

# Misure e strumenti di misura

NADIA GASPARINETTI\*

## SUNTO

*In questo laboratorio per la scuola secondaria di primo grado, mettendo in rilievo alcuni aspetti matematici correlati, si affronta il problema della misura di alcune grandezze fisiche e chimiche, in svariati ambiti. Sono stati considerati, ad esempio, i circuiti elettrici, la luminosità delle stelle, l'intensità di un terremoto, l'acidità di una soluzione. Gli studenti hanno utilizzato vecchi strumenti del laboratorio della scuola, ma hanno anche costruito rudimentali apparecchi per misurare e modelli per illustrare la teoria. Hanno imparato a usare le potenze di dieci per esprimere numeri molto grandi o molto piccoli.*

## PAROLE CHIAVE

DIDATTICA DELLA MATEMATICA / MATHEMATICS EDUCATION; SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO / MIDDLE SCHOOL; SCIENZE INTEGRATE / SCIENCE INTEGRATION; MISURA DI GRANDEZZE CHIMICHE / MEASUREMENT OF CHEMICAL QUANTITIES; MISURA DI GRANDEZZE FISICHE / MEASUREMENT OF PHYSICAL QUANTITIES.

## 1. INTRODUZIONE

Il tema dell'ottava edizione della manifestazione "La matematica dei ragazzi" è stato deciso assieme alla collega Anna Rosati. In un primo momento si era pensato di organizzare un laboratorio comune; successivamente, per favorire la partecipazione di più classi, si è optato per la realizzazione di due laboratori distinti.

Si è iniziato a operare subito, sin dall'inizio dell'anno scolastico, dedicando una lezione alla settimana al laboratorio, grazie ai recuperi che la scuola attuava, avendo l'unità di lezione di 51 minuti. La scelta è ricaduta sulla classe seconda per vari motivi: dovendo iniziare il lavoro già a settembre, si doveva escludere la classe prima (gli alunni non si conoscevano tra loro, era quindi molto più difficile avviare il lavoro di gruppo), mentre la classe terza della medesima sezione aveva molti impegni già programmati in altre discipline.

La classe era numerosa, ma molto ben preparata: praticamente tutti raggiungevano almeno la sufficienza nelle varie discipline e diversi alunni avevano riportato risultati eccellenti. Tutti erano sempre interessati ai vari argomenti e molto informati. Le famiglie, inoltre, si dimostravano molto collaborative.

Non appena è stato comunicato il tema prescelto, sono fioccate le proposte di lavoro: sicuramente ci sono tantissime cose da dire parlando di "misura". La difficoltà maggiore è stata proprio quella di selezionare solo alcuni argomenti. Ciò è stato fatto dopo molteplici discussioni, tenendo conto anche dei programmi didattici che gli allievi avrebbero dovuto affrontare in futuro. I gruppi (in numero di quattro) si sono formati spontaneamente, grazie all'ormai consolidata abitudine a lavorare insieme, soprattutto nei molti progetti dell'area letteraria e linguistica. Ogni gruppo ha scelto le rispettive tipologie di "misure" e di "strumenti" da presentare. I materiali e i testi sono stati reperiti anche con l'aiuto delle famiglie e dei colleghi; sono stati, inoltre, desunti dal web o individuati nella biblioteca della scuola.

Di seguito si illustreranno il lavoro preliminarmente svolto da ogni gruppo e la relativa presentazione alla manifestazione.

## 2. PRIMO GRUPPO: I CIRCUITI ELETTRICI E IL TERMOMETRO GALILEIANO

Questo gruppo ha prodotto il lavoro meglio riuscito, tanto che anche dopo lo svolgimento della manifestazione ha presentato il laboratorio a diverse classi di scuola primaria e secondaria di primo grado dell'istituto comprensivo di appartenenza (per la parte dedicata all'elettricità, solo alle classi terze della scuola secondaria). A mano a mano che procedevano nelle presentazioni, gli alunni continuavano ad affinare il linguaggio specialistico e, particolare importante, a graduare da soli la difficoltà della presentazione a seconda dell'interlocutore.

