

PERCHÉ I CORPI GALLEGGIANO

il principio di archimede, oltre l'episodico

di Paolo Moraschini*

L'insegnamento delle scienze nella scuola primaria è spesso lasciato all'improvvisazione episodica, fraintendendo il giusto criterio che occorre partire dalla percezione che il bambino ha dei fenomeni naturali e dalle domande che via via emergono nella vita scolastica quotidiana. L'autore presenta un'attività relativa al fenomeno del galleggiamento, rigorosamente strutturata sul piano concettuale e metodologico. Il percorso si articola in moduli, ciascuno con un obiettivo particolare, che rappresenta una tappa intermedia di contenuto e metodo in vista della meta finale. Un percorso guidato di scoperta per fare esperienza in modo elementare ma corretto del metodo sperimentale e del linguaggio scientifico. Sul piano didattico fondamentale è la categoria del «raccontare»: ogni modulo è ripercorso nelle sue fasi essenziali, messe a fuoco e registrate sul quaderno dai bambini. Ineluttabile è la funzione del maestro, coinvolto nell'enunciare gli aspetti concettuali, chiarendoli in primo luogo a sé e nel progettare e realizzare gli esperimenti per valutarne la fattibilità e la effettiva elementarità. Il contributo conserva la forma del racconto in prima persona.

Leggio con grande curiosità *Il principio di Archimede*, un percorso di fisica alla scuola primaria, in *Emmeciquadro* n. 24 (agosto 2005) di Paolo Di Trapani, professore di ottica quantistica, e Domenico Salerno, fisico ricercatore, entrambi presso l'Università dell'Insubria a Como, e rimango colpito da questa proposta didattica così precisa e adeguata agli alunni di una scuola primaria, che parla con un linguaggio scientificamente corretto e nel contempo capace di colpire la fantasia. Decido di ripercorrere questa esperienza nelle due classi quarte dove insegno: all'interno del percorso vengono messi in gioco quelli che mi appaiono come punti basilari per la formazione di una conoscenza scientifica, sia metodologici che di contenuto.

Devo subito affrontare alcuni problemi: come introdurre l'argomento in modo non arbitrario? come superare la mancanza di una cultura specifica in campo scientifico? devo ripetere integralmente il percorso proposto? di

*Scuola primaria "Don Milani", Cernusco sul Naviglio (MI). L'attività descritta è stata svolta in due classi quarte nell'anno scolastico 2006-2007; il lavoro è stato discusso nel gruppo di ricerca *Educare Insegnando*, promosso dall'Associazione Culturale "Il rischio educativo".

¹ Si veda P. Moraschini, *Viventi e non viventi*, in *Emmeciquadro* n. 30, agosto 2007.

quanto tempo avrò bisogno per svolgere il lavoro? Ritrovo la domanda da cui partire: perché i corpi galleggiano? nella «scatola dei perché», un contenitore che raccoglie le domande scritte dagli alunni e che periodicamente rileggo con loro in classe.¹ Si tratta di un buon punto di partenza, frutto della curiosità e dell'osservazione dei bambini. Mi è chiaro che dovrò riprendere in mano qualche libro e studiare con attenzione gli argomenti che affronterò, sia pure con bambini della scuola primaria; mi sarà di fondamentale aiuto la traccia descritta nell'articolo citato: usando un sentiero attrezzato mi muoverò con la necessaria sicurezza. Decido di «tagliare» una parte che mi pone problemi organizzativi dovendo lavorare con classi di 27 alunni, taglio che mi sembra non compromettere il dipanarsi logico del percorso.

Il tempo dipende dalla struttura che intendo dare al lavoro; poiché desidero porre particolare attenzione alla trascrizione scritta degli esperimenti e agli aspetti di trasversalità concettuali e di metodo presenti, voglio articolare questa esperienza in un ampio spazio temporale: sarà l'unico argomento di scienze che tratterò nel primo quadrimestre. Questo lavoro sarà adeguato alle mie aspettative se riuscirò ad attuare un ricorso continuo e cosciente al metodo sperimentale: osservazione e domanda, esperimento, precisazione della domanda, nuovo esperimento, e nel contempo misurazioni e calcoli matematici.

