

## IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

UN PERCORSO DI FISICA ALLA SCUOLA PRIMARIA

*di Paolo Di Trapani\* e Domenico Salerno\*\**

*Un docente universitario e un dottorando in fisica, coinvolti in un'esperienza di insegnamento scientifico con bambini di scuola primaria Impegnati in scelte di contenuti «elementari», ma rigorosamente corrette e pregnanti sul piano del metodo, costruiscono un percorso che introduce il bambino alla dinamica della scoperta. Il racconto «in diretta» di un'esperienza di conoscenza del mondo dei fenomeni fisici, ricca di senso per adulti e bambini.*

---

\*Dipartimento di Fisica e Matematica, Università dell'Insubria, Como.

\*\*RNT, Ricerca Natura Tecnologia.

L'attività è stata svolta in una classe terza della scuola primaria.

---

L'approccio tradizionale all'insegnamento della fisica (e delle materie scientifiche in genere), volto a proporre una spiegazione dei fenomeni osservabili sulla base di modelli, oggi fatica a essere efficace in quanto si è persa quella base di «esperienza» che rende il modello espressione formale di un nesso già intuitivamente colto nella vita di tutti i giorni.

Chi oggi insegna, quando era bambino ha spesso avuto occasione di riparare una bicicletta, di mettere insieme un arco o una fionda, di spostare pietre o pesi, di costruire qualche sorta di «veicolo» stradale (magari con i cuscinetti delle auto al posto delle ruote) o di piattaforma galleggiante; o perlomeno ha tenuto la pila e gli attrezzi a suo padre quando questi riparava l'automobile in garage, oppure le tapparelle. Oggi questa esperienza è molto meno frequente, così che i concetti elementari di forza, di massa, di accelerazione, appaiono astratti, svincolati cioè dall'esperienza.

Il presente progetto, svolto nel contesto di una informale collaborazione tra il *Collegio Bianconi* di Monza e l'Università dell'Insubria di Como, ha posto a tema un esempio di percorso di insegnamento della fisica nella scuola primaria che, seppure nella semplicità delle tematiche scelte, porti con sé i tratti più significativi del metodo scientifico utilizzato nella ricerca, al fine di condurre i bambini verso quell'evento unico che è la «scoperta»: l'accorgersi di qualcosa sempre visto ma mai compreso nel suo nesso significativo con il resto del reale.

In particolare, l'approccio proposto ai bambini di una classe

terza di scuola primaria è centrato sulla realizzazione di esperimenti in laboratorio il cui scopo non sia *in primis* quello di verificare un modello, ma quello di «mettere in scena» il fenomeno in esame, così come esso apparirebbe nella vita quotidiana qualora ne capitasse l'occasione. L'esperimento, opportunamente guidato, pone a tema in modo diretto quei nessi tra i diversi fenomeni e tra i diversi aspetti del fenomeno che il modello, infine presentato, riesce efficacemente a esplicitare.

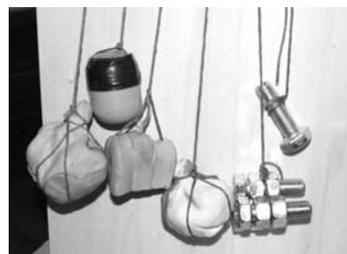
Supponete di trovarvi con la vostra nave in un piccolo lago alpino, con le pareti di roccia a picco sull'acqua. A un certo punto vedete un pesantissimo tesoro sul fondo del lago. Lo agganciate con una cima e lo issate a bordo. Quando il tesoro è sul ponte, il livello dell'acqua sulle pareti di roccia si sarà alzato o abbassato?

## L'esperimento del peso

*Cos'è il peso? Perché stiamo per terra invece che fluttuare nell'aria?* Siamo attirati dalla Terra oppure, il che è lo stesso, attiriamo la Terra verso noi stessi. È la forza di gravità, che si esercita tra tutti gli oggetti, ma che diventa evidente quando almeno uno dei due è molto grande. Sulla Terra, gli oggetti sentono anche la forza di gravità esercitata dalla Luna, che provoca le maree. La forza di gravità a cui un corpo è soggetto per effetto dell'attrazione terrestre si chiama peso.



Poiché il peso è una forza, proviamo a stimarlo con «i nostri muscoli». Solleviamo diversi oggetti di forme differenti e costruiti con diversi materiali e proviamo a disporli in ordine di peso, dal più leggero al più pesante.