Per lo svolgimento del laboratorio, gli allievi hanno costruito un circuito elettrico con una o due pile, fili conduttori, una lampadina e un vecchio reosta-

to a cursore in dotazione al laboratorio della scuola. Disponevano, inoltre, di un amperometro e di un voltmetro. In Figura 1 è riportato il disegno realizzato dagli alunni, che rappresenta il circuito, completo di reostato (il lungo rettangolo grigio) con il collegamento all'amperometro (a destra) e al voltmetro (al centro, dietro alla pila).

La presentazione ai visitatori procedeva come segue.

All'inizio, il gruppo parlava delle grandezze fisiche in gioco e delle relative unità di misura, spiegandone un po' la storia. Poi, per prima cosa gli allievi misuravano l'intensità di corrente, in ampere, inserendo l'amperometro in serie nel circuito con i fili conduttori, la lampadina e le pile (prima una sola pila, poi due). Successivamente inserivano nel circuito, sempre in serie, il reostato e facevano osservare come l'intensità di corrente cambiasse al variare della posizione del cursore del reostato.

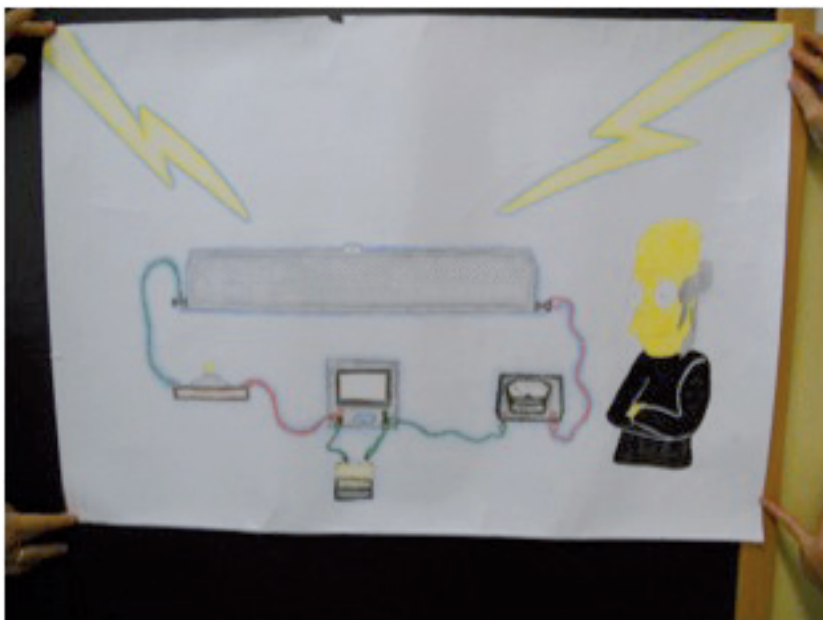


Figura 1. Illustrazione del circuito realizzata dagli allievi.

Oltre alla misura segnata dalla lancetta sulla scala graduata dell'amperometro, si notava anche la maggiore o minore luminosità della lampadina, spiegando che a una maggiore resistenza corrisponde una minore luminosità, e viceversa. In questa prova si voleva che rimanesse costante la differenza di potenziale, quindi si lasciava collegata sempre una sola pila.

Nel corso delle discussioni e degli approfondimenti in classe, un ragazzo aveva notato che molte lampade a piantana che abbiamo in casa sono dotate di una specie di scatoletta collegata al filo della corrente, che serve a regolare l'intensità luminosa della lampada: si tratta proprio di un reostato.

Veniva poi svolta un'altra prova, sulla misurazione in volt della tensione del circuito. Nel circuito base (costituito da fili, pila e lampadina) si inseriva in parallelo il voltmetro e si provava con una, due e più pile, notando di volta in volta la variazione della misura sullo strumento.

Durante le prove in classe, il gruppo si era reso conto che il reostato mancava di tacche di misurazione; gli allievi avevano proposto, quindi, di creare sullo strumento una scala graduata. Per giungere a ciò, si era reso necessario spiegare loro la prima legge di Ohm<sup>1</sup>. Gli allievi avevano poi costruito la scala graduata, calcolandone i valori in base alle misure fornite dall'amperometro e conoscendo la differenza di potenziale.

Dovendo trattare la proporzionalità diretta e inversa proprio durante quell'anno scolastico, questo argomento fu anche usato come esempio nelle spiegazioni in classe sulla proporzionalità<sup>2</sup>.