Il percorso

L'inizio del lavoro pone altri problemi. Mi procuro il materiale necessario per l'attuazione degli esperimenti; si tratta di strumenti di misurazione quali il dinamometro², recipienti graduati, una bilancia e una serie di oggetti da utilizzare di volta in volta. Mi accorgo subito che è necessario realizzare a casa gli esperimenti da proporre in classe; questo mi aiuta a procedere su un terreno solido perché permette di saggiare la fattibilità degli stessi e di superare le difficoltà concettuali e concrete che a volte mi si presentano. La trama complessiva, che ho cercato di non perdere mai di vista, risulta ordinata come in tabella, associando alle domande i titoli dei moduli svolti:

domanda iniziale	perché alcuni oggetti galleggiano in acqua?	La nave e il tesoro
domanda di precisazione	cos'è il peso?	La forza di gravità, il peso
domanda di precisazione	cos'è il volume?	Il volume e la massa dei corpi
domanda di precisazione	come si comportano gli oggetti nell'acqua?	Il volume dei corpi e il loro galleggiamento
domanda di precisazione	c'è una spinta dell'acqua? come si misura?	La spinta di Archimede

Si torna alla situazione iniziale (La nave, il lago e il tesoro) per rispondere alla domanda di partenza. Il percorso globale risulta suddiviso in diversi «moduli strutturati»; ognuno, con un inizio e una fine, corrisponde a una lezione.

La registrazione sul quaderno segue una struttura ricorsiva schematizzabile come di seguito ed esemplificata nelle pagine di quaderni riprodotti:

Esplicitazione della domanda

per esempio la domanda da cui partiamo, perché alcuni oggetti in acqua galleggiano?

Preparazione ed esecuzione dell'esperimento

elenco e illustrazione degli strumenti e del materiale da usare, descrizione scritta, con l'aiuto di disegni, delle fasi dell'esperimento con particolare attenzione alla correttezza delle sequenze temporali)

Esecuzione di eventuali misurazioni e di calcoli matematici

anch'essi trascritti sul quaderno

Osservazioni e riflessioni sull'accaduto

scritte e/o orali

Conclusioni, formulazione di una nuova domanda, che apre una nuova pista di lavoro

15 settembre
Perché i corpi galleggiano

Il maestro ha deciso di rispondere a una domanda che Ivan ha messo lo scorso anno nella scatola dei perché come mai alcuni oggetti galleggiano nell'acqua?

La nave e il tesoro

Ci troviamo con la nostra nave su di un piccolo lago alpino, con le pareti di roccia a picco sull'acqua. Vediamo un tesoro di grandi dimensioni sul fondo del lago, lo agganciamo con una corda e lo tiriamo a bordo. Quando il tesoro è sul ponte, il livello dell'acqua sulle pareti di roccia si sarà alzato o abbassato?

Il peso

Cos'è il peso? Perché stiamo per terra invece che fluttuare nell'aria? Siamo attirati dalla Terra e, nello stesso tempo, attiriamo la Terra verso noi stessi. È la forza di gravità, che si esercita su tutti gli oggetti, ma che si osserva chiaramente quando almeno uno dei due oggetti è «molto grande e massiccio».

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 a causa dell'attrazione terrestre si chiama PESO.

Esperimento

Il peso è una forza, proviamo a valutare il peso di alcuni oggetti usando i nostri muscoli.

Oggetti



Cipolla (CI)



Patata (P)



Conchiglia (CO)



Legno (L)



Scatola di metallo (SM)



Pacchetto di monete e chiodi (PM)



Bottiglia in plastica con acqua (B)

Ci siamo accordati assegnando una sigla ad ogni oggetto, per rendere più veloce la registrazione.

Abbiamo sollevato a turno questi oggetti di forme differenti e di materiali diversi e abbiamo provato a disporli in ordine di peso, dal più leggero al più pesante.

Abbiamo ottenuto queste tre sequenze:

1 - CO, SM, L, B, P, CI, PM

2 - SM, CO, L, P, B, CI, PM

3 - CO, SM, L, P, CI, B, PM

Vogliamo ora verificare la correttezza della nostra stima usando uno strumento di misura.

Il dinamometro

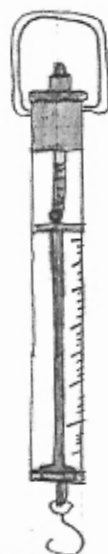
È composto da un tubo graduato (ogni tacchetta vale 5 grammi), dentro il tubo trasparente scorre uno stantuffo agganciato a una molla; sotto lo stantuffo c'è un gancio a forma di uncino per appendere gli oggetti da pesare.

Possediamo 2 dinamometri: uno può pesare fino a 250 grammi, l'altro fino ad 1 chilogrammo cioè 1000 grammi. Sono differenti le molle e la graduazione sul tubo.

Classificazione quantitativa ottenuta con il dinamometro

Conchiglia	35 g
Scatola metallica	70 g
Legno	85 g
Cipolla	130 g
Patata	140 g
Bottiglia	185 g
Sacchetto monete	215 g

Ci siamo accorti che quando abbiamo valutato il peso degli oggetti con i nostri muscoli abbiamo usato anche la vista, infatti abbiamo stimato più pesanti gli oggetti di maggior volume o con forme più complicate.