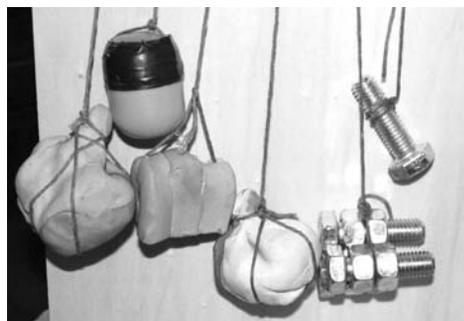
Verifichiamo la correttezza della stima usando uno strumento di misura, cioè un dinamometro, o una bilancia.

Ci accorgiamo che abbiamo sopravvalutato il peso di oggetti molto voluminosi (come per esempio la cipolla grande), che risultano essere più leggeri del previsto.

### L'esperimento del volume

*Cos'è il volume?*

È la quantità di spazio occupata da un oggetto. La nostra vista, grazie alla disponibilità di due occhi posti a sufficiente distanza uno dall'altro, ci consente di valutare la forma di un oggetto nello spazio, e quindi anche il suo volume; (questa operazione è aiutata da una illuminazione dell'oggetto con luce a  $45^\circ$ , che ne esalta la forma grazie al formarsi di zone illuminate e zone in ombra. Come dice Antoni Gaudì, l'architettura è maggiormente fiorita nella fascia mediterranea perché a questa latitudine, attorno ai  $45^\circ$ , luci e ombre, e quindi la percezione del volume, è più evidente.



Proviamo quindi a ordinare per volume crescente la serie di oggetti già considerati dal punto di vista del peso, sia guardandoli, che tenendoli in mano.

Prendiamo alcune mattonelle di «pongo», della stessa forma e grandezza e, con ciascuna di esse, costruiamo un oggetto

particolare utilizzando tutto il «pongo» della mattonella.

*Gli oggetti così costruiti avranno lo stesso volume?*

Per verificare la correttezza delle nostre stime di volume dobbiamo trovare una procedura semplice e precisa per misurarli.

Poiché lo spazio occupato da un oggetto non sarà occupato da un altro, e poiché l'acqua ha la proprietà di lasciare libero lo spazio dove un altro oggetto è introdotto, e di occupare tutti gli spazi liberi, il volume di un oggetto si può facilmente misurare immergendolo in acqua e guardando di quanto il livello si innalza. Il volume dell'oggetto è infatti la differenza tra il volume totale (cioè dell'acqua con-

tenente l'oggetto) e il volume iniziale (cioè dell'acqua). Questi due volumi (e quindi la loro differenza) sono facilmente determinabili usando un contenitore cilindrico graduato. Misurando il volume degli oggetti mediante immersione in acqua ci accorgiamo che nella misura a occhio abbiamo sovrastimato il volume di oggetti di forma complessa (come quelli composti di dadi e bulloni), il cui volume reale è minore a causa della presenza di spazi interni, la cui ampiezza non era stata valutata.

## Il principio di Archimede

*È possibile stimare il volume di un oggetto senza guardarlo, utilizzando «i muscoli» come si era fatto per stimare il suo peso?*

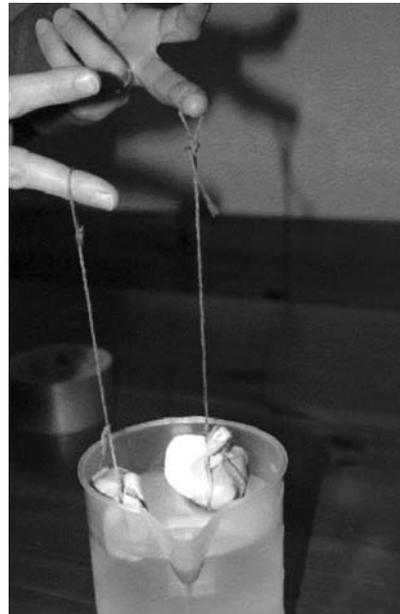
Per scoprirlo abbiamo preso due oggetti aventi lo stesso peso (secondo la prima misura) ma diverso volume (come dato dalla seconda misura). Sostenendoli per una cordicella, ciascuno in una mano, un bambino bendato deve indovinare quale dei due ha il volume maggiore. Accompagnandolo davanti a una vasca (senza che lui lo sappia) gli si chiede di abbassare lentamente i due oggetti (immergendoli così in acqua) e poi di sollevarli. Il bambino si accorge della presenza dell'acqua.

*Perché?* L'unica esperienza che prova è la variazione del peso dell'oggetto. Gli si chiede di descrivere cosa sente e di dire quale dei due è più grande. Lui risponde che per uno dei due la differenza di peso è maggiore e che questo è il più grande dei due.