Il gruppo passava poi a illustrare il *termometro galileiano*, un curioso strumento che molti scambiano per un oggetto d'arredo e che, spesso, fa bella mostra di sé nei negozi di ottica. Si tratta di un cilindro di vetro riempito di alcool, all'interno del quale galleggiano delle ampolline contenenti un liquido colorato. Spesso il colore è diverso da una boccetta all'altra: ciò non è determinato da esigenze scientifiche, ma solo da praticità o da motivi estetici; ogni ampollina è dotata di una targhetta di metallo sulla quale si può leggere un numero (che serve a indicare la temperatura in gradi centigradi).

In condizioni di equilibrio termico, si notano due gruppi di boccette, l'uno nella parte più alta del cilindro e l'altro nella parte più bassa; talvolta una boccetta può trovarsi a metà dell'altezza del cilindro. La temperatura esterna è data dal numero segnato sull'ampolla più in basso tra quelle del gruppo in alto, o da quella a metà dell'altezza del cilindro, se è presente.

La spiegazione di ciò si basa sul principio di Archimede<sup>3</sup>: ogni ampolla contiene un liquido di densità costante, diversa in ognuna di esse; se la temperatura esterna sale, l'alcool nel cilindro si dilata, quindi diminuisce la sua densità e diminuisce anche la sua spinta nei confronti dei corpi che vi sono immersi. Le ampolle con i liquidi più densi dell'alcool si portano così verso il fondo, le altre verso la parte superiore e tendono a galleggiare. L'ampolla a metà altezza segna l'equilibrio e indica la temperatura esterna; in assenza di questa, si prende come misura il numero indicato dall'ampolla più bassa tra quelle che si portano verso la parte superiore del liquido. Ovviamente lo strumento ha dei limiti, dovuti ai valori di densità e di dilatazione del liquido usato e indipendente dalle dimensioni del cilindro; in quello da noi considerato si leggeva solo un intervallo di temperature comprese tra 18 °C e 26 °C.

### 3. SECONDO GRUPPO: LE STELLE E GLI STRUMENTI DELL'ELICOTTERO

È stato questo, da subito, il gruppo più “tecnologico”: immediata è stata la proposta di usare il software *Stellarium*<sup>4</sup> che consente l'individuazione di stelle, costellazioni e pianeti. Inoltre, un genitore, ufficiale pilota nell'Aeronautica militare, tenne una lezione in classe sugli strumenti in dotazione a bordo degli elicotteri, che si rivelò densa di notizie e spunti interessanti, ripresi poi dal gruppo.

I ragazzi decisero che avrebbero parlato del “molto lontano”, ossia di stelle e galassie. Si è ritenuto quindi opportuno impartire una lezione introduttiva sulle potenze di 10 (riprendendo le nozioni già note su multipli e potenze), utile anche al lavoro del terzo gruppo sul concetto di pH. Si è così potuto valutare in chilometri un *anno luce*, ovvero la distanza percorsa dalla luce in un anno (365 giorni). La velocità della luce è stata approssimata con  $3 \cdot 10^5$  km/s e, dopo aver calcolato quanti secondi corrispondono a un anno, si è ottenuto che un anno luce corrisponde a circa  $9,4608 \cdot 10^{12}$  km, ovvero a circa 9461 miliardi ( $9460,8 \cdot 10^9$ ) di chilometri.

Durante la manifestazione i ragazzi hanno poi proposto diversi esempi di questo tipo, come il seguente: “*Se dico che un corpo celeste dista 23 anni luce da noi, significa che la luce deve viaggiare 23 anni per arrivarci, quindi,...*”. Ogni risultato si doveva quindi esprimere con potenze di 10.

Il gruppo ha poi considerato (e, in seguito, spiegato ai visitatori della manifestazione) come, utilizzando uno strumento detto *fotometro*, viene valutata la luminosità (o intensità luminosa) delle stelle. La misura ottenuta col fotometro dà la cosiddetta *magnitudine relativa*, che dipende dalla distanza della stella dallo strumento; ad esempio, il Sole appare molto luminoso perché è “molto” vicino all'osservatore situato sulla Terra. La *magnitudine assoluta* viene invece ottenuta rapportando la misura ottenuta dallo strumento con una distanza standard, posta per convenzione pari a 3,26 anni luce. Le scale di *magnitudine assoluta* sono in ordine inverso rispetto all'incremento della luminosità: ad esempio, un valore di 1 indica grande luminosità, mentre il valore 5 della stella Sole indica una bassa luminosità. Esistono anche stelle luminosissime che hanno valori negativi di *magnitudine*<sup>5</sup>.

