

PERCHÉ I CORPI GALLEGGIANO

fare scienza nel passaggio tra primaria e secondaria

di Michela Brizzi*

In una scuola alla periferia di Milano si è sviluppato, durante un lavoro sul tema del galleggiamento proposto alle classi quinte della scuola primaria e alle classi prime della scuola secondaria di primo grado, un percorso di insegnamento della fisica che porta 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. Gli esperimenti, opportunamente guidati, hanno posto a tema in modo diretto i nessi tra i diversi fenomeni e tra i diversi aspetti del fenomeno che il modello riesce efficacemente a esplicitare. Individuando livelli di conoscenza adeguati all'età dei ragazzi, il percorso ricorsivo è diventato occasione di ampliamento, di approfondimento delle conoscenze e di sviluppo del linguaggio: dall'osservazione e descrizione alla sintesi propria del linguaggio matematico.

Nell'istituto comprensivo nel quale insegno, mi è stato affidato il compito di favorire un raccordo tra una classe quinta della scuola primaria e una classe prima della scuola secondaria di primo grado; questo lavoro è stato l'occasione per la mia riflessione sul galleggiamento.

L'interesse al tema era nato dalla lettura, su questa rivista, delle relazioni di due esperienze svolte nella scuola primaria da Paolo Di Trapani (*Emmeciquadro* n. 25, agosto 2005) e da Paolo Moraschini (*Emmeciquadro* n. 33, agosto 2008). Il fascino dei due racconti e la modalità con la quale un argomento così complesso diventava esperienza scientifica accessibile ai bambini, mi ha fatto desiderare e pensare a un'esperienza di conoscenza che, rispettando la ricorsività tipica dell'indagine scientifica, potesse essere significativa per me e per gli alunni delle classi che avevo di fronte.

Così ho cominciato a progettare due percorsi, uno per la quinta primaria e uno per la prima secondaria, tenendo presenti, in generale, i «progressi» nelle capacità logiche e di ragionamento che il bambino compie a questa età. Ma restavano aperte questioni che, come vedremo, hanno trovato una prima risposta durante lo sviluppo del lavoro. Quale era il passo adeguato per i bam-

*Docente di Matematica e Scienze presso la Scuola Secondaria di Primo Grado dell'IC di Basiglio (MI).

bini della quinta? E per i ragazzi della prima della scuola secondaria di primo grado? Cosa c'è (ci deve essere) di diverso perché si possa realmente compiere un passo avanti nell'apprendimento e conquistare nuova conoscenza?

In termini strettamente didattici, il nodo più problematico nel percorso di apprendimento che si compie nella scuola del primo ciclo è proprio il passaggio tra la scuola primaria e quella secondaria. Perciò, nel progettare il lavoro, occorre avere ben chiari i criteri su cui fondarlo. Ho sperimentato da molto tempo, nelle mie classi, un metodo basato sulle azioni chiave dell'indagine scientifica: «incontrare» la realtà (il mondo in cui viviamo e di cui insieme ai ragazzi facciamo esperienza), a cui «porre domande»; cercare di dare risposte alle domande utilizzando «esperimenti» progettati *ad hoc*; e, infine, «riflettere» sul lavoro compiuto per prendere coscienza del passo di apprendimento realizzato.

I percorsi, che descrivo in questo contributo, sono stati svolti nelle due classi separatamente e si sono raccordati in modo significativo: alla fine del segmento di quinta gli stessi alunni hanno raccontato il loro lavoro ai compagni della prima della secondaria di primo grado, in un incontro che è stato conclusivo per i primi e d'avvio per i secondi che, alla fine, in un altro incontro, hanno relazionato ai compagni più piccoli.

Il metodo

In una indagine scientifica il primo passo è sempre una «domanda», che emerge perché la realtà si fa interrogare. Alla fine di ciascun esperimento è proprio una «nuova domanda» che costringe a un nuovo passo.

Nel progettare questi percorsi di scienze ho anzitutto messo a fuoco con gli alunni le azioni fondamentali che mi avrebbero permesso di eseguire, comprendere e registrare nel suo procedere ordinato l'esperienza in atto. Ogni azione ha una precisa collocazione che rimanda al senso del lavoro, ha un significato esplicito di nesso con il tutto e segna anche il percorso che permette di procedere da un passo al successivo.

Così, il lavoro si è strutturato come una sequenza di azioni significative e questa struttura si ritrova nei quaderni individuali dei ragazzi, nelle relazioni in cui vengono riportate in modo personale e consapevole le osservazioni compiute e le nuove conoscenze conquistate, ma in termini concreti, proprio ripercorrendo le fasi del lavoro svolto, secondo il protocollo concordato. Le abbiamo così indicate: «cosa mi occorre» (i materiali, la preparazione ordinata); «cosa faccio» (le operazioni che compio); «cosa vedo» (il disegno o la foto); «cosa osservo» (nel rispetto del dato, registro i fatti); «cosa capisco» (da *capere* = prendere, cioè cosa faccio mio da questa osservazione e quali nessi individuo: è il momento del giudizio); «cosa ho imparato» (è il momento della riflessione, della sintesi e della condivisione: si arriva a un punto, lo si condivide arrivando insieme all'insegnante a una conclusione e in alcuni casi a una legge).

CLASSE QUINTA SCUOLA PRIMARIA

Nell'esperienza del bambino il galleggiamento è sempre riferito al comportamento di un solido in un liquido, sia in relazione all'esperienza quotidiana sia in relazione all'esperienza scolastica.

Ho quindi pensato di estendere l'ambito di esperienza dei ragazzi, attraverso l'osservazione di nuove situazioni e l'acquisizione di nuove conoscenze.