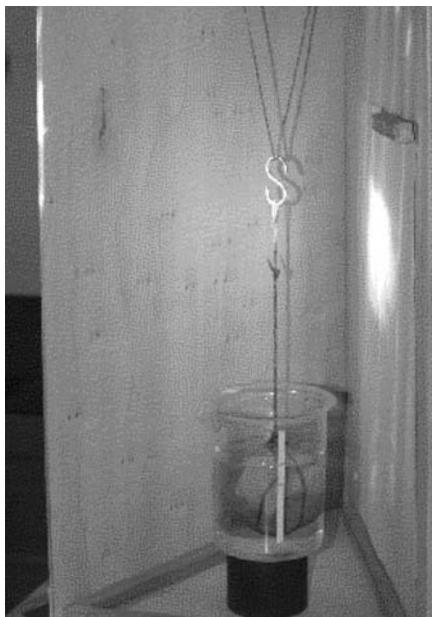
Questa risposta, corretta, mostra che il concetto espresso dal principio di Archimede è parte dell'esperienza del bambino.

Interpretiamo quanto sperimentato.

*Perché l'oggetto più voluminoso varia maggiormente il suo peso?* Perché evidentemente il liquido esercita su di esso una spinta verso l'alto che cresce con il suo volume. Proviamo a «sentire» tale spinta cercando di immergere con un solo dito un oggetto galleggiante. Tale spinta si sente in modo molto evidente. Proviamo poi a immergere un oggetto molto pesante (i dadi di ferro), avente lo stesso volume del galleggiante. La spinta (qui percepita come variazione di peso) si sente molto meno, a causa del peso molto più grande dell'oggetto. Il bambino dice però, giustamente, che essa è sempre presente.



*Come fare per misurare con precisione la spinta dell'acqua? Possiamo, conoscendo il volume dell'oggetto, prevedere quanto forte sarà questa spinta?*



Usiamo ancora la bilancia. Appendiamo l'oggetto al gancio della bilancia e pesiamolo sia quando è fuori dall'acqua che quando è immerso.

Prendiamo nota dei due pesi.

Misuriamo poi con precisione l'aumento di livello dell'acqua causato dall'immersione (e cioè il volume dell'oggetto), facendo sul recipiente due tacche: la prima corrispondente al livello senza oggetto, la seconda a quello con oggetto immerso.

Prendiamo nota dei due livelli.



Togliamo poi l'oggetto dal recipiente, avendo cura che tutta l'acqua sgoccioli bene dall'oggetto nel recipiente. Pesiamo quindi il recipiente con l'acqua e prendiamo nota del peso.

Aggiungiamo poi altra acqua fino a raggiungere il secondo livello. Così facendo abbiamo aggiunto un volume d'acqua pari al volume dell'oggetto.

Verifichiamo l'aumento del peso del recipiente causato dall'aggiunta di acqua e scopriamo che esso è uguale alla diminuzione di peso dell'oggetto causata dall'immersione (cioè è uguale alla spinta esercitata dall'acqua sull'oggetto). Concludiamo quindi che il corpo riceve una spinta verso l'alto pari al peso di una quantità d'acqua il cui volume è uguale al volume dell'oggetto stesso (principio di Archimede).

## Il galleggiamento e le variazioni di assetto

Chiediamoci a questo punto: *quando un corpo galleggia?*

I bambini rispondono correttamente che esso galleggia quando il suo peso è minore del peso di una quantità d'acqua pari al suo volume. Infatti, un oggetto di questo tipo immerso in acqua riceve una spinta più grande del suo peso, e quindi sale in superficie.

*Ma qual è l'assetto di un galleggiante?*

Pur non affondando, esso manterrà una parte immersa.

Misuriamo quindi il volume immerso dall'aumento di livello dell'acqua.

Pesiamo poi, con la stessa procedura di cui sopra, tale volume d'acqua.

Il peso dell'acqua spostata dal galleggiante risulta uguale al peso del galleggiante medesimo.

Il galleggiante quindi affonda in acqua solo per quella parte che gli consente di ricevere una spinta verso l'alto pari al suo peso.

### *Acqua e sale*

Immergiamo in acqua dolce un corpo il cui peso sia il pochissimo superiore al peso dell'acqua da esso spostato.

