

L. BOSMAN,
F. LAZZERI,
J. LEGITIMO

Dipartimento di Fisica dell'Università, Pisa

LE SCIENZE NELLA SCUOLA DELL'OBBLIGO

a cura di PAOLO VIOLINO

*(Per eventuali contributi indirizzare al curatore,
Viale dei Cipressi, 2 - 10090 Bruino (TO))*

Argomenti e concetti di elettricità nella scuola elementare

Quanto verrà esposto è uno dei risultati del lavoro di studio e collaudo di proposte didattiche per introdurre il concetto di corrente elettrica e di tensione (e la relazione tra tensione, corrente e carico) al livello di scuola di base.

L'itinerario didattico è stato costruito e provato con allievi di quinta elementare; la scelta di tale collocazione è stata fatta in base alle seguenti considerazioni:

- a) se si ritiene che i concetti base dell'elettromagnetismo possano rientrare nella formazione scientifica di base, in modo che gli allievi che escono dalla scuola dell'obbligo possano servirsene per comprendere fatti e situazioni della realtà quotidiana, è necessario che l'itinerario educativo sia funzionale e preveda il tempo necessario a tutto il lavoro sperimentale che fa da supporto ai modelli ed alla struttura teorica. Quindi è importante vedere quanto è possibile anticipare, al livello di scuola elementare, con una presentazione idonea, un certo numero di conoscenze.
- b) l'attività sperimentale per la raccolta di dati per analizzare i fatti e per arrivare ai concetti richiede un paziente lavoro operativo, a volte anche banale, ma che va eseguito con cura; è noto che è molto più facile ottenere ciò da bambini di 8-10 anni che di 11-13, specialmente se prima non lo hanno mai fatto; quindi l'anticipare le conoscenze permette l'acquisizione di abilità pratiche indispensabili al lavoro successivo.
- c) un approccio operativo in cui gli allievi sono guidati in un lavoro concreto abbastanza semplice ma che realizzi situazioni in cui entrano fatti noti ed interessanti, motiva gli allievi ad un lavoro di prove-controprove-modifiche, per la ricerca delle spiegazioni. È importante indurre un tale atteggiamento il più presto possibile.

Schema del lavoro proposto

Costruzione di un circuito elementare pila-lampadina. Su una tavoletta di faesite si fissano: la pila, i portalampe, gli interruttori, usando per i collegamenti fili connettori a morsetti. (V. Figura).

Rappresentazione grafica simbolica dei componenti.

Accensione delle lampadine, circolazione della corrente e dipendenza del verso di circolazione dalla pila (prove).

Lavoro costruttivo-esplorativo sulla possibilità di instradare la corrente con interruttori-deviatori.

Analisi di come cambiano le cose quando più lampadine inserite nel circuito sono collegate in modo diverso (serie-parallelo).

Formulazione di ipotesi circa il comportamento della corrente nei vari casi.

Misura della corrente mediante strumenti standard (unità di misura).

Costruzione di alcuni circuiti a partire dallo standard (unità di misura).

Costruzione di alcuni circuiti a partire dallo schema.