Durante la manifestazione, gli allievi hanno proposto ai visitatori una misurazione empirica dell'intensità di una sorgente luminosa: per fare ciò hanno costruito uno strumento molto rudimentale ossia “il calibro stellare”, suggerito da un testo scolastico<sup>6</sup>. Si tratta di una striscia di cartoncino (vedi Figura 2) con dei fori uguali, posti l'uno sotto l'altro; ogni foro è rivestito con strati di pellicola trasparente: il primo con un solo strato, il secondo con due, e così via.

Durante la manifestazione, i visitatori, tenendo in mano lo strumento, dovevano osservare una sorgente luminosa (prodotta da una lampadina o da un fiammifero accesi, tenuti in mano da uno studente del gruppo). L'intensità della sorgente luminosa veniva stabilita individuando quali fori consentivano di vederne la luce. Si attribuiva il massimo valore (1) se la sorgente luminosa si vedeva bene oltre

cinque strati di pellicola attraverso il quinto foro. Se si vedeva solo fino al quarto foro, si assegnava valore 2, e così via. Lo strumento veniva utilizzato per mostrare come i valori, per una stessa sorgente, variassero con la distanza e, inoltre, si annotavano i valori ottenuti per le due sorgenti luminose, fiammifero e lampadina, tenute alla medesima distanza.



Figura 2. Il “calibro stellare” per la misura dell’intensità di una sorgente luminosa.

Veniva infine utilizzato Il software “Stellarium” per mostrare ai visitatori i dati riguardanti magnitudine, relativa e assoluta, e distanza dalla Terra in anni luce di diversi corpi celesti.

L’intervento in classe del genitore, ufficiale pilota nell’Aeronautica militare, si era rivelato molto interessante: aveva posto prima di tutto il problema del sistema di riferimento (parlando di *quota dell’aereo*), spiegando che la quota può riferirsi al livello medio del mare (*altitudine*), al livello del suolo (*altezza*) oppure al livello in cui la pressione è pari a 1 atmosfera, cioè circa 1013 millibar (*livello di volo*). Lo strumento utilizzato per la misura della quota (*altitudine*) è l’*altimetro*, una sorta di barometro nel quale la variazione della pressione atmosferica (che decresce con l’altitudine) determina lo spostamento di una lancetta su una scala graduata<sup>7</sup>. In occasione dell’intervento in classe, il genitore aveva smontato lo strumento, facendo comprendere il suo funzionamento.

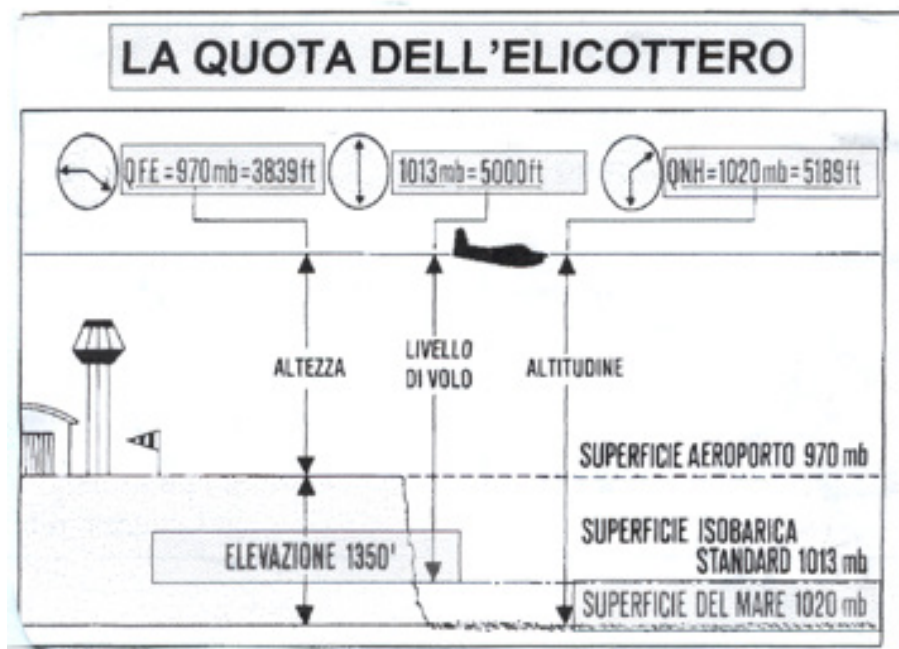


Figura 3. Il tabellone con le diverse definizioni di "quota".