Domande ed esperimenti iniziali

Proprio all'inizio, ci poniamo due domande. Anche i liquidi possono galleggiare gli uni sugli altri? Cosa accade a uno stesso oggetto immerso in liquidi diversi rispetto al galleggiamento?

Iniziamo una serie di prove/confronti.

Metto a disposizione diversi liquidi e i ragazzi, procedendo «con ordine», scoprono che «esiste» un ordine di galleggiamento fra i diversi liquidi e identificano «qual è» la sequenza.

Prima prova: olio + acqua in uguali quantità

liquido 1	liquido 2	quantità	risultato
olio	acqua	uguali	l'olio galleggia sull'acqua

Subito i bambini hanno reagito attribuendo al peso dell'acqua il fenomeno osservato. E si sono posti nuove domande.

Questo fenomeno dipende dal peso del liquido? Cioè l'acqua pesa più dell'olio quindi va a fondo?

Per verificarlo facciamo due nuove prove nelle quali quantità diverse dei due liquidi hanno sicuramente pesi diversi.

Seconda prova: olio + acqua in quantità diverse

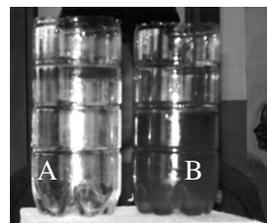
Prendo due recipienti identici e metto nel primo recipiente (A) poco olio e tanta acqua, nel secondo recipiente (B) poca acqua e tanto olio.

COSA OSSERVO

	liquido 1	quantità	liquido 2	quantità	risultato
(A)	olio	poco	acqua	molta	l'olio galleggia sull'acqua
(B)	olio	molto	acqua	poca	l'olio galleggia sull'acqua

È evidente che nel caso (B) il peso dell'olio è molto maggiore del peso dell'acqua! Nelle diverse situazioni abbiamo differenze quantitative dei due liquidi, ma capiamo che l'olio galleggia sempre sull'acqua e osserviamo che questo non dipende dalla quantità del liquido utilizzato.

(A) poco olio + molta acqua
(B) molto olio + poca acqua



COSA OSSERVO

I quattro liquidi non si mescolano ma formano quattro strati separati.

COSA CAPISCO

In base all'ordine con cui si dispongono, capisco che il miele è più denso dell'acqua, che è più densa dell'olio, che è più denso dell'alcol.



Ritorniamo alle conoscenze acquisite negli anni precedenti con una nuova domanda che approfondisce la conoscenza.

Cosa accade se ora lasciamo cadere alcuni oggetti solidi nel densimetro?

IL DENSIMETRO E GLI OGGETTI GALLEGGIANTI

COSA MI OCCORRE

Un contenitore trasparente.

Liquidi diversi: acqua, alcool, miele, olio

Piccoli oggetti: un pezzetto di cera, un dischetto di sughero, un pezzetto di plastilina, un supporto per candeline di compleanno, una biglia di vetro.

COSA FACCIO

Lascio cadere uno alla volta i diversi oggetti nel contenitore.

COSA OSSERVO

Gli oggetti si fermano in strati diversi.

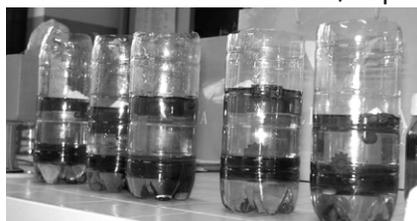


Dall'alto si nota che il sughero galleggia sull'alcol, la cera sull'olio, il portacandela sull'acqua, la plastilina sul miele, la biglia di vetro affonda.

COSA CAPISCO

Ogni oggetto galleggia sul liquido che riesce a sostenerlo, impedendogli di cadere.

È come se tutti gli oggetti fatti cadere liberi sul tavolo attraversano l'aria e cadono, mentre attraversando i liquidi a un certo punto smettono di cadere.

**COSA HO IMPARATO**

Questo è dovuto a una proprietà della materia che si chiama densità.

Potremo allora dire che la cera galleggia sull'olio perché la sua densità è minore di quella dell'olio, mentre affonderà nell'alcol, perché la sua densità è maggiore di quella dell'alcol.

Quindi la densità della cera è compresa tra quella dell'olio e quella dell'alcol.

Verifica del percorso

Il primo strumento di verifica è la relazione degli alunni su quanto svolto che deve rispettare il metodo e quindi le azioni concordate.

Così ho letto con attenzione e valutato le relazioni, ricche di disegni, del lavoro svolto riportate nel quaderno personale da ogni alunno.

Punti di attenzione nella valutazione della relazione sono numerosi: la scelta del titolo, lasciata all'alunno, fa emergere quale questione è stata intesa come cuore del problema; il realismo nel disegno, indice della capacità di osservare, fa emergere la consapevolezza di quanto è accaduto, eventuali dubbi o incomprensioni (eseguire il disegno, inoltre, rinforza l'apprendimento); il rispetto dei dati osservati; il rispetto della corretta registrazione della sequenza dei fatti osservati e della distinzione fra le diverse azioni.

D'altra parte, è interessante anche una valutazione dell'operatività nello svolgimento del lavoro. Per esempio, la manualità è essenziale per stratificare correttamente liquidi: devono scivolare lungo le pareti del recipiente e l'operazione deve essere lenta, senza provocare turbolenze. La cura e l'attenzione con la quale queste operazioni vengono eseguite può anche essere oggetto di valutazione.

Un esempio di verifica

Il criterio di costruzione di una verifica tiene conto del fatto che questo momento non è solo il vaglio di conoscenze acquisite, ma è essa stessa occasione di riflessione su nuove conoscenze, a cui l'alunno può accedere perché nel percorso guidato ha conquistato gli strumenti necessari.