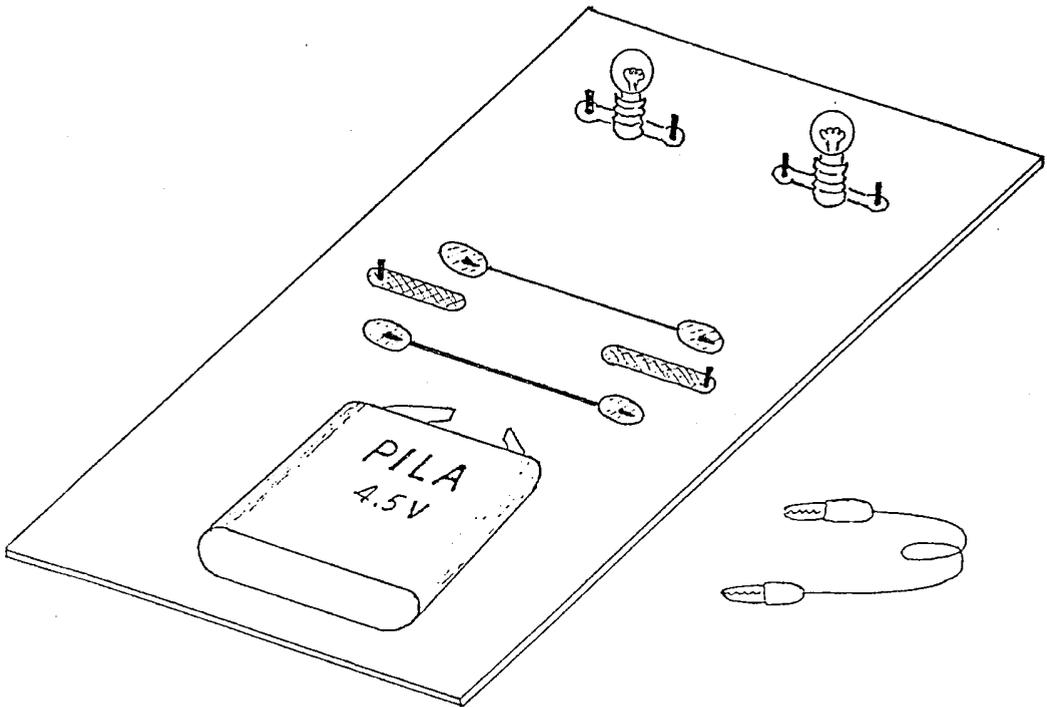
Misure e discussione dei risultati.

Introduzione della tensione.

Relazione tra corrente, tensione e carico del circuito.

Quanto previsto dallo schema è stato articolato in episodi di lavoro in cui l'attività guidata direttamente dagli autori veniva preceduta ogni volta da un incontro con gli insegnanti (*) cui veniva illustrata l'attività da proporre ai bambini (i risultati cui il lavoro era mirato, il programma di esecuzione, le eventuali uscite laterali e le conoscenze presupposte) e seguita da un lavoro affidato agli

(*) Gli insegnanti erano due trattandosi di una scuola a tempo pieno.



insegnanti cui venivano forniti lo schema ed il materiale compreso testi di prove scritte di controllo.

1° Episodio di lavoro

Una prima parte è stata dedicata a discutere gli errori di montaggio cioè: sistemazione sulla tavoletta del portalampade e della pila, cui gli allievi avevano lavorato con gli insegnanti ai quali era stato raccomandato di non fare correzioni. Molte delle lampadine, una volta inserite nei portalampade e collegate alla pila non si accendevano, alcune erano bruciate e nel montaggio diversi portalampade erano stati deformati per cui alcuni erano in corto ed altri non permettevano il contatto elettrico.

Per tali considerazioni sono state usate delle figure alla lavagna che hanno permesso di passare dal disegno allo schema e quindi ai simboli dei vari componenti; infine la spiegazione del perché le lampadine si erano bruciate (diverse lampadine da 1.2 V erano state collegate alla pila da 4.5 V) ha permesso di stabilire che l'accensione di una lampadina mediante una pila va fatta tenendo presente i numeri scritti sia sulla lampadina che sulla pila (allo scopo sono state collegate lampadine di diversa

tensione di lavoro a pile diverse per osservare l'accensione e la luminosità nei vari casi).

Sistemate le tavolette sono stati fatti i collegamenti per accendere le lampadine. È stato proposto ai bambini di collegare le lampadine alla pila facendo tutte le connessioni possibili con i cavetti, osservare e registrare in ciascun caso l'accensione delle lampadine e la loro luminosità.

