

Università degli Studi di Genova  
**Scuola di Specializzazione all'Insegnamento  
Secondario**

**LABORATORIO  
DI  
DIDATTICA DELLA FISICA**

ANNO ACCADEMICO 2007-2008

Mauriello Silvia  
SSIS - Classe 59

## **INTRODUZIONE.**

La decisione di scegliere come oggetto del seguente progetto didattico il tema della densità è dovuta, in primo luogo, al gran numero di fenomeni propri della vita quotidiana che ad esso sono collegati. Ciò consente di avere a disposizione una vasta gamma di esempi da proporre agli studenti al fine di aiutarli nella costruzione progressiva di questo nuovo concetto. Penso, inoltre, che l'approfondimento di questo argomento e il dedicare maggiore attenzione alla trattazione dei concetti ad esso correlati, come quello di massa, peso e volume, siano aspetti che un docente delle scuole medie non dovrebbe trascurare, anche a costo di tralasciare altri temi. Questi ultimi, infatti, potranno essere approfonditi in altra sede, mentre una presentazione frettolosa degli argomenti suddetti, che tradizionalmente vengono considerati come basilari per addentrarsi nel campo della fisica, rischia di far nascere false credenze negli studenti, difficili da debellare in seguito. Un esempio fra tutti, la confusione fra i concetti di massa e peso, confusione forse anche legata al controsenso di voler definire la forza peso come grandezza fondamentale, ma senza aver mai fatto riferimento alcuno alle caratteristiche principali delle forze e al metodo con cui è possibile misurarne l'intensità.

La metodologia che si intende seguire, nello svolgere il progetto, è quella della lezione dialogata. A tale scopo, si è cercato di proporre alla classe una vasta gamma di esperienze e di introdurre ogni argomento come motivazione necessaria e fortemente cercata di fenomeni osservati.

Il percorso didattico è diviso in due moduli:

- nel primo, vengono introdotti il concetto di volume, di massa, di peso e di densità. Vengono, inoltre, proposti alcuni esempi, mediante i quali sottolineare il legame fra il concetto di densità e molti fenomeni propri della vita quotidiana;
- nel secondo, sono analizzate alcune applicazioni del concetto di densità, introdotto nel modulo precedente.

I requisiti necessari alla comprensione di ogni modulo sono indicati, nel seguito, all'inizio di ciascuno di essi.

**CLASSE DI RIFERIMENTO: III<sup>a</sup> MEDIA****OBIETTIVI SPECIFICI:**

- comprendere il concetto di volume, di massa, di peso,
- essere in grado di distinguere il concetto di peso da quello di massa e saper indicare le rispettive unità di misura,
- comprendere il concetto di densità,
- essere in grado di proporre esempi di procedimenti di misura delle grandezze introdotte,
- comprendere il significato fisico di misura e di errore,
- saper trattare i dati raccolti,
- saper trarre conclusioni dall'elaborazione dei dati sperimentali,
- essere in grado di fornire esempi di fenomeni legati al concetto di densità,
- essere in grado di fornire esempi di apparecchiature che funzionino sfruttando le conoscenze raggiunte sulla densità.

**OBIETTIVI TRASVERSALI:**

- favorire la collaborazione e la discussione fra gli alunni,
- stimolare il lavoro di gruppo,
- sviluppare il lavoro manuale,
- favorire l'uso di un linguaggio appropriato.

## **PRIMO MODULO.**

### **CONTENUTI.**

- Il concetto di volume
- Il concetto di capacità
- Equivalenza fra litro e decimetro cubo
- Il concetto di massa
- Differenza fra massa e peso
- Il concetto di densità
- Esempi tratti dalla vita quotidiana e legati al concetto di densità.

### **REQUISITI RICHIESTI.**

- Formule per il calcolo del volume di un solido regolare
- Concetto di solidi equivalenti
- I passaggi di stato
- Caratteristiche dei diversi stati della materia: solido, liquido, areiforme
- Concetto di soluzione
- Teoria dei rapporti
- Concetto di proporzionalità diretta
- Le misure in fisica e il trattamento elementare degli errori

Al fine di introdurre il concetto di densità di una sostanza come rapporto fra massa e volume, occorre, innanzitutto, proporre alla classe attività che consentano di familiarizzare con queste due grandezze.

### **IL VOLUME.**

Per introdurre il concetto di volume, come per qualsiasi altro concetto di natura fisica, sarebbe opportuno partire da attività pratiche, per esempio, proponendo alla classe esperienze simili alla seguente.

#### **OCCORRENTE:**

- Un bicchiere
- Dell'acqua
- Un blocchetto di ferro

Riempiamo il bicchiere di acqua fino all'orlo e introduciamo il blocchetto di ferro nel contenitore. L'acqua trabocca. Chiediamo agli studenti di riflettere sull'accaduto e di provare a formulare delle congetture sulle possibili motivazioni di quanto osservato. Per aiutarli nel ragionamento, si può utilizzare la seguente provocazione: «Se in un ascensore possono stare al massimo quattro persone e sull'ascensore sono già presenti quattro individui e per giunta robusti al punto che stanno stretti, puoi salire anche tu sull'ascensore? No! Lo puoi fare solo se qualcuno scende. Perché?» La risposta dovrebbe essere banale: perché non c'è spazio! Possiamo spiegare ai ragazzi che succede lo stesso anche per il bicchiere: quando è pieno, al suo interno non può essere introdotto altro, infatti, come mostra l'esperienza, se introduco nel contenitore il blocchetto, l'acqua esce. L'osservare ciò, dovrebbe consentire agli studenti di comprendere che uno stesso spazio non può essere occupato contemporaneamente da due oggetti diversi, perché ognuno di essi possiede una propria estensione. Quest'ultima, in fisica, viene chiamata **volume** e indicata con il simbolo  $V$ .

E' doveroso, a questo punto, spiegare che calcolare il volume di un corpo non è sempre un'operazione semplice, ma può essere più o meno complicata in base alla natura e alla forma dell'oggetto. Chiediamo, quindi, agli allievi se conoscono qualche modo per misurare il volume di un corpo. Gli studenti risponderanno che per risolvere questo tipo di problema la geometria fornisce delle regole.