In questo senso, attraverso la verifica, è anche possibile individuare una gradualità di consapevolezza di ciò che si è appreso, permettendo di distinguere un primo livello nel quale si individuano, in situazioni diverse, relazioni già viste e discusse, un secondo livello nel quale si individuano nuove relazioni che fanno fare all'alunno un nuovo passo di conoscenza.

Questa verifica è stata somministrata come conclusiva agli alunni della primaria e, dopo l'incontro tra le due classi e il racconto, anche agli alunni della secondaria di primo grado come riflessione e avvio del percorso.

Al primo livello, l'alunno individua relazioni di diversa densità fra acqua, ghiaccio, olio.

Al secondo livello, l'alunno individua relazioni di diversa densità nella stessa sostanza in fasi diverse (essendo la densità dell'acqua allo stato solido un'eccezione rispetto ad altre sostanze, può essere necessario, in fase di successiva ripresa del lavoro della verifica, ripetere l'esperimento con un cubetto di olio ghiacciato per non creare equivoci.)

VERIFICA CONCLUSIVA
(classe quinta scuola primaria)



Nella prima foto vedi il bicchiere d'acqua che Giovanni ha bevuto in un giorno di piena estate.

Un cubetto di ghiaccio (acqua allo stato solido) messo in acqua liquida l'ha sicuramente resa più fresca!

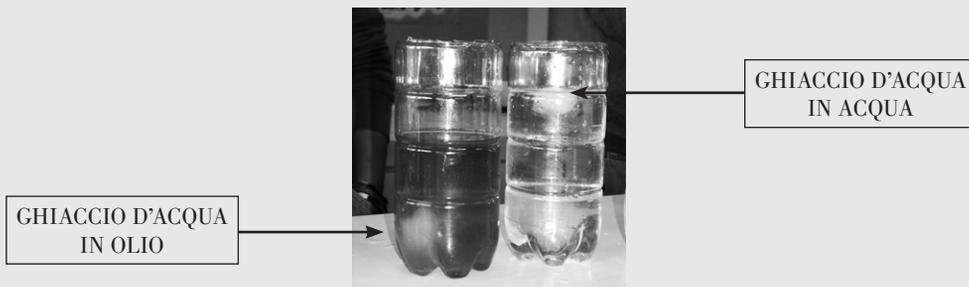
Osserva attentamente la posizione del ghiaccio.

COSA OSSERVI?.....

COSA CAPISCI?.....

COSA HAI IMPARATO? (*)

Cosa accade se mettiamo un cubetto di ghiaccio d'acqua nell'olio?
Osserva la foto e rispondi, motivando la tua risposta.



COSA OSSERVI?.....

COSA CAPISCI?.....

COSA HAI IMPARATO? (*)

(*) questa parte nella verifica si riferisce allo studio.

CLASSE PRIMA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

«Nella fase della maturazione della persona che coincide con il passaggio dalla scuola primaria alla secondaria, la curiosità nei confronti della realtà naturale incomincia a declinarsi in domande di spiegazione. Si compie un salto qualitativo nel rapporto con gli argomenti di studio. In particolare, le scienze sperimentali diventano un ambito importante per acquisire conoscenze e praticare attività che favoriscano lo strutturarsi di una mentalità scientifica e di una consapevolezza critica.» A partire da queste affermazioni (cfr. *Scienze alla secondaria di I grado*, in *Emmeciquadro* n. 28, dicembre 2006), mi sono nate molte domande.

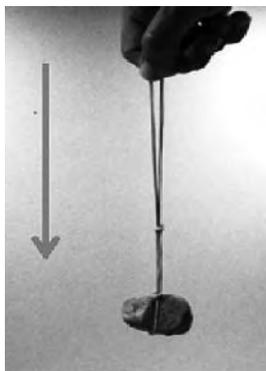
Quale esperienza scientifica può guidare e far progredire il percorso di conoscenza nel nostro itinerario? Perché accade ciò che vediamo accadere? «Cosa sta sotto» al fenomeno osservato con i ragazzi di quinta? Quali sono i diversi elementi in gioco e quale ruolo hanno? Per trovare risposte adeguate ho pensato di fare riferimento a diversi «strumenti»: il metodo dell'analogia, la costruzione di un modello e l'utilizzo del linguaggio della matematica. Il linguaggio matematico fornisce la sintesi del concetto, cioè stabilisce le relazioni in modo sintetico, tanto che nel nostro percorso diventa la chiave di volta che ci permette di scoprire il principio che sta sotto il fenomeno in esame.

Il passo che ho chiesto ai ragazzi della prima classe si situa sicuramente a livello del metodo sperimentale, coscientemente usato proprio come «attività che favorisca lo strutturarsi di una mentalità scientifica».

Siamo ripartiti dall'ultima osservazione del lavoro svolto con la classe quinta della primaria, individuando due fenomeni: la caduta degli oggetti e il galleggiamento. Come fa realmente il liquido a fermare la caduta degli oggetti?

Il metodo dell'analogia e la natura del peso

Propongo ai ragazzi di compiere una serie di prove e di ragionare insieme sulle osservazioni che ne nascono.



Appoggiamo un sasso sul tavolo: per cambiare la sua posizione dobbiamo spingerlo con una certa intensità, con la *forza* del nostro braccio. Leghiamo il sasso sempre appoggiato al tavolo a un elastico: per cambiare la sua posizione dobbiamo tirare l'elastico con una certa intensità, con la *forza* del nostro braccio. L'elastico si deforma, si allunga.