Utilizzando questi risultati sono state proposte le seguenti questioni:

- quale collegamento realizza l'accensione di due lampadine usando il minimo numero di cavetti?
- qual è il collegamento che permette l'accensione di entrambe le lampadine con la maggior luminosità?
- come accendere tre lampadine uguali in modo che siano ugualmente luminose?

Gli allievi dovevano prima disegnare lo schema che realizzava la situazione richiesta, poi montare il circuito ed infine scrivere il risultato accanto allo schema (anche se tale risultato non fosse quello richiesto).

Agli allievi era stato consigliato di lavorare in coppia ed utilizzare le due tavolette per realizzare e confrontare situazioni diverse.

All'insegnante è stato affidato il seguente schema di lavoro:

- a) sulla base delle prove fatte e dei risultati registrati individuare quali collegamenti sono equivalenti agli effetti dell'accensione e luminosità delle due lampadine.
- b) proporre agli allievi l'accensione di due lampadine dandone una interrotta (senza dirlo) e guidare i bambini nella ricerca della causa della non accensione (se lampadina o portalampane) e far constatare che alcuni collegamenti permettono l'accensione della sola lampadina buona, altri no.

Naturalmente i risultati di tutte le prove andavano registrati.

2° Episodio

È stato analizzato il risultato della classificazione relativa ai collegamenti che realizzano l'accensione di entrambe le lampadine: la conclusione cui gli allievi erano giunti era che i possibili collegamenti portavano a due situazioni: una in cui ciascuna lampadina veniva collegata alla pila, l'altra in cui le lampadine andavano alla pila collegate tra loro (ciascuna era collegata direttamente alla pila con un solo cavetto); ancora nel caso della prima situazione le lampadine erano più luminose.

È stato quindi deciso di dare un nome ai due tipi di collegamenti ed un simbolo grafico. Per quanto riguarda la connessione del tipo serie il relativo simbolo (standard) è stato trovato del tutto naturale, mentre l'altro, quello relativo alla connessione del tipo parallelo, ha creato delle perplessità (secondo i bambini cancellava l'indipendenza delle due lampadine). La questione è stata ripresa in esame in varie occasioni ed è stata alla fine risolta.

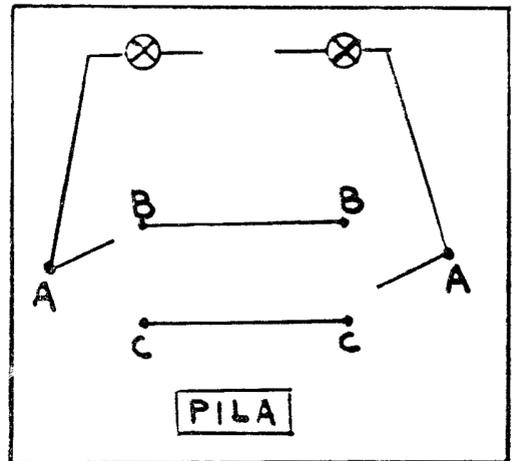
Sono state collegate in serie ed in parallelo anche le pile e ne è stato provato l'effetto sull'accensione di lampadine (es. una pila da 1.5 V in serie ad una da 3 V si comportava come una da 4.5 V, etc...). Sono state analizzate anche le situazioni seguenti: tre lampadine in parallelo collegate ad una pila da 4.5 V (parzialmente scarica) erano meno luminose delle tre lampadine collegate in serie alla stessa pila (il contrario di quanto succedeva per due lampadine sempre da 3.5 V con la pila da 4.5 V). È stato anche provato che due pile messe in corto non accendevano lampadine ma si scaldavano. Di questi fatti non sono state date interpretazioni e spiegazioni, dal momento che i bambini non le chiedevano, essi erano molto interessati ad osservare i fatti ed a riprodurli. L'insegnante ha poi guidato un lavoro di confronto di luminosità di lampadine di diversa tensione di lavoro montate in serie ed in parallelo ad una e due pile in serie. Per ogni operazione di montaggio si dovevano riprodurre

gli schemi e registrare i risultati. Inoltre gli allievi dovevano riconoscere in alcuni schemi grafici quando le lampadine erano montate in serie o in parallelo.