### **LA CAPACITA'.**

Per far comprendere che la precedente risposta è riduttiva, cioè che in certi casi non consente di individuare una soluzione, chiediamo ai ragazzi come si può, mediante l'uso di tali formule, determinare il volume di una certa quantità di acqua. Dovrebbero così comprendere l'insufficienza di questo tipo di strategia. Detto questo, possiamo suggerire alla classe, che per trovare una risposta, forse potrebbe essere utile ricordare le caratteristiche che possiede la materia quando si trova allo stato liquido e, in particolare, la peculiarità di assumere la forma del contenitore in cui è contenuta. Tutto ciò dovrebbe suggerire che, per risolvere il nostro problema, potrebbe essere utile, non tanto far riferimento al contenuto di cui si vuole misurare l'estensione, ma al contenitore, o meglio alla **capacità** del contenitore, in cui tale estensione è contenuta. Occorre per tanto chiarire cosa si intende con il termine capacità di un contenitore, cioè associare tale vocabolo con il significato di capienza, di capacità di contenere un contenuto. E' importante,

inoltre, specificare che questa parola viene utilizzata anche quando si parla di “quantità contenuta” e, conseguentemente, spesso viene perfino usata come sinonimo di volume. Per ancorare questo discorso, molto astratto, a qualcosa di concreto, si può procedere con la seguente provocazione: «Non avete mai notato come fa la mamma, mentre cucina, a valutare la giusta quantità di acqua o di latte, necessaria per una ricetta? Usa un contenitore, in genere a forma di cilindro, su cui sono presenti delle tacche, il cilindro graduato. Le tacche sono state collocate in corrispondenza di alcuni valori noti di volume. Il volume del liquido versato nel cilindro è indicato dal valore che si legge in corrispondenza della tacca raggiunta dal liquido contenuto. Qual è l'unità di misura generalmente utilizzata per le misure di volume? Il metro cubo e i suoi multipli e sottomultipli. Il volume misurato con il cilindro graduato viene invece espresso in litri e suoi sottomultipli.»

### **L'EQUIVALENZA FRA LITRO E DECIMETRO CUBO.**

Per introdurre tale argomento, si può proporre alla classe la seguente esperienza:

OCCORRENTE

- 1 litro di acqua
- una scatola di sale grosso da 1 kg
- un cilindro graduato di portata 1 litro
- una scatola in plexiglas di forma cubica e di spigolo 1 dm
- una squadra

«Come possiamo fare se vogliamo sapere qual è il volume più grande fra quello di una scatola di sale e quello di un litro d'acqua?»

Versiamo l'acqua a disposizione nel cilindro graduato e osserviamo che occupa un volume pari a 1 litro.

«Poiché la confezione di sale ha la forma di un parallelepipedo, per determinare il suo volume basta misurare le sue dimensioni e applicare la formula nota dalla geometria. Ottengo così una misura del volume espressa in sottomultipli del metro cubo. Come faccio a confrontare il volume dell'acqua e quello della scatola di sale dal momento che sono espressi mediante unità di misura diverse?»

Ricordiamo che la teoria matematica sui rapporti suggerisce che un buon metodo di paragone fra due grandezze, presupposto che le grandezze siano espresse attraverso la medesima unità di misura, è quello di valutarne il rapporto. In tal caso, infatti, il quoziente è un termine adimensionale, che può essere minore,

uguale o maggiore di uno. Nel primo caso, la grandezza al denominatore è la più grande fra le due, nel secondo, le due grandezze sono uguali, nel terzo, la grandezza maggiore è quella al numeratore.

«Come possiamo risolvere questo problema?»

Versiamo l'acqua contenuta nel cilindro graduato nel cubo, esso la conterrà perfettamente. Chiediamo ai ragazzi cosa suggerisce loro quanto osservato.

« Ricordate quando abbiamo parlato di solidi equivalenti? Qual è il volume della scatola di plexiglas? Cosa possiamo concludere? Che il volume che è in grado di contenere il cilindro graduato è esattamente uguale a quello che può contenere il cubo, è cioè pari a  $1 \text{ dm}^3$ . Questo significa che 1 litro equivale a  $1 \text{ dm}^3$ . Quindi, se il volume di un liquido è espresso in litri può essere convertito, a partire da quanto detto, in  $\text{dm}^3$  e il suo volume può essere facilmente confrontato anche con il volume di un solido.»

### **IL VOLUME DEGLI OGGETTI DALLA FORMA IRREGOLARE.**

Dopo aver introdotto l'equivalenza fra litro e decimetro cubo, possiamo sottoporre ai ragazzi un nuovo problema: «Come possiamo calcolare il volume di un oggetto dalla forma non regolare?»

Per suggerire la soluzione, utilizziamo ancora una volta un'attività pratica.

OCCORRENTE:

- dell'acqua
- una pietra
- un cilindro graduato

Spieghiamo ai ragazzi che, visto che la pietra ha forme irregolari, non esiste una formula che consenta di calcolare il suo volume direttamente.

Riempiamo il cilindro di acqua fino al livello corrispondente a una delle tacche. Immergiamo la pietra.

«Cosa possiamo osservare? Che il livello dell'acqua è salito. Perché? Per la prima esperienza sappiamo che l'acqua e il sasso non possono occupare contemporaneamente lo stesso spazio, quindi il sasso immerso va ad occupare lo spazio occupato dall'acqua sul fondo del contenitore e spinge l'acqua verso l'alto, facendo salire il livello. Tutto ciò ti suggerisce qualcosa? Che per conoscere il volume della nostra pietra basta considerare la differenza fra il volume corrispondente al livello finale e quello corrispondente al livello iniziale dell'acqua.»

## LA MASSA.

Per introdurre tale argomento, potrebbe essere produttivo far riflettere la classe sul significato della parola “massa”.

«Non ti è mai capitato di sentire al telegiornale, per esempio, che “una grande massa di acqua ha travolto un’automobile”, oppure, che “l’enorme massa di neve, staccatasi dalla parete, ha travolto gli sciatori”? Cosa si intende col termine massa?»

Attraverso esempi simili, gli studenti dovrebbero riuscire ad associare il concetto di massa con quello di quantità e quindi essere il grado di comprendere la definizione: “ la **massa** di un corpo è la quantità di materia che costituisce il corpo stesso.”

Per consentire di capire che anche la massa, come il volume, è una grandezza, si può ricorrere ad ulteriori considerazioni pratiche: «C’è differenza se per sbaglio rovescio un bicchiere d’acqua o se invece rovescio un’intera bottiglia? Nel secondo caso rovescio una quantità maggiore di acqua, una massa più grande. Questo suggerisce che la massa degli oggetti è una grandezza che può variare e come tale può essere misurata. La sua unità di misura è il chilogrammo e si indica con il simbolo kg.»

Come sappiamo, misurare una grandezza significa confrontarla con l’unità di misura cui si è stabilito universalmente di fare riferimento, per questo, per conferire maggiore realismo a ciò di cui si sta parlando, mi sembra doveroso chiarire che il kg è definito come la massa di un cilindro di platino-iridio di altezza e diametro pari a 3,9 cm.

Mi sembra, infine, importante sottolineare che, a differenza di quanto accade per le misure di lunghezza, per determinare le quali basta confrontare un oggetto col metro, cioè con il prototipo del campione di riferimento, il confronto fra la massa di un corpo e la massa campione è molto più complesso. Infatti, occorre avere a disposizione dei campioni dalla massa pari a un kg e una bilancia a due piatti. Posto su un piatto l’oggetto di cui si vuole determinare la massa, essa corrisponde alla massa dei campioni presenti sull’altro piatto nel momento in cui la bilancia è in equilibrio. Tale procedimento è chiaramente complicato, specie se lo scopo è quello di misurare la massa di corpi molto grandi. Per esempio, si potrebbe far riflettere la classe chiedendo:«Dove posso trovare un numero di masse campione sufficiente ad equilibrare la massa di un camion?»

