

**Scuola secondaria di II grado : ITG Pertini-Pordenone**  
**Anno Scolastico 2008/09**

**Classi Prime**

**Docente : Mauro Danilo**

**LABORATORIO N. 1:** Spinta di Archimede: introduzione qualitativa.

**Domande stimolo:** Che cosa succede quando ci immergiamo in acqua? Ci sentiamo più pesanti o più leggeri? Esiste qualche altra forza, oltre al peso? Come è diretta tale forza aggiuntiva?

**Risposte e commenti degli studenti:** Tutti rispondono che ci sentiamo più leggeri, nonostante ciò molti sottolineano come i nostri movimenti in acqua risultano essere ostacolati. Prima di affrontare il modulo sulla fisica dei liquidi molti sovrappongono i concetti di spinta di Archimede e di viscosità del liquido.

**Materiale:** Un recipiente pieno d'acqua, un solido e un dinamometro, (eventuale) sostegno rigido regolabile in altezza al quale appendere il dinamometro per leggere la forza applicata al corpo.

**Procedimento:** Dopo aver misurato con il dinamometro la forza agente  $F_1$  sul corpo fuori dall'acqua, si misura la forza  $F_2$  agente sul corpo immerso completamente in acqua. Si scopre che la forza  $F_2$  è minore della forza  $F_1$ .

La conclusione alla quale arrivano in maniera autonoma gli studenti è che, quando il corpo è immerso in acqua subisce una forza diretta verticalmente dal basso verso l'alto

$S = F_2 - F_1$  detta *spinta di Archimede*.

**LABORATORIO N. 2:** Dipendenza della spinta di Archimede dal tipo di liquido.

**Domande stimolo:** Da quali grandezze fisiche dipende la spinta di Archimede? Dipende dal tipo di liquido nel quale immergiamo il solido?

**Risposte e commenti degli studenti:** Molti ritengono erroneamente che le condizioni di galleggiabilità di un corpo, derivabili dalla spinta di Archimede del liquido e dalla forza-peso del corpo, possano dipendere anche dalla forma e dal volume del corpo.

**Materiale:** Un recipiente, due liquidi diversi (acqua e alcol) ma di densità note, un solido, un dinamometro, (eventuale) sostegno rigido regolabile in altezza al

quale appendere il dinamometro per leggere la forza applicata al corpo.

**Procedimento:** Dopo aver usato la procedura precedente per determinare la spinta di Archimede in acqua  $S_1$  possiamo usare la stessa procedura illustrata nel laboratorio 1 per misurare la spinta di Archimede  $S_2$  in un liquido diverso dall'acqua, come ad esempio l'alcol. Si dovrebbe scoprire che  $S_1$  ed  $S_2$  sono diverse tra loro. Quindi si dovrebbe scoprire che la densità  $d$  del liquido incide sulla spinta di Archimede. In particolare, entro i limiti degli errori sperimentali commessi,  $S_1 / d_1 = S_2 / d_2$  ossia la spinta di Archimede è direttamente proporzionale alla densità del liquido.

**Problemi sperimentali:** In realtà ho rinunciato a realizzare questo esperimento perché non avevo a disposizione nel laboratorio didattico della scuola dei dinamometri sufficientemente sensibili per poter apprezzare le differenze tra la spinta di Archimede in liquidi diversi.

### **LABORATORIO N. 3:** Derivazione della formula della spinta di Archimede II.

**Domande stimolo:** Da quali altre grandezze fisiche dipende la spinta di Archimede? Siccome è una forza esercitata dal liquido sul corpo, la spinta di Archimede dipende dalla quantità di liquido che spostiamo?

**Materiale:** Un cilindro pieno d'acqua, un parallelepipedo, un dinamometro, un righello, (eventuale) sostegno rigido regolabile in altezza al quale appendere il dinamometro per leggere la forza applicata al corpo.

**Procedimento:** Dopo aver misurato con il righello il volume  $V = A \times h$  del parallelepipedo ed aver usato la procedura precedente per determinare la spinta di Archimede  $S$  quando tutto il parallelepipedo è interamente immerso in acqua ho invitato gli studenti a calcolare il rapporto tra  $S$  e  $V$ .

Si scopre che  $S / V = 10\,000 \text{ N} / \text{m}^3$ . A questo punto suggerendo agli studenti la seguente riscrittura  $S / V = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 10 \text{ N} / \text{kg}$  si riesce a far loro riconoscere la densità dell'acqua  $d$  e l'accelerazione di gravità  $g$ , ossia  $S / V = d \cdot g$  oppure  $S = d \cdot g \cdot V$ . In maniera autonoma riescono a riconoscere in  $d \cdot V$  la massa  $m$  del liquido spostato e dunque in  $S = m \cdot g$  il peso del liquido spostato.

Successivamente possiamo immergere il parallelepipedo nell'acqua solo fino a una certa altezza  $h_1$  corrispondente a un volume  $V_1 = A \times h_1$  e misurare la spinta di Archimede  $S_1$ . Si scopre che le spinte  $S$  ed  $S_1$  sono diverse tra loro e che pertanto il volume di solido immerso (o equivalentemente il volume di liquido spostato) incide sulla spinta di Archimede. Più difficile, ancora una volta a causa degli errori sperimentali, è la prova che la spinta di Archimede risulta

direttamente proporzionale al volume di parallelepipedo immerso o, equivalentemente, al volume di acqua spostata.