3° Episodio

Il lavoro di questo intervento è stato preparato dalla seguente attività affidata agli insegnanti.

Sulle singole tavolette è stato montato il circuito come in figura, in cui buona parte dei collegamenti erano fissi realizzati con filo conduttore collegato agli elementi del circuito mentre la connessione con la pila e tra le due lampadine veniva fatta con cavetti.



Con questo dispositivo si doveva:

- 1) collegare le lampadine in serie e, per ciascuno dei collegamenti sotto indicati, controllare l'accensione delle lampadine.
 - a) collegare i punti A_1A_2 alla pila. Mantenendo sempre la connessione A_1A_2 e pila
 - b) collegare A_1 con B_1 ed A_2 con B_2
 - c) collegare A_1 con C_1 ed A_2 con C_2
 - d) collegare A_1 con B_1 ed A_2 con C_2
 - e) collegare A_1 con C_1 ed A_2 con B_2
 Raccogliere i risultati in una tabella.
- 2) Ripetere tutte le prove precedenti con le lampadine collegate in parallelo.

Dai risultati sperimentali di tale lavoro (registrati con cura) era venuto fuori che nelle situazioni a), d), e) le lampadine si accendevano, mentre nelle situazioni b) e c) non ed in questi

casi la pila si scaldava: ciò faceva supporre la presenza di un altro percorso attraverso il quale fluiva tutta la corrente erogata dalla pila. Per controllare il passaggio della corrente nei vari tratti del circuito è stato suggerito di utilizzare una lampadina di prova: la sua accensione quando è inserita nel tratto Pila-A₁ o Pila-A₂ conferma che c'è un passaggio di corrente. La lampadina di prova inserita poi nel tratto B₁B₂ (o C₁C₂) ha fatto accendere debolmente le altre due lampadine fisse, mettendo in evidenza che inserita in quella posizione « fa passare corrente » anche nel tratto delle lampadine fisse.

Dopo aver ripetuto le prove precedenti usando anche lampadine di diversa tensione di lavoro (per confrontare le varie luminosità) si è cercato di spiegare tutto ciò portando gli allievi a riconoscere che:

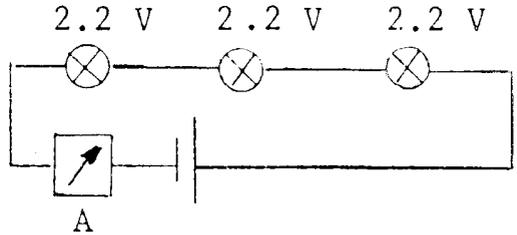
- una cosa sono i fatti ed altra cosa sono le spiegazioni che se ne danno sulla base di altre conoscenze.
- spiegare un fatto non significa costruire una sequenza di situazioni compatibili con quanto osservato, la spiegazione deve portare a comprendere come si è prodotto, come si può riprodurlo e come questa conoscenza ci permetta di costruire altre situazioni connesse.

Sono stati prima riassunti i fatti così:

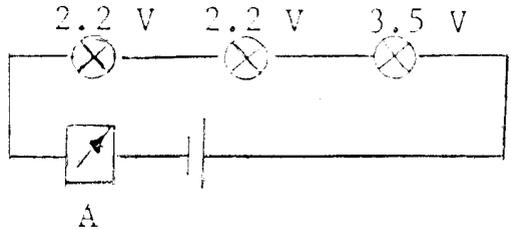
- a) in un circuito chiuso che si ottiene collegando più lampadine ad una batteria, la corrente (che circola) dipende dalla tensione della batteria (valore indicato sulla pila), dalla tensione di lavoro di tutte le lampadine e dal modo in cui sono collegate.
- b) se in un tratto di circuito chiuso c'è una diramazione che si richiude (es. un parallelo di due lampadine), la corrente segue entrambi i percorsi (le lampadine si accendono entrambe).
- c) è possibile cambiare il percorso della corrente operando collegamenti interni al circuito (mediante interruttori-deviatori) e può succedere che in corrispondenza di una diramazione la corrente segua uno solo dei percorsi.

