastanza tenero e si graffia con una certa facilità, ma può essere rilucidato con un polish come quello che si usa per la vernice delle automobili. E' piuttosto caro, ma se ne possono ottenere a basso costo dei ritagli di dimensioni sufficienti per uso didattico presso gli artigiani che lo comperano in grossi pannelli (fabbricanti di insegne luminose, acquari e simili). In piccoli pannelli lo si comincia a vedere presso i negozi di hobbystica ben forniti.
Per incollarlo si prepari una colla facendo sciogliere dei trucioli di plexiglas in cloroformio [*] fino ad ottenere una consistenza pastosa; questa colla può essere conservata a lungo purchè il barattolo sia ermeticamente chiuso.

Polistirene espanso (detto anche polistirolo o, erroneamente, poliestere). Materiale leggerissimo, bianco, ottenuto conglomerando sferette di qualche mm di diametro; è tenero ed è un buon isolante termico. In genere si recupera facilmente da imballaggi usati [1]; tuttavia qualora ne servano quantità importanti o pannelli uniformi ed estesi (ad esempio per allineamenti ottici, o per l'isolamento di un'incubatrice) esso si può acquistare a costo moderato presso i venditori di materiali per edilizia. Per tagliarlo non usare seghetti o forbici: si fanno tagli molto netti e precisi tirando verticalmente e stabilmente un filo di nichel-cromo [*] (che dev'essere ben teso) e alimentandolo a bassa tensione (batteria da automobile, caricabatterie, o trasformatore) in modo che raggiunga una temperatura di un centinaio di gradi (non di più!). Il pannello di polistirene espanso verrà tagliato perfettamente al contatto del filo. Per trovare la temperatura esatta, fate prima qualche prova con un ritaglio inutile; la temperatura si regola variando la resistenza del pezzo di filo sotto tensione, cioè la sua lunghezza fra due morsetti a coccodrillo.

Propanone: vedi acetone.

Propantriolo: vedi glicerina.

Punta. Elemento rotante in un trapano [*] o una fresa [*], in acciaio, dotato di denti per l'asportazione del materiale. Il materiale è generalmente acciaio normale per le punte da legno, acciaio temperato (detto "superapido" o HSS) per quelle da ferro e la parte tagliente e ricoperta di placchette in carburo di tungsteno ("widia") in quelle da muro o pietra. La forma è elicoidale in quelle normali da trapano, con diametro costante pari a quello del foro da realizzare, con 3 denti all'estremità e gambo più sottile in quelle da legno, di maggiori dimensioni ("meccie") e variamente sagomata con vari denti radiali in quelle da fresa (tali punte sono dette anche "frese" per sineddoche). Le punte in HSS sono molto fragili e una minima flessione durante la lavorazione le può spezzare. L'affilatura delle punte da trapano richiede una mola di carborundum e un attrezzo apposito per posizionarle.

Pyrex. Vetro [*] contenente borosilicati che ha un'alta conduttività termica e un basso coefficiente di dilatazione lineare, per cui è molto meno soggetto degli altri vetri a forti tensioni interne in presenza di un riscaldamento differenziale, e pertanto è molto meno soggetto a fratture per shock termico. Si lavora più facilmente degli altri vetri e pertanto è molto usato nella vetreria di laboratorio, ancorchè più caro.

Quarzo. Nome generico delle fasi solide del biossido di silicio (SiO_2). Si trova in natura in forma cristallina e può essere realizzato in fase amorfa (cosiddetto "quarzo fuso"). Quest'ultima non ha temperatura di fusione ben definita e si lavora come un vetro [*], ma a temperatura molto più alta e quindi con attrezzature non alla portata di qualunque vetraio. Differisce dai normali vetri per una maggiore trasmissione della luce nell'ultra-violetto e per un bassissimo coefficiente di dilatazione termica.