Solleghiamo il tutto dal tavolo tenendo in mano il capo libero dell'elastico, l'elastico si allunga perché il sasso agisce su di esso: l'effetto sull'elastico è del tutto simile all'azione del

nostro braccio, cioè tira con una certa *forza* l'elastico.

Questa azione che tira «giù» sasso ed elastico ha lo stesso effetto del nostro muscolo, sarà perciò una forza; ad essa diamo il nome di «peso».

Abbiamo verificato che il peso del sasso fa allungare verso il basso l'elastico a cui il sasso è attaccato.

Se lascio cadere nell'aria un qualunque oggetto sul banco osservo l'evidenza di un movimento dall'alto verso il basso (vedi freccia): anche senza elastico è *analogamente* evidente che esiste una forza a cui l'oggetto è sottoposto, che ha la stessa direzione dell'allungamento dell'elastico e che va dall'alto verso il basso. L'elastico è uno strumento che rende evidente, *visibile* tale forza.

La forza che vediamo agire è la forza di gravità, a cui un corpo è soggetto per effetto dell'attrazione terrestre, e si chiama «peso»!.

Usiamo una molla con un gancio a cui appendiamo diversi oggetti: più l'oggetto allunga la molla, maggiore è la forza esercitata, quindi maggiore è il suo peso.

Osserviamo che così funziona il dinamometro, strumento graduato che ci permette di valutare il peso di un corpo. Lo osserviamo con attenzione.

L'esperienza muta: un nuovo modo di scoprire e verificare

A questo punto lascio che gli alunni scoprano da soli quale sia l'effetto di un liquido su un corpo che venga in esso immerso: hanno gli strumenti necessari e sufficienti. Propongo per questo un nuovo modo di verificare ma nel contempo di scoprire in modo sintetico di quale problema ci occuperemo: l'«esperienza muta».

Ciò consiste nell'osservazione da parte dei ragazzi di un certo esperimento che svolgo io in assoluto silenzio, enfatizzando e ripetendo i passaggi più significativi con gesti opportuni, e dove necessario leggendo valori di misure.

Durante l'esperienza i ragazzi osservano e prendono appunti mentre al termine chiedo loro di stendere la relazione del laboratorio nella quale evidenziare osservazioni, nessi, analogie e conclusioni, secondo i criteri concordati, cioè le azioni che abbiamo individuato e sopra esposto.

Il clima nel quale questa scoperta ha luogo è veramente speciale e aumenta le consapevolezza dei ragazzi del fatto che loro possano essere, se guidati, veri protagonisti, capaci di conquistare nuove conoscenze. Anche il rapporto, oserei dire affettivo, tra me e loro cambia perché accordo loro fiducia e li conduco in una esperienza nella quale scoprono la potenza del loro io in azione.

Questo esperimento introduce tutti i fattori in gioco in un quadro complesso dal quale ogni particolare sarà estratto, studiato e poi ricollocato per cogliere nessi e scoprire il significato.

Scoperta/verifica: l'sperimento muto

Tratto dai quaderni di Giulia, Linda, Mattia e Sveva che ringrazio.

Titolo di Mattia: **I liquidi esercitano una forza sugli oggetti?**

Titolo di Giulia: **I liquidi hanno una forza?**

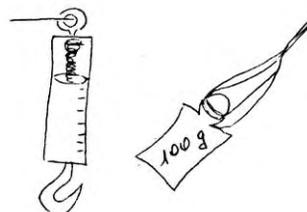
Titolo di Sveva: **Cosa fanno i liquidi a contatto con un solido?**

Titolo di Linda: **Cosa cambia se metto un pesino in quattro sostanze diverse?**

COSA MI OCCORRE

2 becher, acqua, olio, alcool, pesino della bilancia a due piatti, spago, dinamometro, supporto, aria, un dito.

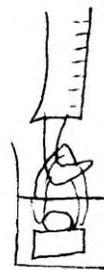
COSA FACCI
 Aggancio il dinamometro al supporto e lego un pezzettino di spago al pesino



COSA FACCI
 Aggancio il pesino al gancio inferiore del dinamometro
COSA OSSERVO
 Noto che il pallino del dinamometro passa da 0 Newton a 1 Newton
 La tacca segna 1 Newton, cioè 100gp,
 la molla si è tirata.
 Pesino (in verde)

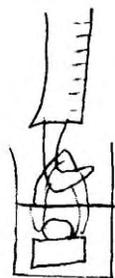
COSA FACCI
 Preparo un becher con acqua e abbasso il gancio del supporto in modo che il pesino si immerga (né in parte, né senza toccare il fondo)

COSA OSSERVO
 La tacca segna 0,8 N, cioè circa 80gp,
 la molla si è accorciata.
 Acqua (in azzurro)



COSA FACCI
 Tiro fuori il pesino (alzando il gancio).
 Svuoto il becher o e rifaccio lo stesso esperimento con l'olio.