Per quanto riguarda l'affermazione a) è stato fatto notare che, rispetto ai fatti osservati, contiene di più perché, mentre in tutte le prove precedenti si era sempre parlato di passaggio di corrente, essa suggerisce il confronto tra il valore della corrente nelle varie situazioni. È stato perciò usato l'amperometro (uno strumento che inserito opportunamente nel circuito « legge la corrente che passa », ne dà cioè il valore numerico); sono state eseguite le seguenti prove (in ciascun caso l'amperometro A veniva inserito vicino alla batteria, a destra o a sinistra):

1) lampadine in serie

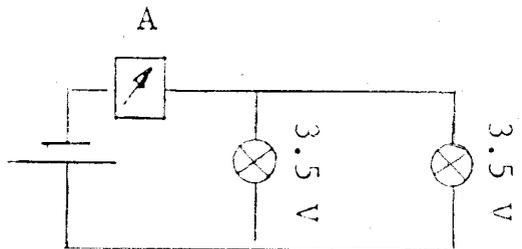


2) lampadine di diversa tensione di lavoro in serie

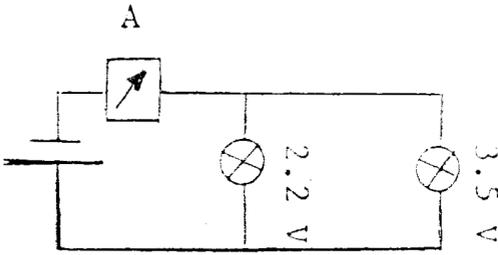


3) come nel caso precedente scambiando di posto le lampadine

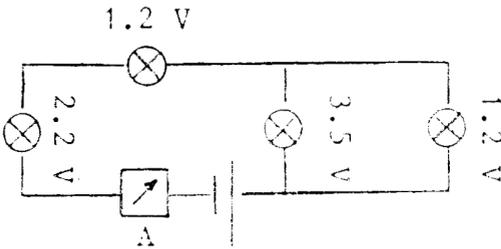
4) lampadine in parallelo



5) lampadine di diversa tensione di lavoro in parallelo



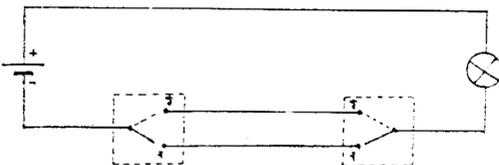
6) una serie di lampadine più un parallelo



Da questa prova è anche venuto fuori che il valore della corrente non cambia se in un circuito vengono scambiate di posto due lampadine diverse collegate in serie o due lampadine diverse collegate in parallelo, mentre cambia il valore della corrente quando, come nell'esempio 6), vengono scambiate di posto la lampadina da 1.2 V del parallelo con quella da 2.2 V della serie.