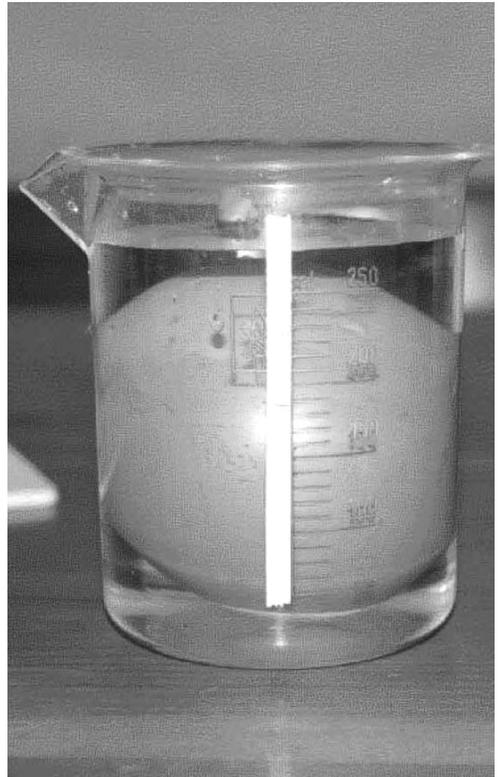
Per esempio, consideriamo un palloncino pieno d'acqua, nel quale abbiamo inserito un piccolissimo piombino, in modo di compensare la tendenza al galleggiamento indotta dalla gomma, più leggera dell'acqua. Il corpo quindi, lentamente, affonda.

Sciogliamo nell'acqua del sale (tre o quattro cucchiaini in un bicchiere d'acqua). Il corpo immerso emerge in superficie.

*Cosa può essere successo?*

Il corpo non ha variato il suo peso, e neppure il suo volume. Evidentemente è variata la forza di spinta. Poiché tale forza è pari al peso del volume di liquido spostato, e poiché il volume non è variato, ciò che sarà variato aggiungendo il sale potrà essere solo il peso del liquido (dove per peso si intende il peso di un volume fissato, o «peso specifico»).

Per verificarlo pesiamo con la bilancia due volumi identici di acqua pura e di acqua salata. La misura conferma che l'acqua salata è più pesante.



### *Il sommergibile*

Zavorriamo una bottiglietta di plastica da mezzo litro con 200-300 grammi di piombo.

Dopo averla forata sul fondo, in modo che l'acqua possa entrare liberamente, inseriamo all'interno un sacchetto di plastica contenente una spugna e messo in comunicazione con l'esterno mediante un tubicino di gomma, opportunamente sigillato in modo che l'acqua non entri nel sacchetto.

Appoggiamo il «sommergibile» così costruito sulla superficie dell'acqua. Esso galleggia perché il volume occupato dalla spugna (il cui peso è piccolissimo) è sufficientemente grande da sostenere il peso dei piombi.

Se però succhiamo aria dal tubo, la spugna si comprime (sotto l'effetto della pressione atmosferica) e il volume totale del sommergibile si riduce, mantenendo il peso costante. A questo punto il sommergibile entra in immersione.

Se poi smettiamo di succhiare, e lasciamo aperto il tubicino, la spugna si espande di nuovo vincendo la pressione atmosferica (e



anche quella dell'acqua) risucchiando aria dal cielo. Il volume aumenta nuovamente e il sommergibile esce in emersione. In questo caso quindi il corpo varia il suo assetto variando il proprio volume. Lo stesso principio è utilizzato dai pesci, che modificano il proprio volume mediante l'uso della vescica natatoria.

### **La nave, il lago e il tesoro**

Torniamo infine al problema da cui siamo partiti.

Il togliere il tesoro dall'acqua consente a un po' d'acqua di andare a occupare il posto prima occupato da esso. Questo effetto da solo provoca un abbassamento del livello dell'acqua, pari al volume del tesoro stesso; se metto il tesoro sulla nave, il suo peso provoca un'ulteriore immersione della nave, che sposterà e quin-

di solleverà un volume di acqua il cui peso è quello del tesoro medesimo.

Questo volume d'acqua è ovviamente maggiore del volume del tesoro, perché altrimenti il tesoro non sarebbe stato sul fondo, ma avrebbe galleggiato. Quindi l'innalzamento delle acque a causa dell'immersione della nave è superiore al loro abbassamento a causa dell'emersione del tesoro e il livello del lago, complessivamente, si alza.

Verifichiamo quanto detto ricostruendo il lago con un recipiente, la nave con una bottiglietta di plastica (zavorrata) e il tesoro con una catena di piombi.



## Nuove domande

A conclusione del lavoro, rilanciando un nuovo cammino, si possono porre agli studenti questi due quesiti, come punto di partenza per un ulteriore approfondimento.

Supponete che la nave cali una cima e agganci il tesoro sul fondo. Poi inizi a girare l'argano sollevando il tesoro.

*Quando vedrete sollevarsi il livello delle acque del lago?*

*Appena il tesoro si solleva dal fondo, rimanendo comunque sott'acqua, quando esso viene estratto dall'acqua, o quando esso viene issato a bordo?*

Immaginate che la nave non porti a bordo un tesoro sommerso, ma una grande quantità di tronchi molto pesanti, che galleggiano sul lago.

*Cosa succederà in questo caso al livello dell'acqua?*

v