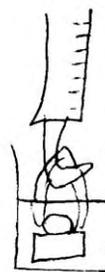
COSA OSSERVO
 La tacca segna 0,85 N, cioè circa 85gp,
 la molla si è accorciata.
 Olio (in giallo)



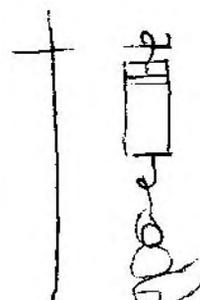


COSA FACCIO
Tolgo il pesino dal liquido.
COSA OSSERVO
Pesa ancora 1N

Prendo l'altro becher e faccio lo stesso con l'alcool.
COSA FACCIO
COSA OSSERVO
La tacca segna 0,9 N.
Alcool (in rosa)



COSA FACCIO
Sollevo il pesino con un dito spingendo verso l'alto.
COSA OSSERVO
La molla se spingo in su si accorcia
come succedeva prima con i liquidi.
Dito (in rosso)



COSA CAPISCO

- Mattia: Il pesino pesa di meno nei liquidi perché essi hanno esercitato una forza su di esso. Se con il dito spingo il pesino in su succede la stessa cosa (verticalmente).
- Giulia: Se immergo un oggetto in un liquido il suo peso diminuisce perché vedo che la molla si accorcia.
Ho capito che tutti i liquidi spingono verso l'alto, ma in modo diverso: tra i liquidi che noi abbiamo usato spinge di più l'acqua, di meno l'alcol e in modo intermedio l'olio.
- Sveva: Ho capito che spingendo verso l'alto con il dito l'oggetto, esso va in su a causa di una spinta.
Per fare accorciare la molla devo esercitare una forza verticale, verso l'alto.
- Linda: Capisco che i liquidi hanno spinto e sollevato il pesino verso l'alto.

COSA HO IMPARATO

- Mattia: Ora so che anche i liquidi esercitano una forza sugli oggetti.
- Giulia: Ho imparato che i liquidi spingono verso l'alto verticalmente e che quindi hanno una forza.
- Sveva: I liquidi, quindi, spingono verso l'alto l'oggetto in essi immerso.
- Linda: Ho imparato che i liquidi hanno fatto il procedimento contrario del peso, cioè hanno spinto in alto verticalmente il pesino.



Riprendiamo il lavoro e ritorniamo al galleggiamento in acqua. Con l'esperimento mutò è chiaro che gli oggetti immersi nell'acqua ricevono una spinta, cioè sono soggetti a una forza, diretta verso l'alto: vogliamo stimare l'intensità di questa forza utilizzando il dinamometro, descrivendo il fenomeno in termini matematici. Le domande guida costituiscono i titoli del lavoro sotto riportato.

QUANTO SPINGE L'ACQUA?

COSA MI OCCORRE

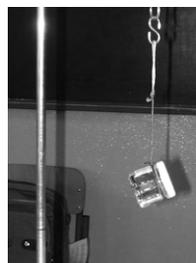
Barattolino con tappo a vite, spago, vaschetta trasparente abbastanza alta con acqua, dinamometro sospeso a un supporto

COSA FACCIO

Riempio il barattolo con acqua senza lasciare aria e avvito il tappo (per assicurarmi che affondi interamente nell'acqua) Attacco al barattolo un pezzo di spago: lo appendo al dinamometro e leggo qual è il suo peso in aria

COSA OSSERVO

Il peso è 100 gp = 1N (Newton)



COSA FACCIO

Prendo il recipiente trasparente con l'acqua, lo posiziono sotto al supporto a cui è appeso il dinamometro e faccio in modo che pian piano il barattolino venga immerso completamente in acqua. Leggo il valore del peso in acqua

COSA OSSERVO

Osservo che la molla del dinamometro si accorcia man mano che l'oggetto entra in acqua: l'allungamento diminuisce, fino a quando il barattolo è completamente immerso. A questo punto rimane costante



CALCOLO LA DIFFERENZA DI PESO

In acqua il peso registrato è minore. Il peso è 40 gp = 0,4 N

C'è una diminuzione di peso di 100 gp - 40gp = 60gp

$1,0\text{ N} - 0,4\text{ N} = 0,6\text{ N}$

COSA CAPISCO

Riesco a vedere la spinta dell'acqua perché il peso diminuisce.

La differenza di peso fra quando il barattolo è appeso in aria e quando è totalmente immerso in acqua è la misura della spinta da parte dell'acqua.

COSA HO IMPARATO

La differenza di peso è il valore della spinta dell'acqua.

N.B.: L'osservazione del dinamometro che riporta due scale di lettura, sia quella in Newton che in grammi peso, ci ha permesso di incontrare una nuova unità di misura e di valutare anche le forze osservate.

Da cosa dipende la forza che sostiene l'oggetto immerso nell'acqua?

In una riflessione/discussione guidata, con i ragazzi individuamo tre «questioni sospette» su cui indagare per comprendere le cause del fenomeno. I ragazzi propongono: peso dell'oggetto immerso, volume dell'oggetto, tipo di liquido.

Il metodo che scegliamo, tipico dell'indagine scientifica, è quello di far variare un solo aspetto per volta per osservare e capire quale sia l'influenza dello stesso sull'intero fenomeno.

Prima questione

Per valutare l'influenza del peso dell'oggetto ripetiamo l'esperimento proposto facendo variare solo il peso dell'oggetto, mantenendo uguale il volume e immergendolo ancora in acqua.

Come fare? Usiamo lo stesso vasetto ma pieno di dadi: il peso è variato, ma sicuramente non il volume; il barattolo riempito di dadi mantiene lo stesso volume ma cambia il suo peso.

La spinta verso l'alto, cioè la forza che sostiene l'oggetto immerso nell'acqua, da cosa dipende? Dal peso dell'oggetto?

COSA MI OCCORRE

Stesso piccolo barattolino con tappo a vite, spago, dinamometro sospeso a un supporto, una piccola manciata di dadi per bulloni, recipiente con acqua.



COSA FACCIO

Riempio il barattolino con acqua e dadi senza lasciare aria e avvito il tappo.

Appendo il barattolino al dinamometro e misuro il peso in aria.

COSA OSSERVO

Il barattolino riempito di dadi mantiene lo stesso volume ma cambia il suo peso.