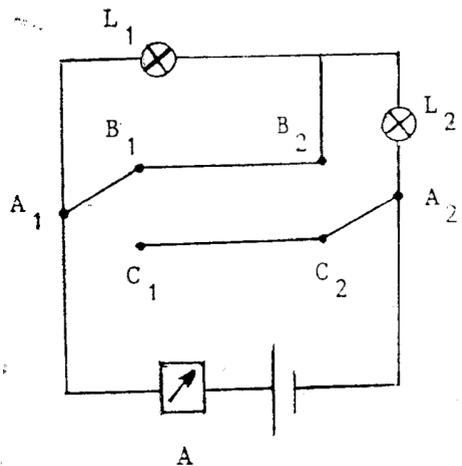
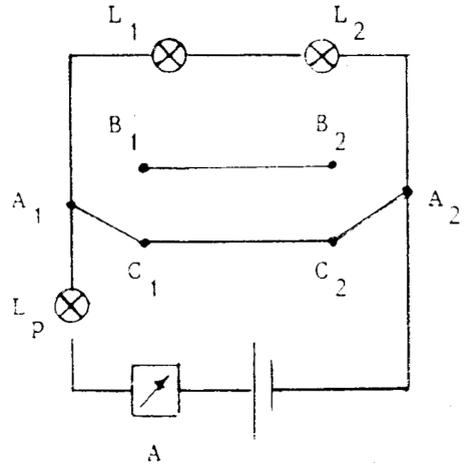
Questi risultati hanno anche suggerito che ci fosse una relazione tra il valore della corrente e la luminosità delle lampadine. Infine per comprendere i fatti riassunti dall'affermazione c) (perché la corrente a volte segue le due vie dalla diramazione ed in altri casi no) si è ritenuto necessaria una raccolta sistematica di dati relativi a diverse situazioni. È stata affidata agli insegnanti una sequenza di prove in cui venivano suggeriti una serie di collegamenti tra gli elementi del circuito in modo da pilotare con gli interruttori l'accensione delle lampadine (tenendo la pila sempre inserita).

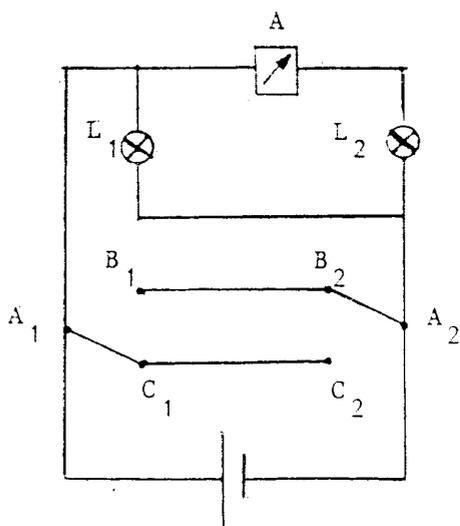
Il 4° episodio è stato dedicato a scoprire come funziona un interruttore a due vie, costruendolo; si è arrivati al seguente schema:



Questo lavoro è risultato molto istruttivo per comprendere il percorso seguito dalla corrente; ha permesso con la discussione (le varie proposte relative alle connessioni elettriche venivano disegnate alla lavagna, esaminate, provate sulla tavoletta) di valutare le conoscenze acquisite. Infine tutto questo ha portato ad un risultato concreto, connesso con situazioni familiari agli allievi.

Il 5° episodio è stato dedicato ad una serie di prove a risultato quantitativo. Sono stati costruiti degli amperometri (adattando opportunamente degli strumenti da pannello) con i quali gli allievi (operando a gruppi) hanno misurato il valore della corrente nei circuiti seguenti:





Lp indica la lampadina di prova

L'analisi dei risultati ha messo in evidenza:

- la corrente in un dato circuito è la stessa prima e dopo ogni elemento (considerando tale anche un parallelo di lampadine collegato in serie ad altre lampadine singole) quindi è la stessa in tutti i punti.
- in corrispondenza delle diramazioni (chiusa) la corrente si ripartisce nei vari rami e la somma dei valori della corrente nei vari tratti è uguale al valore della corrente prima e dopo la diramazione.
- tale ripartizione avviene in modo che il valore della corrente è maggiore nel tratto dove è inserita la lampadina a minore tensione di lavoro.

Questo risultato ha portato a concludere che se in uno dei due tratti di una diramazione non ci sono lampadine la corrente passa « tutta » da quella parte e la lampadina dell'altro tratto non si accende. Sono state così comprese le situazioni di accensione e non delle lampadine al variare dei collegamenti tra gli elementi del circuito e l'inserimento della lampadina di prova.