## **IL PESO.**

Il concetto di peso non è un argomento né di facile comprensione né di facile trattazione, personalmente, credo però che partire dall'esperienza, per introdurre tale tema, possa consentire di semplificare entrambe le cose. Penso anche che prima di fare ciò, sia doveroso un preambolo. Infatti, tale argomento viene in genere presentato durante le prime lezioni di fisica, in modo frettoloso, senza aver dato agli studenti nessun tipo di informazione su un concetto fondamentale perché possano capire quello di peso: il concetto di forza. Per tale ragione, reputo possa essere vantaggioso, anche per individuare una distinzione netta fra massa e peso, una breve parentesi, grazie alla quale focalizzare quali sono le caratteristiche peculiari di una forza, l'unità di misura di tale grandezza e il metodo mediante il quale è possibile valutarne l'intensità.

Si potrebbe iniziare, per esempio, chiedendo: «Cosa succede agli alberi quando c'è molto vento? Il loro tronco viene piegato dalla forza delle raffiche. Se le raffiche sono molto violente, il tronco può addirittura spezzarsi. Si dice che il vento esercita una forza sugli alberi, che non siamo in grado di vedere, ma di cui possiamo osservare gli effetti nella deformazione del tronco. Cosa succede quando spingi un carrello della spesa? Esso è inizialmente fermo, l'effetto della tua spinta si manifesta nel fatto che il carrello viene messo in movimento. Analogamente se la tua spinta cessa il carrello si ferma. Ciò ci dice che il manifestarsi di una forza produce una modifica nello stato di quiete o di moto di un corpo, oppure ne produce la deformazione.»

Per fare comprendere il concetto di intensità di una forza, si può sottolineare nuovamente i diversi effetti prodotti da raffiche di vento più o meno violente su un albero. Sottolineiamo che l'intensità di una forza si può misurare con l'uso di un particolare strumento, il dinamometro, e che l'unità di misura utilizzata per questa grandezza è il newton, il cui simbolo è N. Descriviamo, infine, brevemente, la struttura e il funzionamento del dinamometro. Esso è essenzialmente costituito da una molla contenuta in un cilindro graduato ed avente un estremo fissato alla base superiore del un cilindro stesso. Poiché una forza può produrre la deformazione di un corpo non libero di muoversi, come abbiamo visto succede per l'albero, così l'applicazione di una forza alla molla produrrà una sua deformazione, cioè un suo allungamento. Chiaramente tanto più la forza è intensa, tanto più la molla si allunga, si verifica cioè che l'intensità della forza è

direttamente proporzionale all'allungamento della molla. Per tale ragione, in corrispondenza di ogni tacca della taratura del dinamometro è indicato un valore in newton, ossia il valore dell'intensità della forza capace di produrre quel particolare allungamento della molla.

Chiusa la parentesi, proponiamo alla classe la seguente attività.

OCCORRENTE

- una palla
- tre pesi di massa pari a 1 kg, con anelli e ganci, in modo che possano essere fra loro composti
- un dinamometro

Prendo la palla in mano e la lascio andare.

«Cosa succede? Perché la palla cade? Perché la terra è come una calamita che attira i corpi a sé, è cioè in grado di esercitare una forza di attrazione sui corpi. La palla, infatti, all'inizio è ferma, se si muove, quindi è perché c'è qualcosa che la mette il moto, ma non sono io, perché io la lascio solo andare. La forza che la terra esercita sui corpi si chiama forza **peso**. Come tutte le forze, anche la forza peso può essere misurata con un dinamometro.»

Procediamo quindi nell'esperienza al fine di introdurre la relazione di proporzionalità diretta esistente fra peso e massa. Applichiamo al gancio del dinamometro un solo peso e valutiamo il valore indicato dallo strumento. Ripetiamo la misura dopo aver composto fra loro, prima, due pesi e poi tutti i pesi a disposizione. Chiediamo quindi agli studenti di considerare il rapporto, per ognuno dei tre casi, fra forza e massa corrispondente. Il rapporto è costante, cioè le grandezze sono direttamente proporzionali e la costante di proporzionalità è  $9,8\text{N/kg}$ .

### **C'E' DIFFERENZA FRA MASSA E PESO.**

Poiché è luogo comune confondere il concetto di massa con quello di peso, mi sembra doveroso dedicare ancora tempo a cercare di chiarire agli studenti la differenza fra questi due concetti. A tale scopo, possiamo basarci, ancora una volta su un'attività pratica.

OCCORRENTE:

- una bilancia
- un peso della massa di 1 kg

L'esperienza potrebbe iniziare con una riflessione: «Quando ti chiedono “quanto pesi?”, cosa rispondi? Ma i kg non sono l'unità di misura propria della massa? Com'è possibile che anche il peso utilizzi la stessa unità di misura? Ma allora peso e massa sono la stessa grandezza?»

Procediamo pesando l'oggetto a disposizione: «Perché diciamo che questo oggetto pesa un chilo e non diciamo che pesa un certo numero di newton, visto che sappiamo che il peso è una forza e sappiamo che le forze si misurano in newton?»

Smontiamo la bilancia e osserviamo che al suo interno è contenuta una molla. Ricordiamo ai ragazzi il funzionamento del dinamometro e spieghiamo loro che siamo di fronte a una sorta di “dinamometro alla rovescia”, cioè in cui non si valuta l'allungamento della molla ma la sua compressione. Tutto ciò conferma l'idea che la bilancia è uno strumento che serve a misurare una forza. Resta da chiarire perché le misure effettuate non sono espresse in newton. Spieghiamo che per motivi di praticità, si è pensato di sfruttare la proporzionalità esistente fra massa e peso e di introdurre una convenzione, a cui però oggi non si fa mai nessun riferimento. Misurare direttamente la massa di un corpo, infatti, è piuttosto complicato, come è stato precedentemente sottolineato. Risulta, invece, molto più pratico misurare il peso con la bilancia “tradizionale” e ottenere il valore della massa di un oggetto come rapporto fra il peso e la costante di proporzionalità  $9,8 \text{ N/kg}$ . Anche questo tipo di procedimento comporta comunque dei calcoli, così si è pensato di fare un'eccezione per la forza peso e di creare un'unità di misura appositamente per lei il “chilogrammo peso” che corrisponde al prodotto  $\text{kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}$ , un chilogrammo peso equivale cioè a  $9,8 \text{ N}$ . In questo modo pesando un corpo siamo in grado di definire contemporaneamente sia l'entità del suo peso che della sua massa. La confusione che normalmente viene fatta fra massa e peso è proprio legata al fatto che, nel parlare, si dimentica di esprimere la differenza fra kg e kg-peso e si usa indicare entrambe le unità con il termine chilo.