Rame. Il rame in vendita sotto forma di fili, barre o simili non è mai puro, e quindi i valori di costanti (conduttivita, per esempio) scritti sui libri non sono necessariamente validi per il rame del commercio. Il rame più simile a quello puro, e con la più alta conduttività, si chiama OFHC e viene venduto come materiale di consumo (guarnizioni, tubi) per

---

[1] Negli imballaggi si trova anche un altro tipo di materiale analogo, però di colore grigiastro e in cui non è possibile riconoscere una struttura a sferette conglomerate: si tratta di schiume poliuretaniche, più care e con caratteristiche un po' diverse.

impianti da alto vuoto. Il rame in fili (di gran lunga il più comune) e venduto dagli elettricisti e si trova sotto forma di:
a) rame nudo: senz'alcun rivestimento; è di colore rossastro;
b) rame stagnato: ricoperto da un sottilissimo strato di una lega di stagno e piombo; si usa in elettronica ed è di color argenteo;
c) rame smaltato: ricoperto da un sottile strato di vernice isolante; si usa per trasformatori, motori e bobine ed ha lo stesso colore del rame nudo, con cui non va confuso;
d) filo rigido isolato: rame nudo circondato da uno spesso strato di plastica isolante;
e) cavetto flessibile isolato: costituito da una trecciola di molti fili di rame nudo molto sottili, avvolta da uno strato di plastica isolante; è quello che si usa comunemente negli impianti elettrici.
Solitamente i fili a), b) e c) si acquistano indicando il diametro richiesto in millimetri; quelli d) ed e) indicando la sezione del rame in millimetri quadrati. Generalmente i fili a) e c) sono venduti a peso, gli altri a lunghezza. Dai grossisti di materiale elettrico si trova anche rame in lamierini (per schermaggio di trasformatori), in rete (per isolamento alla radiofrequenza), in trecciola nuda di grossa sezione (per schermaggio e collegamenti di massa) e in bandelle (per collegamenti di massa e impianti di potenza).
Raspa: vedi lima.
Saldatura. Operazione che consiste nell'unire due materiali metallici che formino una lega fra loro, fondendoli entrambi nel punto di contatto. Si tratta di un'operazione che richiede abilitò ed esperienza. Nel linguaggio comune viene dato questo nome anche all'operazione di brasatura [*].
Sega. Attrezzo che ha lo scopo di tagliare legno o metalli e costituito da una lama con numerosi denti ciascuno dei quali asporta una piccola parte di materiale. Ve ne sono di molti tipi, che si distinguono a seconda del tipo di materiale da segare, del tipo di lavorazione da effettuare e se manuali o motorizzati. I principali per uso manuale sono:
a) da legno; i denti hanno generalmente (tranne che nei segoni "americani") la caratteristica forma "a dente di sega" e sono leggermente divaricati verso l'esterno per "farsi strada" nel legno. La sega opera in un solo verso: il ritorno è a vuoto. Va periodicamente affilata (con una lima triangolare) e allicciata (cioè i denti vengono divaricati con una licciaiola o un'apposita pinza); queste operazioni richiedono un po' di esperienza e conviene farle fare -almeno la prima volta- da un falegname. A seconda del tipo di lavoro vi sono:
• sega a telaio: la lama, di larghezza costante, e tesa in un telaio rettangolare. Adatta per tagli diritti di una certa precisione. Si usa inclinata di circa 45° rispetto alla superficie del legno;
• saracco: la lama, trapezoidale oppure rettangolare con una costola, è unita a un'impugnatura. Adatto per lavori comuni, non di precisione. Si usa inclinato di circa 30-45°;
• gattuccio: simile al saracco ma con lama molto sottile, fatta di acciaio molto duro. Serve per tagli curvi, dovendosi seguire un profilo. Si usa in posizione quasi perpendicolare alla superficie del legno;.
• seghetto da traforo: lama sottilissima, quasi filiforme, a denti molto fini, tesa in un telaietto ("archetto"). Per seguire profili complicati in legni teneri sottili o compensati. Si usa con la lama ortogonale alla superficie del legno, ed è indispensabile morsettare solidamente il pezzo in lavorazione;

• segone: lama molto larga e a denti grossi, montata su un telaio triangolare o trapeziodale, per lavori grossolani, generalmente su legno non essiccato o su piante vive;
Appendice
b) da metallo: generalmente realizzate con lame di larghezza costante, intorno a mezzo pollice, con denti piuttosto fini (quasi come nei seghetti da traforo), tese in un telaietto (archetto). Non sono affilabili e quando sono usurate si gettano. Si distinguono per la maggiore o minore finezza dei denti e per il tipo di metallo che sono destinate a tagliare. Vi sono molti tipi di seghe a motore, ma le uniche ragionevolmenfe utilizzabili in un laboratorio scolastico sono i seghetti alternativi per legno, costituiti da un corpo motore, una slitta che appoggia sulla lastra di legno e una lama, stretta e alquanto spessa, che si muove alternativamente in direzione perpendicolare al legno. Sostituiscono efficacemente il gattuccio.