Il 6° ed ultimo episodio è stato dedicato ad introdurre « la tensione ». È stato proposto agli allievi il seguente lavoro: sono stati montati due circuiti uguali con lampadine di diversa tensione di lavoro in serie ad una pila. Uno dei due circuiti è stato interrotto in un punto (sempre tenendo la batteria inserita), le lampadine si sono spente perché non passava corrente; è stato fatto un controllo con l'amperometro che gli allievi hanno inserito correttamente (avevano anche chiaro che lo strumento

inserito ai capi dell'interruzione avrebbe richiuso il circuito e quindi avrebbe segnato il valore della corrente). È stato allora suggerito di inserire ai capi dell'interruzione il voltmetro (costruito in modo analogo all'amperometro) con il quale si controllava la tensione delle pile. In tale posizione lo strumento indicava lo stesso valore che si leggeva ai capi della pila (a circuito interrotto). Sempre a circuito aperto è stato constatato che il voltmetro inserito ai capi di ciascuna lampadina non segnava.

Le stesse prove ripetute sul circuito chiuso indicavano ai capi delle singole lampadine valori diversi, tutti inferiori a quelli della pila. Dopo diverse prove e misure qualcuno si è accorto che i valori delle « tensioni » lette ai capi delle varie lampadine, sommati, davano il valore della tensione della pila (a circuito chiuso). Questo fatto è stato ritrovato in molte situazioni diverse (sostituendo anche qualche lampadina con un parallelo di altre lampadine).

Non è stato difficile arrivare a stabilire che, in un circuito dove la corrente è determinata (si misura) e costante, il diverso valore della tensione che si legge ai capi di lampadine diverse dipende da una caratteristica delle lampadine (la resistenza): quindi sono proprio queste caratteristiche delle singole lampadine ed il modo in cui si combinano nei vari tipi di collegamenti che, insieme con il valore della tensione della pila, determinano il valore della corrente nel circuito.

Con questo risultato è stato concluso il lavoro didattico: era determinato il periodo di tempo che nella programmazione degli insegnanti era stato dedicato a questa attività (15 ottobre - 10 maggio); situazioni scolastiche contingenti hanno ridotto a 6 il numero previsto di 10 episodi. È mancata pertanto la formalizzazione dei risultati che era stata così preparata: in un primo tempo far accendere la lampadina mettendo in serie e/o in parallelo una resistenza, osservare la luminosità della lampadina e misurare la corrente (per diversi valori della resistenza). Questo per spostare l'interesse sul comportamento-funzione della resistenza. Si sarebbe quindi passati a lavorare con resistenze ohmiche sostituendo anche la pila con un alimentatore. Infine con i dati raccolti, mediante un grafico, sarebbe stato possibile dare una forma quantitativa ai risultati trovati.

Considerazioni conclusive

Per completare questo resoconto vorremmo brevemente indicare come l'obiettivo del nostro lavoro sia legato ai criteri adottati per la scelta e la sequenza delle attività.

Scopo del nostro lavoro è stato quello di portare i bambini ad acquisire delle conoscenze specifiche (concetti di corrente, tensione) a

partire da quello che sapevano abituandoli a guardare fatti, anche se noti, attraverso i risultati di altre prove dirette volte a ricostruire i fatti stessi; inducendoli ad atteggiamenti cauti nei confronti di spiegazioni di processi osservati, accettando anche che a volte le conclusioni basate su alcuni risultati debbano essere rimesse in discussione alla luce di nuovi risultati.

L'aver usato lampadine come elementi del circuito ha permesso, specialmente nella fase iniziale, di osservare dei fatti legati a passaggio di corrente (accensione e luminosità delle lampadine) senza bisogno di introdurre subito definizioni (termini astratti) e strumenti di misura (di uso non immediato) per rivelare gli effetti.