### **IL CONCETTO DI DENSITA'.**

Per introdurre tale argomento si può proporre alla classe una provocazione: «Secondo voi, preso un qualsiasi oggetto, esiste un modo per determinare con certezza di quale materiale è costituito?»

Quindi si può proseguire con un'attività di tipo pratico.

OCCORRENTE:

- bilancia
- un contenitore di plexiglas della capacità di un litro
- della semola
- del sale
- del cacao
- dello zucchero
- della farina
- dei pennarelli colorati, con cui sia possibile scrivere sul plexiglas

Utilizzando la bilancia, valutiamo 100g di semola e versiamoli nel contenitore a disposizione. Muoviamo il contenitore in modo da livellare la superficie superiore del suo contenuto, quindi con un pennarello tracciamo una tacca sul contenitore stesso in corrispondenza del livello raggiunto dalla quantità di semola. Ripetiamo le stesse operazioni anche per ognuno degli altri materiali, cambiando di volta in volta il colore del pennarello. Chiediamo, infine, agli studenti di osservare il contenitore: «Cosa notate? Cosa possiamo dedurre? Che masse uguali di sostanze diverse occupano volumi diversi. Come mai? Da cosa dipende ciò?»

Proseguiamo con un'altra esperienza.

OCCORRENTE:

- bilancia
- contenitore graduato
- acqua
- olio di oliva

Utilizzando la bilancia determiniamo la massa del contenitore graduato. Valutiamo servendoci del contenitore stesso 1 dl di acqua e, con la bilancia, determiniamo la massa totale dell'acqua e del contenitore. Dalla differenza fra quest'ultimo valore e quello della massa del contenitore vuoto, otteniamo la massa dell'acqua contenuta. Ripetiamo le stesse operazioni per l'olio. Chiediamo alla classe di confrontare i risultati ottenuti, che chiaramente saranno diversi. Facciamo notare che, l'esperienza ci suggerisce che volumi uguali di sostanze diverse hanno masse diverse. «Come mai accade questo? C'è un legame con quanto verificatosi nell'attività precedente?»

Spieghiamo agli allievi che lo stesso tipo di considerazioni impegnarono nel terzo secolo a.C. un grande scienziato, Archimede, che riuscì sulla loro base, per prima cosa, a scoprire l'esistenza di una particolare proprietà delle sostanze e, quindi, a comprendere che a partire dalla valutazione di quest'ultima è possibile definire il

materiale di cui un corpo è costituito. Proponiamo, a conferma di ciò, la seguente lettura.

**La corona di Gerone.**

Gerone, re tiranno di Siracusa e amico di Archimede, chiese ad un orefice di fabbricargli una corona. A tale scopo mise a disposizione dell'artigiano un lingotto d'oro purissimo. Il risultato del lavoro fu una corona che pesava esattamente come il lingotto d'oro. Nonostante ciò, Gerone, temendo di essere stato ingannato e che parte dell'oro fosse stata sostituita con un altro metallo, chiese l'aiuto di Archimede. Si racconta che mentre lo scienziato faceva il bagno, notò che il livello dell'acqua contenuta nella vasca s'innalzava man mano che il suo corpo si immergeva. Tale osservazione fu illuminante per giungere alla soluzione del problema della corona. Infatti Archimede prese un lingotto d'oro e uno di argento della stessa massa della corona, riempì un vaso di acqua fino all'orlo e vi immerse prima uno e poi l'altro lingotto, misurando l'acqua traboccata nei due casi e confrontando i risultati ottenuti. Si accorse che l'acqua traboccata immergendo il lingotto d'oro era molto meno. Quindi immerse nel vaso la corona e misurò la quantità di acqua fuoriuscita: era meno di quella traboccata immergendo il lingotto d'argento e più di quella uscita dal contenitore immergendo il lingotto d'oro. Concluse che la corona conteneva sia oro che argento e ne informò Gerone, il quale punì l'orefice.

Dopo la lettura chiediamo agli allievi: « Perché Archimede giunge a questa conclusione? Perché comprende che il motivo per cui una massa d'oro occupa un volume minore rispetto a quello occupato da una stessa massa d'argento può essere solo uno: la massa è distribuita diversamente all'interno del volume, in modo meno compatto. » Chiaramente parlare di compattezza nel caso il cui l'oggetto in esame sia un liquido non ha senso, occorre invece utilizzare il termine densità. Se le cose stanno così, allora esiste un legame fra il materiale di cui è costituito un oggetto, la sua massa e il volume che essa occupa. Per provare ciò, seguiamo con la seguente attività.

OCCORRENTE:

- cilindro graduato
- acqua
- bilancia

Con l'utilizzo della bilancia determiniamo la massa del cilindro graduato. Mediante il contenitore misuriamo 1 dl di acqua, poi determiniamo la massa totale dell'acqua e del cilindro, attraverso l'uso della bilancia. La differenza fra i valore delle due massa, fornisce la massa dell'acqua. « Quanto vale il rapporto fra massa e volume della quantità di acqua considerata?  $1 \text{ g/cm}^3$ . »

Ripetiamo l'operazione, utilizzando 5 dl e poi 1 l di acqua. In entrambi i casi valutiamo il valore del rapporto massa/volume, che risulterà invariato. Concludiamo spiegando che il rapporto fra una certa massa di un particolare materiale e il rispettivo volume è una proprietà della sostanza chiamata **densità** e

che proprio perché tale proprietà dipende dalla sostanza stessa e non dalla forma del corpo, la densità di ogni materiale ha un valore diverso, caratteristico solo di quel materiale e di nessun altro. La densità di una sostanza è, quindi, la quantità di materiale (massa) contenuta nell'unità di volume di quel materiale. Archimede nel racconto letto aveva a suo modo valutato questo rapporto e compreso che esso costituisce una caratteristica importante dei materiali.

Mi sembra doveroso, a questo punto, mostrare alla classe l'influenza della densità anche su un altro fenomeno, proprio della vita quotidiana: il galleggiamento. A tale scopo, si potrebbe utilizzare la seguente esperienza.

OCCORRENTE:

- due contenitori
- dell'acqua
- un pezzo di legno
- un blocchetto di ferro
- dell'olio
- una tabella contenente la densità dei materiali messi a disposizione per l'esperienza.

Versiamo dell'acqua nei due contenitori a disposizione, poi introduciamo, nel primo, il blocchetto di ferro e il pezzo di legno, nel secondo, dell'olio.

«Cosa osservate? Che l'olio e il pezzo di legno galleggiano, mentre il blocchetto affonda. Come mai?»

Suggeriamo agli studenti di osservare la tabella in cui sono contenuti i valori della densità dei materiali di cui sono composti gli oggetti utilizzati.