Il volume del barattolino rispetto al precedente esperimento rimane uguale, il peso no (è aumentato). Il peso in aria è $160 \text{ gp} = 1,6 \text{ N}$



COSA FACCIO

Immergo completamente in acqua e misuro il peso.

COSA OSSERVO

Il peso in acqua è $100 \text{ gp} = 1,0 \text{ N}$: in acqua il peso registrato è minore.

CALCOLO LA DIFFERENZA DI PESO

$$160 \text{ gp} - 100 \text{ gp} = 60 \text{ gp} \quad 1,6 \text{ N} - 1,0 \text{ N} = 0,6 \text{ N}$$

COSA CAPISCO

Il peso del vasetto con dadi in aria è maggiore che nell'esperimento precedente: in acqua si ha ancora una diminuzione del peso, quindi l'acqua spinge ancora verso l'alto. Sorprendentemente il peso diminuisce della stessa misura in entrambi i casi, anche se i pesi sono diversi, cioè la differenza del peso in aria e in acqua (cioè la spinta dell'acqua) ha uguale intensità nei due casi.

COSA HO IMPARATO

La differenza di peso cioè l'intensità della spinta è uguale anche se è cambiato il peso: quindi la spinta dell'acqua non dipende dal peso dell'oggetto.

La spinta verso l'alto, cioè la forza che sostiene l'oggetto immerso nell'acqua, da cosa dipende? Dal volume dell'oggetto?

Seconda questione

Ripetiamo l'esperimento facendo variare solo il volume.

Per la valutazione del volume abbiamo utilizzato il metodo dell'immersione che, essendo molto intuitivo, è già stato utilizzato fin dalla scuola primaria.



COSA MI OCCORRE

Due barattoli con tappo a vite di dimensioni diverse; spago; una manciata di dadi per bulloni; recipiente trasparente abbastanza alto con acqua; bilancia; dinamometro so-speso a un supporto.

COSA FACCIO

Riempio i due barattoli di dimensioni diverse con acqua senza lasciare aria; metto qualche dado in quello più piccolo, facendo in modo che raggiunga lo stesso peso del più grande ed avvito bene il tappo di entrambi. Peso con la bilancia ciascun barattolo.



COSA OSSERVO

Il peso è: 158 gp in entrambi i casi

COSA FACCIO

Appendo il barattolo più piccolo e ne misuro il peso in aria appendendolo al dinamometro.

Misuro poi il peso del barattolo immerso completamente in acqua.

Il peso in aria è:

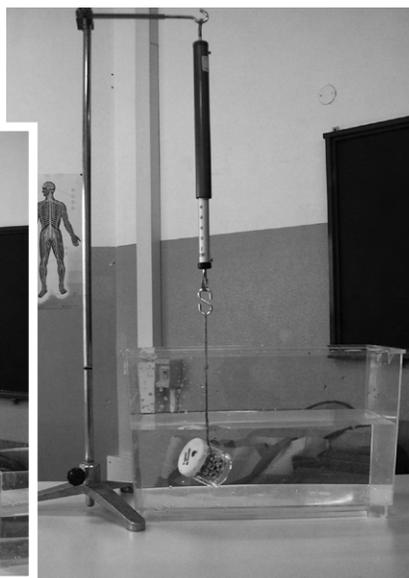
158 gp

Il peso in acqua è:

98 gp

La differenza di peso, quindi la spinta è:

$158 \text{ g} - 98 \text{ gp} = 60 \text{gp}$



Ripeto la stessa operazione con il barattolo con volume maggiore, ma di ugual peso.

COSA OSSERVO

Noto che il peso del barattolo diminuisce gradualmente mentre il barattolo viene immerso, ma poi smette di diminuire quando è completamente immerso.

Il peso in aria è:

158 gp

Il peso in acqua è

23 gp

La differenza di peso, quindi la spinta è:

$158\text{gp} - 23\text{gp} = 135\text{gp}$



COSA CAPISCO

La differenza di peso dovuta alla spinta dell'acqua è diversa nei due casi: con il barattolo grande la diminuzione di peso è maggiore, quindi anche la spinta dal basso verso l'alto.

Se il peso degli oggetti è uguale, l'oggetto di maggiori dimensioni immerso completamente in acqua diventa più leggero dell'altro più piccolo, cioè riceve una spinta verso l'alto maggiore.

Nel fenomeno osservato il volume è un grande protagonista.

COSA HO IMPARATO

La spinta dell'acqua dipende dal volume dell'oggetto, maggiore è il suo volume, maggiore è l'intensità della spinta.

Nel caso di corpi totalmente immersi in acqua, possiamo quindi affermare che la spinta che essi ricevono non dipende dal peso, ma dal volume dell'oggetto: più un oggetto è grande, maggiore è la spinta che riceve in acqua.

Verifica

È possibile stimare il volume di un oggetto senza guardarlo, utilizzando i «muscoli» analogamente a quanto si può fare per stimare il suo peso?

La classe è stata divisa in gruppi ed ecco cosa è accaduto in ciascun gruppo.

Abbiamo bendato un'alunna e abbiamo appeso a ciascuna mano i vasetti di ugual peso in aria ma diverso volume utilizzati per l'esperimento precedente.

Le domandiamo: hanno lo stesso peso? La risposta è sì.

La guidiamo poi ad avvicinarsi alla vaschetta e immergere in acqua i due oggetti, senza far toccare il fondo.

Le domande di verifica sono due. Per l'alunna bendata: quale oggetto è più grande, cioè *quale dei due ha il volume maggiore?* Per gli altri alunni: fare una previsione di quella che sarà la risposta corretta, motivandola.