Molta importanza è stata data a mostrare, durante il lavoro, la corrispondenza tra i fatti e le situazioni che si presentavano ed il modo in cui essi vengono descritti nel linguaggio comune ed in quello scientifico. Questo ha fatto sì che la parola « corrente » inizialmente usata dai bambini per indicare cose molto vaghe e diverse: es.: la radio, il mangianastri, le lampadine « vanno » perché « prendono la corrente dalla presa nel muro », alla fine era diventato un termine correttamente riferito ad un concetto come mostrano gli esempi sottoindicati (frasi prese da compiti scritti).

1° es.: « la lampadina A non si accende perché è montata in un tratto di circuito in cui non passa corrente perché l'interruttore T_1 è aperto ».

2° es.: « la lampadina non si accende perché il circuito non è chiuso: un polo della pila è staccato quindi non passa corrente ».

Per quanto riguarda gli strumenti, i bambini vedendoli usare da noi hanno cominciato a guardare con attenzione come li usavamo ed a chiedere il perché delle varie manovre, il significato delle letture, etc... e quando finalmente è stato loro consentito di usarli si sono dimostrati diligenti e responsabili.

Tutto questo ci induce a dare una valutazione positiva del risultato di questo lavoro: i bambini hanno acquisito delle conoscenze di carattere fondamentale ed un sano atteggiamento di fronte ai fatti.

Tale affermazione è basata non tanto sulle prove scritte e pratiche che concludevano le varie fasi di lavoro (queste prove davano informazioni circa l'apprendimento specifico contestuale), ma dal loro modo di porre le questioni, dall'interesse, non stimolato, per certi fatti che notavano e tentavano di ricondurre a situazioni analizzate nel corso dell'attività detta.

Esempio:

a) Un bambino aveva notato che la sua pila

(da 4,5 V) che a causa di un lungo periodo di funzionamento non riusciva a far accendere la lampadina da 3,5 V; lasciata a riposo per un certo tempo era di nuovo in grado di accendere la lampadina; ancora alternando periodi di funzionamento a periodi di riposo la pila recuperava sempre meno.

b) Alcuni bambini avendo constatato che le loro pile erano scariche e non permettevano di lavorare, hanno pensato di metter in serie un certo numero di pile (parzialmente scariche) per ottenere una tensione di valore adatto allo scopo; valore che avevano controllato con l'accensione di un certo numero di lampadine in serie.

c) Dopo l'attività riguardante l'interruttore a due vie, una bambina ha chiesto se era possibile accendere e spegnere una lampadina da tre interruttori diversi; a casa sua era stato fatto un montaggio di questo tipo ma uno dei tre interruttori creava delle difficoltà e quindi voleva sapere come sistemare le cose. In seguito alla nostra risposta che non era possibile una diagnosi senza vedere l'impianto o quanto meno senza un insieme di informazioni che mostrassero la dissimetria di comportamento dei tre interruttori, è tornata a scuola con una tabella di risultati di alcune prove di accensione e spegnimento dai vari interruttori.

d) Il diverso comportamento, ai fini dell'accensione, delle lampadine collegate in parallelo, rispetto alla serie, quando una delle lampadine è interrotta, ha portato i bambini a pensare all'impianto di illuminazione domestica: l'indipendenza delle lampade nelle varie stanze faceva supporre un collegamento in parallelo, ma sentivano anche la necessità di chiarirsi come questo veniva realizzato tenendo presente la distribuzione delle stanze negli appartamenti.

* * *

Gli autori ringraziano:

Prof. Paolo Violino per il contributo dato nella stesura del programma dell'attività.

Simonetta Polacco (Diplomata Istituto Magistrale) per aver collaborato all'attività descritta preparando e collaudando materiale per gli interventi e partecipando alle sedute di lavoro con gli allievi.

Gli insegnanti della classe: Laura Giachetti e Giuseppe Vittorini per la collaborazione e l'impegno mostrato durante il lavoro svolto.