#### 4. TERZO GRUPPO: PH, SCLEROMETRO E DETERMINAZIONE EMPIRICA DI VOLUMI

Questo gruppo era composto solo da alunne. Il tema del gruppo era stato suggerito dal fatto che avevano sentito parlare del pH nella pubblicità ed erano curiose di comprenderne il significato. Poi l'interesse si era esteso anche alla determinazione della durezza dei materiali e alla valutazione empirica dei volumi di solidi di qualunque forma.

Ho, quindi, colto l'occasione per trattare l'acidità di una soluzione. L'argomento è previsto in tutti i testi di scienze della scuola secondaria di primo grado, ma, durante i vari incontri svolti nell'ambito dei seminari organizzati dal CIRD per docenti di scienze delle scuole secondarie, erano emerse varie perplessità in merito: molte colleghe sostenevano che in tale contesto formativo gli alunni non possedessero le nozioni di base sufficienti per poter spiegare loro in modo esauriente l'argomento (ad esempio, si dovrebbe parlare di ione idronio e non di ioni idrogeno, gli allievi non sanno cosa siano i logaritmi, ecc.). In pratica, l'approssimazione a cui si dovrebbe per forza ricorrere creerebbe modelli semplificativi non sempre corretti. L'uso di modelli di polistirolo ha però facilitato la spiegazione. La presentazione alla manifestazione, che ha seguito più o meno il percorso fatto in classe, iniziava con un discorso introduttivo sulle potenze di 10, utili per comprendere il significato dei valori del pH. Poi, per illustrare la "soluzione acida o basica", le alunne avevano preparato, con pezzi di polistirolo colorato, un rudi-

mentale modello che rappresentava gli ioni idronio ( $H_3O^+$ ) e ossidrile ( $OH^-$ ). Bastava contare per vedere se la soluzione era acida (maggior numero di ioni idronio) o basica (maggior numero di ioni ossidrile).

Sono state poi considerate misure di pH di tipo “qualitativo” e “quantitativo”.

Per prima cosa le alunne hanno usato il *piaccametro*, uno strumento digitale (quindi di tipo quantitativo) che viene inserito nella soluzione e ne fornisce numericamente il valore del pH. Il suo funzionamento, basato sulla conducibilità della soluzione, non era di facile comprensione a questo livello scolare.

Le alunne sono passate quindi agli *indicatori*: si tratta di sostanze che cambiano colore a seconda che vengano aggiunte a una soluzione acida o, rispettivamente, basica, “indicando” così l’acidità o la basicità della soluzione stessa.

Oltre a considerare quelli reperibili in commercio (cartina al tornasole, fenoltaleina, ecc.), le ragazze si sono divertite a prepararne alcuni, estraendoli con acqua o alcool dalle piante; uno è stato predisposto già nei mesi invernali con il cavolo rosso e poi surgelato (perché non si sarebbe trovato in negozio in primavera, al momento della manifestazione) e altri con le foglie del tè o di alcuni fiori<sup>8</sup>.

Alla manifestazione, i visitatori venivano invitati a determinare il pH di: succo di limone, aceto, Coca-Cola e altre bevande, soluzioni di ammoniaca, sapone liquido, detersivo dei piatti.

Il gruppo ha anche affrontato un caso di misure empiriche, cioè quello della durezza dei materiali. Inizialmente è stata considerata la *scala di Mohs*, che prevede 10 gradi, ognuno dei quali corrisponde alla durezza di un determinato minerale: ad esempio, al primo grado corrisponde il talco e al decimo il diamante. Un minerale è considerato più duro di un altro se lo scalfisce. Questa scala però non fornisce valori assoluti della durezza e, inoltre gli intervalli tra un grado e l’altro non sono uguali tra loro.

Cercando nei libri e nel web, le alunne hanno trovato lo *sclerometro a molla di Schmidt*<sup>9</sup>, uno strumento che si usa anche nelle prove tecniche sui cementi e sulle rocce. Lo strumento si basa sul principio che il rimbalzo della massa metallica che percuote la superficie dipende dalla durezza della superficie stessa. Anche questi argomenti sono stati poi presentati alla manifestazione.