Silice. Lo stesso che biossido di silicio; vedi quarzo, vetro. Con il nome di "gel di silice" si indica invece acido silicico gelatinoso, seccato è molto poroso, che si utilizza come adsorbitore molecolare di varie sostanze presenti nell'aria, in particolare come disseccante. Viene venduto in genere accoppiato ad un rivelatore che cambia colore in presenza di acqua, per segnalare, se ha già adsorbito tanta acqua da non funzionare più come disseccante.

Soda caustica, o più propriamente idrossido di sodio. Sostanza di composizione NaOH, solida a temperatura ambiente. In soluzione acquosa e una base forte, caustica e corrosiva. Viene usata per sciogliere depositi organici (rimuovere vernici, ripulire tubazioni...) e nello "sviluppo" dei circuiti stampati. Si trova comunemente in drogheria sotto forma di pastiglie. *Attenzione:* da usare con molta cautela. In acqua sviluppa un elevato calore di solubilizzazione e quindi può dar luogo a schizzi imprevisti; usare guanti di gomma e occhiali di protezione. Evitare il contatto con la pelle e i vestiti; in caso di contatto con gli occhi lavare subito molto abbondantemente e ricorrere a un medico.

Solfato di rame (rameico). Composto di formula $CuSO_4$, solido a temperatura ambiente, di colore bianco. Molto igroscopico, in presenza di vapor acqueo e a temperatura ambiente si idrata a $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, di colore azzurro. Con esso si possono realizzare facilmente dei bei cristalli per evaporazione del solvente (acqua). Si acquista a prezzo molto modesto presso i consorzi agrari.

Stucco. Materiale che ha lo scopo di eseguire piccole riparazioni riempiendo buchi o fessure. Esso è plastico all'atto dell'applicazione e successivamente indurisce dilatando leggermente di volume in modo da incastrarsi solidamente nel buco o fessura. Ne esistono tipi diversi da legno, da muro o da ferro. Può essere venduto già plastico (conservato in barattolo ermetico) oppure sotto forma di polvere, da preparare all'atto dell'uso stemperando la polvere in acqua; in questa operazione occorre aggiungere acqua mescolando continuamente fino ad ottenere una consistenza pastosa. L'eventuale eccesso non è conservabile e va gettato. Si acquista nei colorifici, nei negozi di ferramenta e anche in alcune drogherie. Quello in polvere da muro si vende sotto i nomi di *gesso* o *scagliola,* con caratteristiche leggermente diverse. Una volta applicato e indurito, esso può essere lucidato e verniciato come il materiale che va a riparare.

Taglierina, o coltello tagliabalsa. Attrezzo formato da un manico di plastica entro cui scorre una lama affilata, che si può far emergere quanto basta per il lavoro voluto oppure

far completamente scomparire nel manico. Quando, con l'uso, non e più sufficientemente affilata, se ne stacca un pezzo servendosi di un componente in dotazione (generalmente il fondo del manico). Va sostituita quando, a furia di scorciare, essa diviene cosi breve da non poter più essere usata; generalmente nel manico c'è anche spazio per lame di ricambio. Conviene estrarre solo una lunghezza di poco superiore allo spessore che si vuole tagliare, e procedere nel materiale con un movimento deciso. Si ottengono così tagli molto piu netti che con le forbici. Si possono inoltre tagliare materiali troppo spessi per le forbici. *Attenzione:* la lama è molto affilata e quindi va usata con una certa cautela per non ferirsi.

Teflon. Nome commerciale del politetrafluoroetilene, polimero organico con eccezionale stabilità termica e chimica, plastico e tenace. È utilizzato -fra l'altro- per contenitori di materiali aggressivi, come protettore di superfici per limitare l'attrito e la formazione di depositi. L'unica forma semilavorata in cui lo si trova comunemente in commercio è in nastro, largo circa 1 cm e spesso circa 0,1 mm, acquistabile presso i fomitori di materiali per impianti idraulici.