«Cosa notate? Che galleggiano solo quei corpi che sono costituiti da materiali aventi una densità minore di quella dell'acqua.»

Ciò suggerisce che per sapere se un corpo è in grado di galleggiare o meno nell'acqua, basta confrontare la sua densità con quella dell'acqua stessa, cioè è sufficiente valutare il rapporto fra questi due valori. Come suggerisce la teoria dei rapporti, se il risultato della divisione, numero adimensionale, è maggiore di 1, il corpo ha densità maggiore dell'acqua e quindi affonda, se è minore di 1, il corpo ha densità minore di quella dell'acqua, quindi galleggia, se è pari a 1, il corpo resta sospeso a pelo d'acqua.

## **ESEMPI.**

Poiché il galleggiamento è un fenomeno che capita spesso di osservare e di sperimentare nell'esperienza quotidiana, prima di proporre agli studenti una vera e propria attività di laboratorio, al fine di mostrare come si può procedere in modo concreto per misurare la densità di un corpo, vorrei proporre loro alcuni spunti riflessivi.

### **1. Perché il ghiaccio galleggia?**

Per affrontare questo argomento, proporrei alla classe una domanda: «Come sapete ai poli sono presenti grandi masse di ghiaccio galleggianti: gli iceberg. Una parte di essi è completamente sommersa, mentre l'altra fuori esce dall'acqua ed è ben visibile. Com'è possibile questo? Il ghiaccio non è acqua allo stato solido? Allora la sua densità dovrebbe essere pari a  $1\text{g/cm}^3$ , e gli iceberg non dovrebbero affiorare, ma galleggiare a pelo d'acqua. Come si spiega questo fenomeno?»

Lasciamo un po' di tempo per riflettere e formulare congetture, poi procediamo nella spiegazione, sottolineando che il fenomeno è dovuto alle caratteristiche dell'acqua. Come sappiamo per quanto visto parlando dei passaggi di stato, quando una quantità d'acqua solidifica, occupa uno spazio maggiore rispetto a quello che occupava allo stato liquido, cioè aumenta di volume. Si può invece provare praticamente, con l'uso di una bilancia, che la sua massa resta invariata. Quindi la densità del ghiaccio è diversa da quella dell'acqua, è minore. Questo è il motivo per cui il ghiaccio galleggia.

### **2. Perché nell'acqua salata si galleggia più facilmente?**

Penso che parlare alla classe di questo fenomeno potrebbe essere molto produttivo, specie perché di questo tipo di situazione hanno sicuramente fatto autonomamente esperienza, e quindi potrebbero sentirsi maggiormente coinvolti e motivati.

Si potrebbe iniziare con una provocazione: «Quando vai al mare, fai più o meno fatica per stare a galla di quella che fai mentre sei in piscina? Di meno! Perché, secondo te?»

Dopo aver lasciato un po' di tempo alla riflessione, si dovrebbe passare alla spiegazione e ricordare che, come sappiamo dalla chimica, il contenuto di un bicchiere d'acqua e quello di un bicchiere di acqua salata è diverso. Nel

secondo, infatti, oltre l'acqua è presente una certa quantità di sale in soluzione e il sale ha, chiaramente una sua massa. Quindi la massa contenuta in un bicchiere d'acqua e quella contenuta in un bicchiere di acqua salata non sono uguali, perché nel secondo caso la massa totale sarà pari alla massa dell'acqua più quella del sale, pur restando invariato il volume. Ciò significa che la densità dell'acqua salata è maggiore di quella dell'acqua pura. Questo è il motivo per cui è meno faticoso nuotare al mare piuttosto che in piscina.

### **COME SI MISURA LA DENSITA'?**

Dal momento che per come è stata definita, la densità è una grandezza che non può essere misurata direttamente, è importante cogliere l'occasione per spiegare alla classe come comportarsi quando occorre misurare una grandezza definita come relazione fra altre grandezze. A tale scopo potrebbe essere produttivo proporre una vera e propria esperienza di laboratorio, attraverso la quale sottolineare, inoltre, come la determinazione del valore della densità di un oggetto può fornirci indicazioni importanti sul materiale di cui esso è costituito.

### **ESPERIENZA DI LABORATORIO.**

Scopo dell'esperienza di laboratorio:

- individuare il materiale di cui sono costituiti gli oggetti messi a disposizione dello sperimentatore mediante la determinazione della rispettiva densità e il confronto dei valori sperimentali con quelli standard indicati in un manuale di riferimento
- confrontare fra loro i valori relativi alla densità di uno stesso oggetto, ottenuti calcolando la misura del rispettivo volume con metodi diversi, e valutare la diversa incidenza dell'errore sul valore ottenuto per la densità stessa in corrispondenza a ciascuna metodologia.

Materiali a disposizione:

- un parallelepipedo (apparentemente di plexiglas);
- un cilindro metallico;
- un cilindro cavo metallico
- una squadra (sensibilità 0,1 cm);
- un calibro (sensibilità 0,05 mm);

- una bilancia (sensibilità 0,001g);
- un becher (sensibilità 0,5ml);
- il manuale per la determinazione del materiale di cui è costituito l'oggetto a partire dal valore della densità ottenuto.

**PRIMA PARTE.**

Concentriamo per prima cosa la nostra attenzione sul parallelepipedo, per mostrare alla classe come si può procedere per calcolare la densità di un oggetto. Grazie alla bilancia, otteniamo che la massa dell'oggetto è pari a  $(9,515 \pm 0,001)g$ .

*OSS:Reputo importante far osservare agli allievi che è sempre bene eseguire l'operazione di pesata più volte per ciascun oggetto, in modo da valutare la presenza di eventuali fluttuazioni nella misura. In questo specifico caso, ogni operazione di misura fornisce lo stesso valore, quindi il valore della massa degli oggetti può essere identificato col valore fornito dallo strumento.*

Ricordiamo ai ragazzi che la teoria degli errori suggerisce di considerare come errore assoluto sulla massa la sensibilità dello strumento.

Procediamo, quindi, con la misura delle dimensioni, svolgendo l'operazione prima con la squadra e poi con il calibro. Prima di questo, però, occorre suggerire agli studenti, data la situazione, di considerare come errore assoluto, per le misure svolte con la squadra, l'errore di lettura, cioè la metà della sensibilità dello strumento, che risulta pari a  $\frac{1}{2} \cdot 0,1cm = 0,05cm = 0,5mm$ , mentre, per le misure svolte con il calibro, vista l'impossibilità di effettuare un errore di lettura per via dell'alta sensibilità dello strumento, suggeriamo di scegliere di considerare come errore assoluto la sensibilità stessa: 0,05mm. Facciamo svolgere la misura a diversi studenti, sia con uno strumento che con l'altro. Le misure raccolte da ogni allievo relativamente ad ogni spigolo dell'oggetto dovrebbero risultare identiche e pari a

	Misure ottenute con la squadra		Misure ottenute con il calibro	
	Lunghezza (in mm.)	Errore (in mm.)	Lunghezza (in mm.)	Errore (in mm.)
X	45,5	$\pm 0,5$	45,30	$\pm 0,05$
Y	1,3	$\pm 0,5$	13,35	$\pm 0,05$
Z	1,3	$\pm 0,5$	13,35	$\pm 0,05$

OSS: Il confronto tra le misure ottenute con la squadra e con il calibro, permette una considerazione sugli strumenti utilizzati: il secondo strumento, essendo molto più sensibile, permette di apprezzare una cifra significativa in più, cosa che rende le misure raccolte con la squadra meno accurate e, pertanto, ci consente di evitare di prenderle in considerazione.