27 settembre Il volume

Cos'è il volume? È la quantità di spazio occupata da un oggetto. Abbiamo provato a ordinare i nostri oggetti dal più piccolo al più grande, sia guardandoli che tenendoli in mano. Abbiamo avuto difficoltà a stimare il volume della cipolla e della patata. Come fare per conoscere e confrontare il volume di questi 2 oggetti?

Esperimento

Il maestro ci ha messo a disposizione un recipiente trasparente graduato contenente acqua e un metro da muratore.

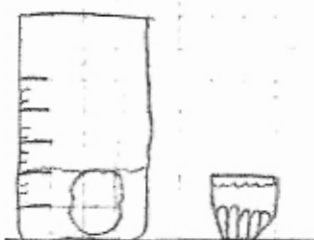
Dopo qualche riflessione abbiamo deciso di procedere in questo modo:

- riempire il recipiente fino a 300 ml;
 - immergere nell'acqua l'oggetto;
 - misurare il nuovo livello dell'acqua, aiutandoci con il metro.
- Abbiamo scoperto che la variazione di livello di 1 mm corrisponde a una variazione del volume di 5 ml;
- per conoscere il volume dell'oggetto facciamo la differenza tra il livello finale e il livello iniziale dell'acqua.

Procediamo:

- registriamo il livello iniziale dell'acqua: 300 ml
- immergiamo la patata
- controlliamo il livello raggiunto dall'acqua: 430 ml
- eseguiamo il calcolo: $430 - 300 = 130$

Il volume della patata così calcolato è 130 ml



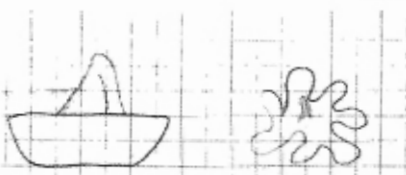
Il maestro ci ha spiegato che questo è possibile perché lo spazio occupato da un oggetto non sarà occupato da un altro oggetto e perché l'acqua lascia libero lo spazio dove un altro oggetto è introdotto e occupa tutti gli spazi liberi.

Per vedere a quanti ml di acqua equivale il volume della patata abbiamo immerso la patata dentro 300 ml d'acqua.

Abbiamo poi versato dentro un bicchiere la parte d'acqua che aveva superato il livello iniziale di 300 ml. In seguito abbiamo versato di nuovo l'acqua nel contenitore graduato e ne abbiamo misurato il volume.

Il maestro ci ha spiegato che il volume della patata equivale a CIRCA 130 ml di acqua, «circa» perché nei diversi travasi abbiamo perso sicuramente un po' di acqua.

Il maestro ci ha poi mostrato due pezzi di Das di forme diverse: uno con la forma di una semplice barchetta, l'altro invece con una strana forma a ramelli.



Il maestro ci ha chiesto quale dei 2 oggetti avesse il volume maggiore, tenendo conto che erano stati costruiti con la stessa quantità di Das. La maggioranza riteneva che l'oggetto dalla forma strana avesse un volume maggiore. Dopo la misurazione, abbiamo osservato che i 2 pezzi avevano un volume identico.

Ci siamo ingannati perché non abbiamo valutato attentamente gli spazi vuoti.

Misura e calcolo matematico

Gli esperimenti mi permettono di presentare i concetti di peso, massa e volume utilizzando una didattica del «fare» che, attraverso l'osservazione e la manipolazione, consente agli alunni di entrare in un mondo complesso con modalità adatte alla loro possibilità di comprensione.

Sui libri in uso nella scuola primaria vengono presentate le misure convenzionali di peso o massa a volte accostando i due concetti e quasi equiparandoli, a volte articolando una distinzione che risulta astratta. Misurare il peso di un oggetto con il dinamometro permette di considerare la forza di attrazione della Terra in modo semplice e diretto. Avendo a disposizione due dinamometri diversamente tarati, uno in grado di pesare fino a 250 gp, il secondo fino a 1 kgp, ma per il resto identici, ho chiesto cosa li differenziava nel funzionamento; dopo qualche prova i ragazzi hanno individuato nella molla la parte determinante.

Attraverso questo percorso ho introdotto le misure convenzionali; passando dalle misurazioni «con i muscoli» o «a occhio» (effettuate da tutti, a turno) all'uso di strumenti di misura quali i dinamometri e i contenitori graduati, gli alunni hanno capito l'utilità delle unità di misura condivise da tutti, in grado

di indicare risultati precisi e comunicabili.