L'unica percezione che l'alunna bendata ha è la variazione del peso dell'ogget-

to. Le si chiede di descrivere cosa sente e di dire quale dei due oggetti è più grande. Se quanto fin qui scoperto è stato compreso, risponde che per uno dei due la differenza di peso è maggiore e che questo è il più grande dei due. La differenza fra le due richieste nasce dal fatto che l'alunna bendata «sente» che dopo l'immersione uno degli oggetti pesa meno quindi dovrebbe individuarlo come il più grande; gli altri alunni «vedono» qual è il vasetto più grande, quindi devono individuare il criterio rispetto al quale la compagna può rispondere, cioè che il più grande pesa meno in acqua perché la spinta dell'acqua è maggiore.

COSA VEDO



COSA CAPISCO

L'oggetto più voluminoso varia maggiormente il suo peso quando è immerso.

COSA HO IMPARATO

La variazione percepibile del peso dell'oggetto è dovuta al fatto che evidentemente il liquido esercita su di esso una spinta verso l'alto che cresce con il volume dell'oggetto.

La spinta verso l'alto, cioè la forza che sostiene l'oggetto immerso nell'acqua, da cosa dipende? Dal tipo di liquido?

Terza questione

Nell'esperienza muta proposta all'inizio del percorso era evidente che cambiando liquido cambiasse la spinta. La questione del diverso liquido rimane quindi un elemento da indagare.

Utilizziamo lo stesso oggetto, quindi con volume e peso costanti, in liquidi diversi. Questa volta passiamo a qualcosa di più consueto: una patata. Aver osservato nel dinamometro la corrispondenza fra **gp** e **N** mi permette di utilizzare una bilancia elettronica dove i ragazzi leggeranno valori (già approssimati dallo strumento) di pesi in **gp**, cosa che ci permetterà di fare valutazioni meno soggettive rispetto alla valutazione della posizione del dischetto nel dinamometro.

COSA MI OCCORRE

Una patata, una bilancia, un supporto che permette di pesare la patata e di immergerla in diversi liquidi (vedi foto), recipiente contenente acqua, recipiente contenente acqua salata, recipiente contenente alcol, recipiente contenente olio, pennarello indelebile.

COSA FACCI

Appendo la patata con un cordino al gancio della bilancia e lo peso quando è fuori dall'acqua.

COSA OSSERVO

Il peso della patata in aria è: 54 gp ed è costante. Il volume della patata è costante.



COSA FACCIO

In un recipiente metto dell'acqua dolce. Immergo la patata. Peso la patata immersa nel liquido. Tollo la patata dal liquido.

COSA OSSERVO

Il peso della patata in acqua dolce è: 8gp

La differenza di peso in acqua dolce rispetto all'aria, quindi la spinta è: $54\text{gp} - 8\text{gp} = 46\text{gp}$

**COSA FACCIO**

Ripeto la stessa operazione con il recipiente contenente acqua salata.

COSA OSSERVO

Il peso della patata in acqua salata è: 0 gp

La differenza di peso in acqua salata rispetto all'aria, quindi la spinta è: $54\text{gp} - 0\text{gp} = 54\text{gp}$

La patata galleggia.

**COSA FACCIO**

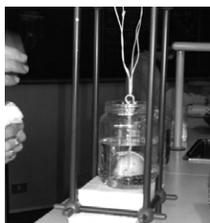
Ripeto la stessa operazione con il recipiente contenente alcol.

COSA OSSERVO

Il peso della patata in alcol è: 16 gp

La differenza di peso in alcol rispetto all'aria, quindi la spinta è:

$54\text{gp} - 16\text{gp} = 38\text{gp}$

**COSA FACCIO**

Ripeto la stessa operazione con il recipiente contenente olio.

COSA OSSERVO

Il peso della patata in olio è: 9 gp

La differenza di peso in olio rispetto all'aria, quindi la spinta è:

$54\text{gp} - 9\text{gp} = 45\text{gp}$

**COSA CAPISCO E IMPARO**

Tutti i liquidi spingono verso l'alto ma in modo diverso e possiamo dire, confrontando i valori della spinta, cioè la differenza di peso, quali di quelli osservati esercitano maggiore o minore spinta.

Nuova domanda

Della patata conosciamo il peso ma non il volume, pur sapendo che è costante.

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

Col metodo dell'immersione, stabilisco che il volume occupato dalla patata è di 46 ml.

Sorpresa

In acqua dolce la spinta corrisponde a 46 gp quando il volume della patata è di 46 ml. So (da un lavoro precedente) che 11 d'acqua dolce pesa 1 Kgp.

A cosa corrisponde la spinta del liquido?

**Quanto pesano 46 ml
(cioè la quantità
spostata dalla patata)
di ogni liquido usato?**

Di conseguenza 1ml d'acqua dolce pesa 1gp.
Usiamo ancora la bilancia.

Quanto pesa il liquido che la patata ha spostato?

Segniamo i due livelli della superficie libera del liquido con l'oggetto immerso e non immerso, calcoliamo il volume della patata utilizzando le tacche segnate: scelgo di far usare questa procedura perchè la visualizzazione della quantità di liquido spostato è resa più concreta, piuttosto che pesare direttamente 46 ml dei diversi liquidi.

COSA FACCIAMO

Misuro con precisione l'aumento di livello dell'acqua causato dall'immersione (e cioè il volume) della patata, facendo sul recipiente due tacche, con l'oggetto immerso e non immerso.

COSA OSSERVO

- 1° tacca livello senza patata
- 2° tacca livello con patata immersa



COSA FACCIAMO

Prendo nota dei due livelli.
Tolgo poi la patata dal recipiente, avendo cura che tutta l'acqua sgoccioli bene nel recipiente.