Procediamo, quindi, calcolando il volume dell'oggetto e l'errore da cui tale risultato è affetto, a partire dalle conoscenze che dovrebbero essere possedute come prerequisito degli allievi:

poiché è noto dalla geometria che il volume di un parallelepipedo a base quadrata, è dato da

$$V = (\text{lato base})^2 \cdot h$$

per determinare  $V$  occorre considerare la media aritmetica fra  $V_{\max} = (\text{lato base}_{\max})^2 \cdot h_{\max}$  e  $V_{\min} = (\text{lato base}_{\min})^2 \cdot h_{\min}$  e come errore corrispondente la semidifferenza fra questi valori.

	Min	Max
Lato base	13,30 mm	13,40 mm
h	45,25 mm	45,35 mm
V	8004,27 mm <sup>3</sup>	8143,04 mm <sup>3</sup>

In conclusione

$$V = (8073,66 \pm 69,38) \text{ mm}^3 \quad (8,07 \pm 0,07) \text{ cm}^3$$

Dopodiché, occorre determinare la densità e l'errore corrispondente nello stesso modo, ma ricordando che in questo caso, poiché occorre svolgere una divisione, vale  $\rho_{\max} = m_{\max}/V_{\min}$  e  $\rho_{\min} = m_{\min}/V_{\max}$ , dove

	min	max
m	9,514 g	9,516 g
V	8,00 cm <sup>3</sup>	8,14 cm <sup>3</sup>

da cui

$$\rho_{\max} = 1,189 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\min} = 1,169 \text{ g/cm}^3$$

In conclusione

$$\rho = (1,18 \pm 0,01) \text{ g/cm}^3$$

## SECONDA PARTE.

Mostriamo, quindi, ai ragazzi come determinare il materiale di cui è costituito il cilindro metallico. Utilizzando la bilancia valutiamone la massa, essa risulta pari a  $(55,238 \pm 0,001)$  g.

Successivamente, suggeriamo di misurare le dimensioni del diametro e dell'altezza. I risultati ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

	lunghezza (in mm.)	Errore (in mm.)
diámetro	10,00	$\pm 0,05$
altezza	89,30	$\pm 0,05$

Quindi calcoliamo il volume dell'oggetto utilizzando la formula nota dalla geometria e ricordando quanto detto sul calcolo degli errori.

Poiché la geometria ci suggerisce che

$$V = \rho(d/2)^2 \cdot h$$

per determinare  $V$  occorre considerare la media aritmetica fra  $V_{\max} = \rho(d_{\max}/2)^2 \cdot h_{\max}$  e  $V_{\min} = \rho(d_{\min}/2)^2 \cdot h_{\min}$  e come errore corrispondente la semidifferenza fra questi valori.

	Min	Max
d	9,95 mm	10,05 mm
h	89,25 mm	89,35 mm
V	6939,75 mm <sup>3</sup>	7087,88 mm <sup>3</sup>

Da cui

$$V_{\min} = 6939,75 \text{ mm}^3$$

$$V_{\max} = 7087,88 \text{ mm}^3$$

In conclusione

$$V = (7013,81 \pm 74,06) \text{ mm}^3 \approx (7,01 \pm 0,07) \text{ cm}^3$$

Fatto ciò, abbiamo determinato la densità e l'errore corrispondente nello stesso modo, ma ricordando che in questo caso, poiché occorre svolgere una divisione, vale  $\rho_{\max} = m_{\max}/V_{\min}$  e  $\rho_{\min} = m_{\min}/V_{\max}$ , dove

	min	max
m	55,237 g	55,239 g
V	6,94 cm <sup>3</sup>	7,08 cm <sup>3</sup>

da cui

$$\rho_{\max} = 7,959 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\min} = 7,801 \text{ g/cm}^3$$

In conclusione

$$\rho \approx (7,88 \pm 0,08) \text{ g/cm}^3$$

Considerando l'intervallo di valori fra cui poteva essere compresa la densità dell'oggetto e confrontandolo con i dati presenti nel testo a disposizione, abbiamo potuto constatare che il cilindro considerato poteva essere costituito da uno dei seguenti materiali: ferro o acciaio AISI-SAE 1020.

densità (g/cm <sup>3</sup> )	Materiale
7,86	ingot iron
7,86	plain carbon steel AISI - SAE 1020

*OSS: Questa parte di esperienza ha come scopo quello di far comprendere agli studenti come i risultati ottenuti dal calcolo della densità di un materiale in modo sperimentale possano differire dai valori noti e di farli ragionare su tale constatazione. In particolare sarebbe importante far loro osservare che questa diversità può essere dovuta sia a disattenzione dell'osservatore in fase di raccolta dei dati, sia alla bassa sensibilità degli strumenti, che può impedire all'osservatore stesso di giungere a misure sufficientemente accurate.*

### **TERZA PARTE.**

Prendiamo, infine, in considerazione il cilindro cavo. Mediante l'uso della bilancia, si dovrebbe ottenere che la sua massa è pari a  $(16,164 \pm 0,001)\text{g}$ . Sottolineiamo, che ancora una volta occorre considerare come errore assoluto sulla misura della massa, la sensibilità dello strumento.

Facciamo passare l'oggetto fra i banchi e chiediamo ai ragazzi in che modo, secondo loro, è possibile determinare il suo volume. Gli studenti possiedono, ormai, le conoscenze geometriche necessarie a comprendere che un modo per giungere al nostro scopo, essendo un cilindro cavo costituito da due cilindri aventi per circonferenza di base due circonferenze concentriche, può essere quello

di valutare la differenza fra il volume del cilindro esterno e quello interno, ma dovrebbero anche sapere, per quanto detto sulla determinazione del volume di solidi irregolari, che al medesimo scopo si può arrivare, valutando la differenza fra il livello dell'acqua contenuta in un becker prima e dopo che al suo interno sia stato immerso l'oggetto.

Sottolineata l'esistenza di queste due diverse possibilità, spieghiamo agli alunni che il nostro proposito è quello di prenderle in esame entrambe.