La lunga serie di oggetti da confrontare e ordinare ci ha spinti a nominare gli oggetti stessi con brevi sigle, molto comode ed economiche per il lavoro da effettuare; in effetti abbiamo inventato un linguaggio simbolico, convenzionale e condiviso, ma comprensibile a tutti per mezzo di una legenda illustrata. Non è stata una scoperta di poco conto, perché ha permesso un contenimento dei tempi e la possibilità per tutti di trascrivere ordinatamente l'accaduto. È risultato molto interessante il modulo dedicato al volume poiché sono stati evidenziati i nessi tra massa e volume e tra volume e galleggiamento; mi è sembrata di grande interesse metodologico la modalità del calcolo del volume di un oggetto irregolare attraverso l'immersione in un recipiente graduato fino a giungere a una semplice operazione matematica, paradigma non banale del metodo scientifico di leggere la realtà fenomenica. La progettazione e l'esecuzione dell'esperimento conclusivo hanno il pregio di sottolineare con molta evidenza il tentativo di ripetere le condizioni della realtà ricostruendola in laboratorio in modo semplificato, con i mezzi a disposizione e con una approssimazione inevitabile, ma tale da non invalidare i risultati dell'esperimento.

16 ottobre
La spinta di Archimede

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

Esperimento

Abbiamo mandato Francesca in un'aula vuota

Abbiamo riempito d'acqua una vaschetta, poi abbiamo preparato 2 oggetti di uguale peso, ma di volume diverso; il maestro li ha nascosti. Dopo aver richiamato Francesca, l'abbiamo bendata, quindi l'abbiamo messa di fronte alla vaschetta con i 2 oggetti appesi all'indice della mano destra e a quello della sinistra. Abbiamo chiesto alla nostra compagna di abbassare lentamente i 2 oggetti. Francesca si è subito accorta della presenza dell'acqua. Perché?

Ci ha raccontato di aver fatto l'esperienza della variazione del peso di almeno uno dei 2 oggetti. Tolta la benda, si è accorta che l'oggetto diventato più leggero aveva un volume molto maggiore dell'altro.

Perché l'oggetto più voluminoso varia maggiormente il suo peso?

Perché evidentemente il liquido esercita su di esso una spinta verso l'alto che aumenta con il suo volume. Questa spinta si sente molto se cerchiamo di immergere un oggetto galleggiante.

Come fare per misurare con precisione la spinta dell'acqua?

Possiamo, conoscendo il volume dell'oggetto, prevedere quanto sarà forte questa spinta?



Esperimento

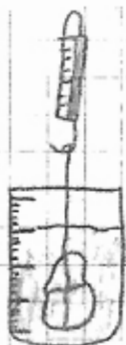
Appendiamo al gancio del dinamometro una patata, essa pesa circa 125 g.

Marco immerge la patata appesa al dinamometro nell'acqua. L'oggetto pesa ora circa 10 g, cioè 125 g meno di prima.

Misuriamo con attenzione l'aumento di livello dell'acqua causato dall'immersione (volume della patata) segnando i livelli prima e dopo l'immersione con un pennarello; togliamo l'oggetto dal recipiente, facendo sgocciolare bene tutta l'acqua.

Pesiamo quindi il recipiente con l'acqua: il suo peso è di circa 125 g. Aggiungiamo poi altra acqua fino a raggiungere il secondo livello: abbiamo aggiunto un volume d'acqua pari al volume della patata. Il nuovo peso è di circa 250 g, cioè 125 g in più.

Ma 125 g è uguale alla diminuzione di peso della patata quando è stata immersa, cioè è uguale alla spinta esercitata dall'acqua sulla patata.



Infatti il principio di Archimede afferma che un corpo riceve una spinta verso l'alto pari al peso di una quantità di acqua il cui volume è uguale al volume dell'oggetto stesso.

Quando un corpo galleggia?

Un corpo 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.

23 ottobre
La nave, il lago e il tesoro

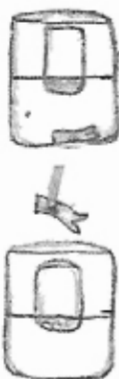
Arriviamo alla fine al problema da cui siamo partiti.

Esperimento

Abbiamo ricostruito la situazione da cui siamo partiti usando un recipiente graduato per fare il lago, una mezza bottiglietta di plastica lavorata con un po' di riso per fare la nave e la testa di un piccolo martello per rappresentare il tesoro.

Togliendo il tesoro dall'acqua, si provoca un abbassamento del livello pari al volume del tesoro stesso.