Peso quindi il recipiente con l'acqua e prendo nota del peso.
Aggiungo poi, con una pipetta, altra acqua fino a raggiungere il secondo livello.

Verifico l'aumento del peso del recipiente causato dall'aggiunta di acqua.

COSA OSSERVO

Il peso del becher con acqua alla prima tacca è: 567gp

Il peso del becher con acqua alla seconda tacca è: 613 gp

La differenza di peso, quindi la spinta in acqua dolce è:

$$613 \text{ gp} - 567 \text{ gp} = 46 \text{ gp}$$

Così facendo abbiamo aggiunto un volume d'acqua pari al volume della patata, cioè al volume del liquido spostato dalla patata e conosciamo il peso di questo volume.

Ripetiamo con gli altri liquidi e proviamo a mettere in relazione i pesi di tutti i liquidi spostati con la spinta ricevuta dalla patata nei diversi liquidi.



Peso di 46 ml dei diversi liquidi usati

acqua	acqua salata	alcol	olio
46 gp	55 gp	37 gp	43 gp

Valutazione della spinta in termini di differenza di peso della patata immersa

in acqua	in acqua salata	in alcol	in olio
46 gp	54 gp	38 gp	45 gp

COSA CAPISCO

So che il volume del liquido spostato è costante perché corrisponde a quello della patata.

Stiamo quindi paragonando il peso di quantità uguali di liquidi diversi e scopro che hanno diverso peso.

COSA HO IMPARATO

La differenza di peso della patata e quindi la spinta è sempre uguale al peso del liquido spostato.

Le piccole differenze sono dovute all'errore inevitabile di misura: anche questa è un'occasione per riflettere.

NUOVA SCOPERTA

Il peso del liquido aggiunto corrisponde alla differenza di peso dell'oggetto causata dall'immersione.

Cioè è uguale alla spinta esercitata dal liquido sull'oggetto.

Concludiamo quindi che il corpo riceve una spinta verso l'alto pari al peso della quantità d'acqua spostata, il cui volume è uguale al volume dell'oggetto stesso (principio di Archimede).

Provando a descrivere il fenomeno con il linguaggio sintetico della matematica, abbiamo quindi scoperto una legge.

Ritorno all'inizio: quando un corpo galleggia nell'acqua?

Ora siamo in grado di rispondere alla domanda iniziale: un corpo galleggia quando il suo peso è minore del peso di una quantità d'acqua pari al suo volume.

Infatti, un oggetto che, immerso in acqua, galleggia riceve una spinta maggiore del suo peso, e quindi sale in superficie.

E possiamo arricchire le nostre conoscenze ampliando l'orizzonte: attraverso esempi relativi alla biologia, torniamo a vedere di più nella realtà, con occhi più consapevoli, individuando situazioni della vita reale in cui ritroviamo il fenomeno studiato.

Archimede e la biologia

I vegetali nell'acqua



Gli animali più grandi vivono nell'acqua

La frutta fresca in acqua galleggia, anche se quasi completamente sommersa.

Infatti, la frutta contiene molta acqua e spesso anche piccolissime sacche d'aria, che funzionano da minuscoli «salvagente».

Il metodo delle sacche d'aria è utilizzato anche in alcuni tessuti, detti «aeriferi» (portatori d'aria), di piante acquatiche, per favorirne il galleggiamento: vale per gli steli fiorali e le foglie galleggianti delle bellissime ninfee bianche e dei nannufari o per le minuscole piantine di lenticchia d'acqua. La tendenza al galleggiamento delle parti vegetali fa in modo che le grandi alghe (come quelle marine) e le piante acquatiche ancorate al fondo possano mantenere una posizione eretta senza tessuti di sostegno, indispensabili invece per le piante terrestri.

Una pianta acquatica, quindi, può concedersi il lusso di essere tutta verde, senza parti legnose marroni; ciò significa svolgere la fotosintesi su tutta la sua superficie, non solo su quella fogliare.

Esistono animali terrestri di grandi dimensioni come l'ippopotamo o l'elefante e si conoscono fossili di dinosauri ancora più grandi, ma in assoluto il record di grandezza spetta alla balenottera azzurra, che può raggiungere 30-33 metri di lunghezza e 120 tonnellate di peso!

In acqua, però, «non pesa» e si muove agile e veloce.

Fuori dall'acqua la balenottera dovrebbe avere zampe simili a grandi colonne, ben più imponenti di quelle dell'elefante, e sarebbe quasi del tutto incapace di muoversi.

Solo in acqua può permettersi di essere così grossa e di pesare così tanto! Talvolta succede che balene e capodogli si incaglino vicino alle coste dove le acque sono basse e non riescano a riprendere il largo. All'arrivo della bassa marea la diminuzione del livello del mare li lascia sempre più emersi: diminuisce la «spinta di Archimede» verso l'alto e prevale, invece, la forza peso.

Questi grandi animali, schiacciati dal loro stesso peso, non riescono a espandere la cassa toracica per riempire d'aria i polmoni (ricordiamo che sono mammiferi) e muoiono soffocati.



La maggior parte dei pesci ossei possiede nei visceri un sacchetto semi-trasparente pieno di aria, che si chiama «vescica natatoria».

Senza nessuna fatica per nuotare, quando il pesce svuota parzialmente la sua vescica diminuisce il suo volume e «affonda», cioè scende verso profondità maggiori perché

aumenta la sua densità; quando, invece, la riempie nuovamente di gas catturati dall'acqua, aumenta il suo volume e sale.

Proprio come il sommergibile.