Tela-smeriglio: vedi carta abrasiva.

Tirafondo: vedi vite.

Toluene o, impropriamente, toluolo. Idrocarburo [*] aromatico di formula $C_6H_5CH_3$, liquido a temperatura ambiente (bolle a 111 °C), usato come composto di base in molte reazioni organiche e come solvente. Quello puro per analisi che si trova dai rivenditori di prodotti chimici è caro; si può però acquistare del toluene industriale presso i colorifici ben fomiti. *Attenzione:* è tossico, volatile, infiammabile. L'inalazione ripetuta e prolungata può dare dipendenza fisica.

Toluolo: vedi toluene.

Tornio. Macchina avente lo scopo di far ruotare un pezzo durante la sua lavorazione, per garantirne la simmetria radiale. La sua struttura varia grandemente a seconda del tipo di materiale da lavorare: ci sono torni da metallo, da legno, da ceramica e da vetro. Gli unici di interesse in un laboratorio didattico sono quello da legno e quello da ceramica.

Un tornio da legno è azionato da un motore che fa ruotare lentamente un mandrino (vedi trapano) nel quale viene tenuto fermo il pezzo. Il legno deve essere tenero e omogeneo. La lavorazione viene effettuata mediante un "ferro" tagliente in acciaio, che nei modelli più rudimentali viene tenuto in mano dall'operatore e in quelli un po' migliori e sostenuto da una slitta con cui lo si può far scorrere radialmente e longitudinalmente (la seconda soluzione è preferibile per ragioni di sicurezza). Nei modelli piu raffinati è possibile sincronizzare lo spostamento longitudinale e la rotazione in modo da realizzare filettature, ma ciò difficilmente e di utilità in un contesto didattico.

Un tornio da legno non è generalmente pericoloso a causa della bassa velocità di rotazione. Tuttavia si eviti che lacci nei vestiti o capelli possano rimanere intrappolati nel pezzo rotante. In ogni caso ci dev'essere un pulsante, sempre facilmente raggiungibile, di arresto rapido del motore. Un tornio da ceramica (o "da vasaio") e costituito da una piattaforma che ruota intomo ad un asse verticale. Generalmente la rotazione non è a motore, ma a pedale. Su di esso si deposita l'impasto di argilla che viene lavorato con le mani dandogli la forma voluta: il tornio si limita ad assicurare la simmetria cilindrica.

Trapano. Macchina che ha lo scopo di far ruotare una punta [*] per realizzare fori. Può essere manuale (giraberchino) o motorizzato e dotato di una struttura stabile (trapano a