Se mettiamo il tesoro sulla nave, il suo peso provoca un'immersione della nave piuttosto forte, essa perciò sposterà e solleverà un volume di acqua il cui peso è quello del tesoro stesso.



Questo volume d'acqua (tesoro + barca) è ovviamente maggiore del volume del tesoro, perché altrimenti il tesoro non sarebbe stato sul fondo, ma avrebbe galleggiato. Quindi l'innalzamento delle acque provocato dal peso del tesoro nella nave è superiore al loro abbassamento che si verifica quando togliamo il tesoro dal lago. Il livello del lago, complessivamente, si alza.



La verifica didattica

L'entusiasmo e l'attenzione con cui i ragazzi hanno partecipato agli esperimenti mi ha aiutato in questo percorso complesso, ma, anche per me, affascinante. Molti ragazzi hanno autonomamente ripetuto gli esperimenti fatti in classe, in particolare la misura del volume di oggetti ritrovati in casa, riportando quindi a scuola brevi relazioni strutturate come problemi matematici.

Ora però dovevo verificare la ricaduta didattica del lungo lavoro quadrimestrale.

La mia scelta, fin dall'inizio, era indirizzata verso una verifica finale in grado di evidenziare, anche in questa fase, l'importanza della comprensione del percorso nel suo complesso, piuttosto che delle sue parti singolarmente prese.

Il testo della verifica, riportato alla pagina seguente, comprende una serie di quesiti diversamente strutturati: domande con un'unica scelta tra risposte predefinite; domande a risposta aperta; piccoli brani da completare con un lessico adeguato. Ho voluto che gli alunni illustrassero con un disegno alcuni strumenti usati nel lavoro, in particolare il dinamometro; ho richiesto che raccontassero, anche con l'aiuto di illustrazioni, gli esperimenti effettuati, ripercorrendone i momenti salienti con particolare attenzione alla cronologia temporale delle azioni eseguite. Ho inserito domande che richiedessero risposte con una formalizzazione più complessa per capire il grado di profondità nella comprensione dei contenuti.

I risultati delle valutazioni sono stati molto interessanti: non ho rilevato differenze sostanziali tra le due classi che hanno partecipato al percorso; e questo è stato per me sorprendente perché una era la «mia classe» abituata sin dai primi anni di scuola a certe modalità di lavoro, l'altra era una classe a me affidata solo per quell'anno.

Evidentemente questo percorso contiene una valenza didattica e metodologica in grado di motivare fortemente gli alunni.

Tenuto conto della complessità dei temi toccati mi attendevo risultati inferiori e altalenanti.

Al contrario i risultati sono stati in genere migliori della media rispetto a verifiche di scienze su altri argomenti, anche per gli alunni con difficoltà didattiche e di concentrazione.



Verifica didattica: Il principio di Archimede

Segna con una crocetta la risposta che ritieni corretta

Stiamo sulla Terra invece che fluttuare nell'aria PERCHÉ ...

- a. ☐ la Terra è un pianeta
- b. ☐ la Terra ci attira a sé
- c. ☐ la Terra è la nostra casa

Completa

La FORZA DI _____ a cui un corpo è soggetto si chiama _____. Per verificare la correttezza delle stime fatte con i «muscoli» abbiamo usato uno strumento di misura, il _____. Disegna lo strumento.

Cos'è il VOLUME?

Il volume è _____

Risolvi il seguente problema:

Carlo desidera trovare il volume di una grossa PATATA. Il livello iniziale dell'acqua nel recipiente è di 274 ml, il livello dopo l'immersione della patata è di 400 ml.

Qual è il volume della patata?

Dati

274 ml: _____

400 ml: _____

Operazione _____

Risposta _____

Segna con una crocetta la risposta che ritieni corretta

Immergendo un oggetto dentro un contenitore colmo d'acqua sperimentiamo:

- a. ☐ un aumento di peso dell'oggetto
- b. ☐ nessun cambiamento di peso dell'oggetto
- c. ☐ una diminuzione di peso dell'oggetto

Rispondi

Quale «oggetto» tra quelli usati varia maggiormente di peso?

Quello che ha _____

Completa

Abbiamo sperimentato che ogni corpo riceve in acqua una spinta verso _____ pari al _____ di una quantità di acqua il cui _____ è uguale al volume dell'oggetto stesso.

Questa frase esprime il _____

Rispondi e completa

Come abbiamo svolto il problema della nave, del lago e del tesoro?

Spiega con le tue parole le tappe dell'esperimento rappresentate nei disegni.



Perciò il livello dell'acqua del lago COMPLESSIVAMENTE

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____