Procediamo, quindi, considerando le dimensioni dei due cilindri da cui il nostro oggetto è costituito, mediante l'utilizzo del calibro. Esse, avendo concordato con gli studenti di considerare come errore assoluto sulle misure la sensibilità dello strumento, dovrebbero risultare pari a

	Lunghezza (in mm.)	Errore (in mm.)
diametro esterno	14,05	$\pm 0,05$
diametro interno	10,45	$\pm 0,05$
altezza	34,30	$\pm 0,05$

A questo punto, per proseguire, occorre determinare il valore del volume dell'oggetto,  $V_c$ , ricordando che la geometria suggerisce che

$$V_c = V_{est} - V_{int}$$

dove

$$V_{est} = p(d_{est}/2)^2 \cdot h$$

$$V_{int} = p(d_{int}/2)^2 \cdot h$$

Chiediamo ai ragazzi come la teoria degli errori ci suggerisce di procedere e suggeriamo loro di determinare  $V_{est}$  e  $V_{int}$ , rispettivamente come media aritmetica fra  $V_{estmax}$  e  $V_{estmin}$  e fra  $V_{intmax}$  e  $V_{intmin}$  e di considerare come errore assoluto corrispondente la semi differenza fra i valori così ottenuti. I risultati ottenuti sono contenuti nelle seguenti tabelle

	max	min
$d_{est}$	14,1 mm	14 mm
$h$	34,35 mm	34,25 mm
$V_{est}$	5363,378 mm <sup>3</sup>	5272,378 mm <sup>3</sup>

	max	min
$d_{int}$	10,5 mm	10,4 mm
$h$	34,35 mm	34,25 mm
$V_{int}$	2974,371 mm <sup>3</sup>	2909,492 mm <sup>3</sup>

Da cui

$$V_{\text{est}} = (5318,0 \pm 45,6) \text{ mm}^3 \quad ? \quad (5,32 \pm 0,05) \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{int}} = (2941,9 \pm 32,4) \text{ mm}^3 \quad ? \quad (2,94 \pm 0,03) \text{ cm}^3$$

Da cui si ricava che

$$V_c = (2,38 \pm 0,08) \text{ cm}^3$$

avendo utilizzato che, come suggerisce la teoria degli errori, essendo

$$V_c = V_{\text{est}} - V_{\text{int}}$$

l'errore assoluto su  $V_c$  si ottiene considerando

$$\Delta V_c = \Delta V_{\text{est}} + \Delta V_{\text{int}}$$

Fatto ciò, abbiamo determinato la densità e la relativa propagazione dell'errore, a partire dalle considerazioni relative alla teoria degli errori sottolineate nel calcolo sia della densità del parallelepipedo, nella prima parte, che nel calcolo della densità del cilindro, nella seconda.

Partendo dai dati a nostra disposizione, riassunti nella seguente tabella,

	min	max
m	16,163 g	16,165 g
$V_c$	2,30 cm <sup>3</sup>	2,46 cm <sup>3</sup>

si ottiene che

$$\rho_{\text{max}} = 7,028 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{min}} = 6,57 \text{ g/cm}^3$$

In conclusione

$$\rho = (6,8 \pm 0,2) \text{ g/cm}^3$$

Fatto ciò, per calcolare il volume del cilindro metallico cavo col secondo metodo abbiamo riempito il becher di sensibilità 0,5 ml fino al livello di 16 ml, ed abbiamo poi immerso l'oggetto, misurando l'innalzamento del livello dell'acqua:

	Capacità (in ml)	Errore (in ml)
Livello 1 (prima di immergere l'oggetto)	16	0,25
Livello 2 (dopo aver immerso l'oggetto)	17,75	0,25

Anche in questo caso, si è concordato con la classe di considerare come errore assoluto l'errore di lettura: errore assoluto =  $\frac{1}{2} \cdot 0,5\text{ml} = 0,25\text{ml}$ .

A partire dalla considerazione che il volume del solido immerso è pari alla differenza del dislivello dell'acqua registrato e che 1ml corrisponde a  $1\text{ cm}^3$ , abbiamo ottenuto che

$$V_c = 17,75\text{cm}^3 - 16\text{ cm}^3 = 1,75\text{ cm}^3$$

e che, essendo l'errore assoluto è pari alla somma degli errori assoluti delle due misure,

$$\Delta V_c = 0,25\text{ cm}^3 + 0,25\text{ cm}^3 = 0,5\text{ cm}^3$$

da cui

$$V_c = (1,75 \pm 0,5)\text{ cm}^3$$

*OSS:mi sembra doveroso, far osservare, ai ragazzi che l'uso di procedimenti diversi può condurre a risultati diversi, infatti, il volume misurato per differenza tramite immersione nel liquido risulta diverso dal volume calcolato in precedenza, anzi, confrontando le misure del volume ottenute con i due diversi metodi, si può osservare che i due intervalli di misura individuati non si sovrappongono affatto, nel primo caso, infatti, si ha  $2,30\text{ cm}^3 = V_c = 2,46\text{ cm}^3$  e nel secondo  $1,25\text{ cm}^3 = V_c = 2,25\text{ cm}^3$ . Da ciò si deduce che i due metodi non sono equivalenti. Si può quindi cogliere l'occasione per spiegare che un buon modo per determinare quale dei due metodi sia migliore è quello di valutare in entrambi i casi l'errore relativo, dato da  $\Delta V_c / V_c$ .*

*Nel primo caso, si ha*

$$\Delta V_c / V_c = 0,08 / 2,38 = 3,3\%$$

*Nel secondo*

$$\Delta V_c / V_c = 0,5 / 1,75 = 0,2857 = 28,6\%$$

*Ciò suggerisce che le misure ottenute nel primo caso sono molto più attendibili.*

*Procediamo, comunque, anche in questo secondo caso, al calcolo della densità, in modo da valutare se la differenza fra i due modi di procedere si ripercuote anche sul valore della densità.*

Procediamo al calcolo della densità a partire dai valori riassunti nella seguente tabella, dalla definizione di densità e dalle conoscenze note sulla propagazione degli errori

	min	max
m	16,163 g	16,165 g
$V_c$	1,25 cm <sup>3</sup>	2,25 cm <sup>3</sup>

Si ottiene che

$$\rho_{\max} = 12,932 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\min} = 7,183 \text{ g/cm}^3$$

In conclusione

$$\rho \approx (10 \pm 3) \text{ g/cm}^3$$

*OSS: Ricaviamo quindi che, essendo in questo secondo caso  $7 \text{ g/cm}^3 = \rho = 13 \text{ g/cm}^3$  e nel primo  $6,6 \text{ g/cm}^3 = \rho = 7 \text{ g/cm}^3$ , ai fini del calcolo della densità le differenze fra il primo e il secondo metodo sono meno significative rispetto a quelle ottenute nel calcolo del volume, ma restano comunque consistenti dal momento che i due intervalli di misura hanno come intersezione solo un punto.*

## **SECONDO MODULO.**

### **Come l'uomo ha sfruttato le sue conoscenze sulla densità.**

#### **CONTENUTI.**

- Il galleggiamento delle navi
- Funzionamento della vescica natatoria dei pesci
- Funzionamento dei sommergibili

#### **REQUISITI RICHIESTI**

- Il concetto di densità
- Il legame fra densità e galleggiamento
- Conoscenze sulle caratteristiche dei pesci

Lo scopo di questo modulo è quello di mostrare agli studenti come, l'uomo sfruttando le sue conoscenze sulla densità sia riuscito ad ottenere risultati utili per migliorare le sue condizioni di vita, per esempio, estendendo il suo dominio non solo sulla terra ferma, ma anche sopra e sotto il mare.