Le alunne, infine, hanno affrontato la determinazione empirica, per immersione, del volume di oggetti di forma qualunque. Questo metodo è stato poi illustrato alla manifestazione, usando un cilindro graduato riempito d’acqua fino a un dato livello. I visitatori immergevano nel cilindro l’oggetto di cui si voleva determinare il volume; l’introduzione dell’oggetto comportava l’innalzamento del livello dell’acqua. La differenza tra il livello finale e iniziale dell’acqua consentiva di ricavare il volume dell’oggetto immerso.



## 5. QUARTO GRUPPO: I TERREMOTI

I ragazzi di questo gruppo hanno concentrato la loro attenzione sui terremoti, soffermandosi su quelli di origine tettonica (cioè determinati da faglie attive)<sup>10</sup>.

Dopo aver considerato i concetti di *ipocentro* ed *epicentro*, hanno brevemente esaminato le diverse tipologie di *onde sismiche* e le rispettive modalità di propagazione. Si sono poi soffermati sugli strumenti per la rilevazione delle onde sismiche (sismografi) e sui sismogrammi<sup>11</sup>.

Successivamente hanno preso in esame la scala Mercalli-Cancani-Sieberg, di carattere empirico e qualitativo, che è basata sugli effetti distruttivi dei terremoti e quindi è condizionata dalla tipologia degli edifici e dei terreni su cui questi poggiano<sup>12</sup>. Hanno poi studiato la *magnitudo locale* introdotta da Richter, tesa a fornire in termini quantitativi una valutazione dell'intensità del terremoto<sup>13</sup>. Questa li ha portati a incontrare il concetto di *logaritmo* e, in particolare, i *logaritmi in base 10*, che ricorrono nelle formule per la determinazione dell'intensità sismica in base a dati ricavabili anche dai sismogrammi.

Infine, si sono soffermati sul problema della localizzazione dell'epicentro. In base alle *distanze epicentrali* fornite da tre stazioni di rilevamento sismico (non allineate tra loro) è possibile, infatti, ricavare, con una certa approssimazione, l'epicentro (o meglio, la *zona epicentrale*) del terremoto: questo si ottiene dall'intersezione delle tre circonferenze centrate sulle stazioni considerate di raggio pari alle rispettive distanze epicentrali<sup>14</sup>.

Alla manifestazione, i ragazzi riproponevano quanto fatto in classe, mostrando tra l'altro un rudimentale esempio di *sismografo*, da loro stessi realizzato con un pendolo dotato di pennarello e un rotolo di carta da cucina su cui veniva tracciato il "sismogramma", che registrava i movimenti provocati dai ragazzi stessi come simulazione di un evento sismico.

## 6. CONCLUSIONI

Come nelle precedenti edizioni della manifestazione "La matematica dei ragazzi" a cui ho partecipato con le mie classi, mi rendo conto che ci sarebbero stati anche altri aspetti da approfondire oltre a quelli presi in considerazione, ma il tempo a disposizione è sempre molto limitato sia durante l'attività curricolare sia durante la manifestazione.

Rispetto alle precedenti esperienze, è da rilevare però che ci sono state altre opportunità in cui gli alunni hanno potuto riproporre il loro lavoro. Nell'ambito del nostro Istituto comprensivo, il lavoro dei ragazzi è stato presentato agli alunni di altre classi, e, durante la "Giornata della scienza", anche ai genitori. Inoltre, è stato riproposto nell'ambito di due manifestazioni pubbliche di divulgazione scientifica: "Notte dei ricercatori" (Trieste, 2010) e "Giochi di scienze" (Muggia, 2010).

Tutte queste attività hanno indubbiamente favorito lo sviluppo delle competenze comunicative degli allievi, il rafforzamento della sicurezza in se stessi e il miglioramento della manualità. Si è altresì constatato che anche gli allievi più problematici hanno partecipato con entusiasmo, integrandosi pienamente nei gruppi e mettendosi in gioco volentieri. E tutti, insegnante compresa, si sono divertiti.