colonna) ma oggi sono comunissimi soprattutto i trapani a motore tenuti a mano, che costituiscono una via di mezzo fra i tipi citati. La punta è fissata in un *mandrino* formato da tre elementi che si avvicinano simmetricamente ruotandolo. Si faccia attenzione che la punta sia ben centrata (il centraggio è automatico, ma solo purchè non vi siano errori grossolani nel posizionamento iniziale) e si stringa il mandrino energicamente con l'apposita chiave, ad evitare che la punta slitti sotto sforzo. Generalmente si puo variare la velocità di rotazione: conviene usare un'alta velocità per fare fori piccoli in materiali duri e compatti (metalli) e bassa velocità per fori grandi in materiali friabili, eterogenei, abrasivi, combustibili (legno, muro). Occorre periodicamente interrompere il lavoro per evitare che la punta o il materiale si surriscaldino e per facilitare la rimozione del materiale di risulta.
Appendice
Di solito conviene fare il foro direttamente con la punta del diametro voluto; solo per fori molto grandi nel legno può convenire fare dapprima un foro piccolo di guida (pochi millimetri di diametro) e poi usare una meccia per realizzare il foro finale.
Nell'uso occorre procedere in modo strettamente lineare, senza applicare forza laterale. Si ricordi inoltre che la perforazione avviene grazie al tagliente della punta e non grazie alla pressione applicata al trapano dall'operatore! Si usino sempre punte adatte al materiale da forare e si eviti di usare punte non più affilate: sono fonte di frustrazioni, perdite di tempo, lavori mal fatti e rischi per l'operatore. Nell'uso in materiale duro (pietra, cemento), conviene far uso della percussione di cui molti trapani sono dotati.
Attenzione: forando materiali eterogenei può succedere che la punta si incastri bruscamente in un elemento più duro del resto, dando un violento contraccolpo. Con tali materiali conviene quindi procedere molto lentamente. Si faccia inoltre attenzione a che lacci nei vestiti o capelli non possano avvolgersi intorno alla punta: prima di aver sollevato il dito dall'interruttore ci si può già essere fatti male. Sono in commercio numerosissimi accessori per usare il motore del trapano per gli scopi piu disparati (molare, tagliare, pompare, raschiare, lucidare...). Spesso questi attrezzi, se usati impropriamente, possono rivelarsi pericolosi. L'unica funzione sicuramente raccomandabile è quella di avvitare, nel qual caso occorre evidentemente ricorrere a velocità di rotazione *molto bassa.*
Triclorometano: vedi cloroformio.
Truciolato. Materiale ottenuto conglomerando particelle di legno dolce (pioppo o abete, e cascami di falegnameria) con un collante sintetico. Si ottengono pannelli di alcuni metri quadrati di area e qualche centimetro di spessore (in vendita dai grossisti di legnami e in alcuni supermercati) che hanno una resistenza meccanica inferiore a quella del legno [*] ma sono isotropi, facilmente lavorabili e hanno una bassa conduttività termica e acustica. Costano molto meno del legno. Alcune delle tecniche tradizionali per unire il legno non vanno bene col truciolato a causa della sua tendenza a sfibrarsi in presenza di sollecitazioni locali. Le viti devono avere passo molto largo o essere passanti; spine e incastri sono sconsigliabili; la colla deve agire su vaste superfici e comunque non sulla superficie di taglio del pannello. Cominciano ad essere diffusi pannelli ricoperti all'origine di un laminato plastico, che ne migliora le caratteristiche meccaniche ed estetiche senza alzarne in modo sostanziale il prezzo.
Vetro. Nome di una classe di soluzioni solide amorfe a base di biossido di silicio e altri composti. A seconda degli altri composti presenti variano le loro caratteristiche ottiche,

meccaniche e termiche. Non hanno una temperatura di fusione ben definita, ma un intervallo di rammollimento nel quale essi sono lavorabili con idonea attrezzatura. Un artigiano capace è in grado di realizzare in vetro praticamente qualsiasi forma. La lucidatura superficiale avviene mediante apposite macchine con uso di abrasivi; in tutte le citta importanti vi sono laboratori che effettuano questo tipo di lavorazioni, anche su richieste individuali (si vedano le *Pagine Gialle* alla voce "Vetri" o "Ottica"). L'eventuale colore dei vetri e dato dalla presenza di pigmenti inorganici.
Comunemente sono venduti in lastre da parte degli artigiani specializzati; si possono però anche trovare in barre, tubi.
Per tagliare una lastra o un tubo, occorre un apposito attrezzo diamantato in vendita in ferramenta, col quale si deve fare un'unica incisione continua lungo tutta la linea di taglio, e poi separare le due parti con un colpo netto, senza esitazioni. Per le lastre conviene appoggiarsi sul bordo del tavolo. I principianti si mettano dei guanti di cuoio e si preparino a buttar via un po' di vetro ai primi tentativi. Alcuni testi, per tagliare un tubo, consigliano di riscaldarlo localmente e raffreddarlo bruscamente; il metodo non è molto affidabile perchè il successo dipende dal tipo di vetro. Si veda anche alle voci pyrex e quarzo.
Vetronite. Materiale semitrasparente realizzato con un impasto di fibre di vetro con resine sintetiche, che viene utilizzato per la realizzazione di circuiti stampati o per "basette millefori". Viene venduto nei negozi di componenti elettronici in lastrine spesse circa 1,5 mm e ricoperto su una faccia o su entrambe di un sottile strato di rame (nelle basette millefori, solo intorno ai fori). Ha un'alta rigidità dielettrica (occorrono diversi chilovolt per forarlo) e una modesta costante dielettrica; anche la conduttività termica e bassa. Oltre che per realizzare circuiti stampati (cosa che richiede una certa competenza), si possono realizzare facilmente condensatori piani di bassa capacità. E' facilmente lavorabile con seghetti, lime e trapani e puo quindi essere utilizzato in piccole costruzioni quando sia necessario un buon isolamento elettrico. Vedi anche bachelite.
Vite. Esistono tre tipi fondamentali di viti:
• Viti "da ferro" in cui la parte elicoidale della vite ha sezione trapezoidale ed e incisa su un cilindro.
Sono caratterizzate da due numeri: il diametro esterno del cilindro (in mm) e la lunghezza, testa esclusa (sempre in mm). Alcune viti più lunghe non sono filettate per l'intera lunghezza.
• Viti "da legno" in cui la parte elicoidale della vite ha sezione triangolare ed è incisa su un cono. Sono caratterizzate dal diametro alla base del cono (cioè sotto la testa) e dalla lunghezza.
• Viti "autofilettanti" o "Parker" in cui la parte elicoidale della vite ha sezione triangolare ed è incisa su un cilindro, con l'estremità appuntita.
• Grani, cioè viti da ferro prive di testa, sostituita da un incasso a sezione esagonale in cui si innesta una chiave [*] "a brugola". Essendo privi di testa non servono per unire ma solo per fissare.
Le viti da ferro e da legno possono essere in acciaio [*] o in ottone [*] (più care queste ultime), quelle autofilettanti sempre in acciaio. Le viti da ferro possono solo essere avvitate in una madre-vite avente lo stesso passo (dado o foro filettato), le altre possono farsi strada in un semplice foro o in un materiale tenero; quelle autofilettanti si usano per