## **LE NAVI GALLEGGIANO ANCHE SE SONO D'ACCIAIO.**

Per far comprendere il modo in cui l'uomo è riuscito a sfruttare a suo vantaggio il legame esistente fra galleggiamento di un corpo e rispettiva densità, guidiamo la classe in un breve ragionamento: «Qual è la densità dell'acciaio? Essa è superiore a quella dell'acqua, quindi, per quello che abbiamo visto, se introduciamo un cubo di acciaio in un contenitore al cui interno sia presente dell'acqua, il cubo affonda. Ma allora come fanno le navi a galleggiare?»

Ricordiamo agli studenti che sono in grado di galleggiare sull'acqua solo quei materiali la cui densità è inferiore a  $1\text{g/cm}^3$ . Continuiamo con una provocazione: «Questo significa che la densità di una nave è minore di quella dell'acqua? Com'è possibile?»

Lasciamo agli allievi un po' di tempo per riflettere e per provare ad individuare una motivazione. Quindi chiariamo che, è vero che lo scafo della nave è fatto di acciaio, ma il suo interno è costituito da stive e cabine, che invece contengono prevalentemente aria, la cui densità è molto bassa. Non solo, nel valutare la densità totale della nave occorre tener conto della sua massa totale, che differirà di poco rispetto a quella dell'acciaio di cui la nave è costituita, e del suo volume totale, che invece risulterà molto maggiore di quello di un cubo del medesimo materiale avente la stessa massa. Per cui confrontando le due densità risulterà che

$$d_{\text{acciaio}} > d_{\text{nave}}$$

dove

$$d_{\text{acciaio}} = m_{\text{acciaio}} / V_{\text{acciaio}}$$

e

$$d_{\text{nave}} = m_{\text{nave}} / V_{\text{nave}}$$

Si verifica, infine, che la nave, contenendo sia acciaio che aria, ha una densità totale minore anche di quella dell'acqua, cosa da cui dipende il suo galleggiamento.

## **A LEZIONE DI TECNOLOGIA DAI PESCI.**

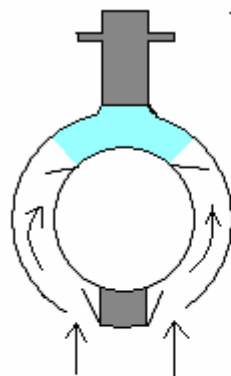
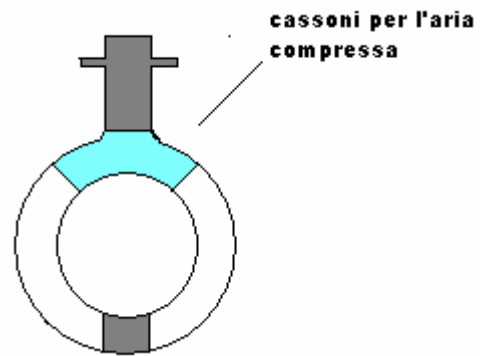
Per mostrare agli studenti l'utilità del concetto di densità può essere vantaggioso spiegare che la stessa "madre natura", utilizza il legame esistente fra galleggiamento e densità stessa per consentire il movimento a una specie particolare di animali: i pesci. La maggior parte dei pesci, infatti, possiede un

organo singolare, la vescica natatoria, che permette loro di stazionare alla profondità desiderata.

La vescica natatoria si presenta come un sacco ovale più o meno allungato, posto fra la colonna vertebrale e la cavità addominale. La sua capacità di espandersi è dovuta all'elasticità del tessuto che la riveste, all'interno del quale sono contenute anche particolari strutture capaci di produrre i gas necessari al riempimento della vescica stessa. Il loro riassorbimento è, invece, effettuato da una struttura specializzata che è in grado di aprirsi e richiudersi: il corpo ovale.

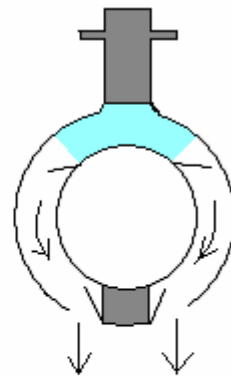
La densità dei pesci è leggermente superiore a quella dell'acqua, quindi se non possedessero tale organo, che permette loro di variare la propria densità e di renderla uguale a quella dell'acqua circostante, non potrebbero essere in grado di fermarsi ad una determinata profondità, ma tenderebbero a scendere verso il fondo. In realtà la vescica natatoria serve a molto di più: permettendo al pesce di modificare il proprio volume e contemporaneamente di mantenere inalterata la massa, la vescica natatoria consente all'animale, di variare la propria densità e con essa la propria quota. Per questo, quando il pesce vuole salire verso l'alto riempie la vescica di aria, aumentando il proprio volume, ma diminuendo la propria densità, quando, invece, vuole scendere verso il basso, la svuota.

Descritto il funzionamento della vescica natatoria dei pesci, mi sembra interessante spiegare alla classe come anche la mobilità di un altro apparecchio costruito dall'uomo, il sommergibile, si fonda su un principio del tutto simile, che sembra quasi essere stato copiato dalla natura. I sommergibili sono, infatti, mezzi capaci di navigare sia in superficie che in immersione. Per tale ragione, il loro funzionamento si basa su un meccanismo grazie al quale essi riescono agevolmente a affondare o venire a galla. Lo scafo del sottomarino, infatti, è costituito da un doppio involucro di acciaio, che costituisce come una sorta di intercapedine. Essa è suddivisa in tante camere, chiamate casse di zavorra. Queste ultime possono essere riempite d'acqua, in questo caso si dice che sono allagate, o d'aria, allora si dice che sono esaurite. Quando, per mezzo dell'apertura di valvole, vengono allagate la massa del sommergibile aumenta, mentre il suo volume resta invariato, ciò produce un aumento della densità totale del sottomarino, che quindi affonda. Quando, viceversa, vengono esaurite, immettendo aria compressa che fa fuoriuscire l'acqua, la massa del sommergibile torna a diminuire, come la sua densità totale, e l'apparecchio riemerge.



**l'aria viene respinta nei cassoni mentre l'acqua entra**

il sommergibile scende



**l'acqua esce mentre l'aria compressa dei cassoni esce da questi**

il sommergibile sale