## NOTE

\* Scuola secondaria di primo grado “Divisione Julia”, Istituto Comprensivo “Divisione Julia”, Trieste [fulerene@libero.it](mailto:fulerene@libero.it)

1 La legge era nota nella forma semplificata  $V=R \cdot I$ , dove  $V$  indica la tensione elettrica (differenza di potenziale) espressa in volt,  $R$  la resistenza espressa in ohm e  $I$  l'intensità di corrente espressa in ampere.

2 Per le terze classi del nostro Istituto, esso è da tempo compreso nel programma dell'esame finale, dove, nel tema scritto di matematica, si chiede spesso di costruire un grafico considerando la variazione di  $R$  e  $I$ , mantenendo costante  $V$ , o, più raramente, la variazione di  $V$  e  $I$ , con  $R$  costante.

3 Il principio di Archimede era noto agli allievi solo in questa forma: “Ogni corpo immerso in un liquido riceve una spinta dal basso verso l'alto, uguale per intensità al peso del liquido spostato”.

4 Si tratta di un software molto ricco e interessante che realizza un planetario adattabile a ogni località di cui vengano impostate le coordinate. È *open source* e scaricabile liberamente dal sito web: [www.stellarium.org](http://www.stellarium.org)

5 ACCORDI, LUPIA PALMIERI 1987, pp. 6-7, 215-217.

6 DIEHN, KRAUTWURST 2005, pp. 138-139.

7 Poiché la pressione atmosferica può variare, per mantenere la precisione dello strumento sono necessarie tarature sistematiche in corrispondenza di punti di altitudine nota.

8 Per altri esempi di utilizzo di materiali di uso comune nella didattica della chimica si rinvia a DALL'ANTONIA, GASPARINETTI 2011a, 2011b.

9 <http://it.wikipedia.org/wiki/Sclerometro>

10 Si veda in proposito CASATI 2004, pp. 131-133.

11 Si veda in proposito IBIDEM, pp. 133-136.

12 Si veda in proposito IBIDEM, p. 139.

13 La *magnitudo locale*  $M_L$  è il logaritmo in base dieci della massima ampiezza d'onda sismica misurata in micrometri registrata da un sismografo standard a una distanza di 100 chilometri dall'epicentro (cfr. IBIDEM, p. 139). Ai fini del calcolo della  $M_L$  si veda in particolare la figura 9.21 (cfr. IBIDEM, p. 143).

14 Si consideri in proposito IBIDEM, p. 136. Per spunti didattici sulla problematica correlata della localizzazione tramite sistema GPS, cfr. CANDUSSIO 2009.

## BIBLIOGRAFIA

ACCORDI B., LUPIA PALMIERI E., 1987, *Il globo terrestre e la sua evoluzione*, Zanichelli, Bologna.

CANDUSSIO G., 2009, *Dove siamo? Ci siamo persi?... No! Abbiamo il GPS!*, in ZUCCHERI L., GALLOPIN P., ROCCO M., ZUDINI V. (a cura di), «La matematica dei ragazzi: scambi di esperienze tra coetanei. Edizione 2008», Trieste, EUT, pp. 52-64.

CASATI P. (a cura di) 2004, *Scienze della Terra - vol. 1: Elementi di Geologia Generale*, Torino, Città Studi Edizioni.

DALL'ANTONIA P., GASPARINETTI N., 2011a, *La chimica in cucina: emulsioni, sospensioni, gel*, «QuaderniCIRD» n. 2, pp. 6-24.

DALL'ANTONIA P., GASPARINETTI N., 2011b, *I grassi in casa. Dagli oli di frittura al sapone di Marsiglia*, «QuaderniCIRD» n. 3, pp. 7-32.

DIEHN G., KRAUTWURST T., 2005, *L'officina della scienza, 50 divertenti progetti per divertirsi imparando la scienza*, Milano, Editoriale Scienza.

PER APPROFONDIRE

BOLT B. A., 1986, *L'interno della Terra. Come i terremoti ne rivelano la struttura*, Zanichelli, Bologna.

SITI WEB

<<http://www.stellarium.org/>>;  
sito consultato il 26/06/2011

<<http://it.wikipedia.org/wiki/Sclerometro>>; sito consultato il  
26/06/2011

<[http://www.protezionecivile.gov.it/cms/view.php?dir\\_\\_pk=395&cms\\_\\_pk=14793](http://www.protezionecivile.gov.it/cms/view.php?dir__pk=395&cms__pk=14793)>; sito  
consultato il 26/06/2011