lo più per avvitarsi in fori non filettati in lastre non troppo spesse di ferro [*] dolce. Le viti autofilettanti di grosso diametro, per utilizzo in tavole di legno duro, si chiamano "tirafondi".
La testa delle viti può essere a forma cilindrica (normale per le viti da ferro), "piatta", cioè conica con la base del cono dalla parte del taglio (la più comune per le viti da legno), "a goccia di sego", cioè conica con sovrapposto un segmento sferico (per viti da legno più eleganti) o "tonda", cioè emisferica. Le viti da ferro con testa esagonale senza taglio di solito si chiamano "bulloni". Il taglio può essere di vari tipi; si vedano le voci cacciavite e chiave. Se si deve tagliare una vite per accorciarla, si segua, per quanto possibile, la stessa procedura consigliata alla voce bacchetta filettata.
Xilene o, impropriamente, xilolo. Idrocarburo [*] aromatico di formula $C_6H_4(CH_3)_2$, che esiste in tre forme isomeriche (orto-, meta-, para-) a seconda della distribuzione spaziale dei radicali metilici, liquido a temperatura ambiente. E' usato come solvente, particolarmente utile per composti organici complessi come le resine. Si trova con difficoltà, generalmente come miscela delle tre forme (usandolo come solvente, va benissimo così) presso rivenditori specializzati o colorifici. *Attenzione:* e tossico. La forma para- solidifica a 13 °C.

Nota
Lavoratore (art. 2 D.Lgs.81/08)
[omissi] l'allievo degli istituti di istruzione ed universitari e il partecipante ai corsi di formazione professionale nei quali si faccia uso di laboratori, attrezzature di lavoro in genere, agenti chimici, fisici e biologici, ivi comprese le apparecchiature fornite di videoterminali limitatamente ai periodi in cui l'allievo sia effettivamente applicata alla strumentazioni o ai laboratori in questione; [omissis]
Agenti chimici pericolosi (art. 222D.Lgs. 81/08)
1) agenti chimici classificati come sostanze pericolose ai sensi del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, e successive modificazioni, nonché gli agenti che corrispondono ai criteri di classificazione come sostanze pericolose di cui al predetto decreto. Sono escluse le sostanze pericolose solo per l'ambiente.
2) agenti chimici classificati come preparati pericolosi ai sensi del decreto legislativo 14 marzo 2003, n. 65, e successive modificazioni, nonché gli agenti che rispondono ai criteri di classificazione come preparati pericolosi di cui al predetto decreto. Sono esclusi i preparati pericolosi solo per l'ambiente.
3) agenti chimici che, pur non essendo classificabili come pericolosi, in base ai numeri 1) e 2), possono comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori a causa di loro proprietà chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche e del modo in cui sono utilizzati o presenti sul luogo di lavoro,compresi gli agenti chimici cui è stato assegnato un valore limite di esposizione professionale.
Agenti fisici (art. 180 D.Lgs. 81/08)
Per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.