Dopo un raffronto teorico tra la spinta di Archimede  $S = d_l \cdot g \cdot V_i$  (dove  $d_l$  è la densità del liquido e  $V_i$  è il volume del solido immerso) e  $P = d_s \cdot g \cdot V$  dove  $V$  è il volume del solido si arriva a scoprire che le condizioni di galleggiabilità derivano solo dal raffronto tra la densità del liquido  $d_l$  e quella del solido  $d_s$ .

#### **LABORATORIO N. 4:** Misure di densità mediante la spinta di Archimede.

**Domande stimolo:** Secondo la leggenda Archimede utilizzò le sue conoscenze di fisica dei fluidi per scoprire che una corona realizzata per Gerone, tiranno di Siracusa, non era d'oro puro ma conteneva sia oro che argento. Come si può misurare la densità di un corpo sfruttando la spinta di Archimede?

**Materiale:** Un recipiente pieno d'acqua, un solido e un dinamometro, (eventuale) sostegno rigido regolabile in altezza al quale appendere il dinamometro per leggere la forza applicata al corpo.

**Procedimento:** La spinta di Archimede fornisce la possibilità di misurare indirettamente la densità di un corpo solido. Infatti se immergiamo interamente un corpo solido in acqua, esso subisce una spinta di Archimede data da:  $S = d_l \cdot g \cdot V$ , dove  $d_l = 1000 \text{ kg / m}^3$  è la densità dell'acqua,  $g = 9.8 \text{ N / kg}$  è l'accelerazione di gravità e  $V$  è il volume del corpo che, in questo caso, coincide con il volume del liquido spostato. Sul corpo immerso in acqua continua ad agire la forza-peso del corpo, data da  $P = d_s \cdot g \cdot V$ .

Dividendo entrambi i membri della precedente uguaglianza per  $(g \cdot V)$  possiamo ricavare la densità del corpo:  $d_s = P / (g \cdot V)$ .

Nella precedente formula  $P$  è la forza-peso di un corpo che può essere misurata tramite un dinamometro,  $g = 9.8 \text{ N / kg}$ , mentre il volume  $V$  del corpo può essere ricavato a partire dalla formula per la spinta di Archimede come  $V = S / (d_l \cdot g)$ .

Combinando le varie formule, otteniamo che la densità del corpo è data da:

$$d_s = P / (g \cdot V) = P \cdot d_l / S.$$

La spinta di Archimede  $S$  può essere misurata dalla differenza tra la forza-peso  $P$  dell'oggetto e la forza  $F$  che viene misurata dal dinamometro quando il corpo è immerso in acqua:  $S = P - F$ . In definitiva abbiamo che  $d_s = d_l \cdot P / (P - F)$ . Se usiamo acqua distillata sappiamo che  $d_l = 1000 \text{ kg / m}^3$  e la densità del corpo può essere ricavata indirettamente dalle misure di  $P$  ed  $F$  effettuate con il dinamometro.

**LABORATORIO N. 5:** Misura della densità di un corpo che galleggia sull'acqua.

**Domande stimolo:** Come si può misurare la densità di un corpo che galleggia sull'acqua?

**Risposte e commenti:** Dalle condizioni di equilibrio per traslazioni i ragazzi capiscono che devono uguagliare la spinta di Archimede  $S$  al peso  $P$  per ottenere  $d_s = d_1 \cdot V_i / V$ .

**Materiale:** Un cilindro graduato e dell'acqua distillata, un parallelepipedo di densità inferiore a quella dell'acqua, un metro o un righello.

**Procedimento:** Se il corpo galleggia sull'acqua vuol dire che la sua forza peso  $P = d_s \cdot g \cdot V$  è uguale alla spinta di Archimede  $S = d_1 \cdot g \cdot V_i$  dove  $V_i$  è il volume del solido immerso in acqua. Da questa uguaglianza deduciamo che  $d_s = d_1 \cdot V_i / V$ . Usando un parallelepipedo di legno si riesce a ottenere il volume misurando i lati e utilizzando poi le formule della geometria solida. Viceversa il  $V_i$  può facilmente essere letto come differenza tra i livelli di acqua nel cilindro dopo e prima l'immersione del pezzo di legno (questa procedura viene proposta dagli studenti stessi perché era stata già introdotta tra le misure di volume).

Utilizzando la densità dell'acqua distillata  $d_1 = 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$  si ottiene infine la densità richiesta. E' interessante osservare che la densità relativa del legno è uguale al rapporto tra il volume immerso e volume totale del solido. Siccome si nota che la percentuale immersa è pari a circa il 90% un eventuale valore di  $450 \text{ kg} / \text{m}^3$  non può che essere frutto di qualche errore nella rielaborazione.

**LABORATORIO N. 6:** Pietra lanciata da una zattera in una piscina.

**Domanda:** Supponiamo di avere una zattera e una pietra in una piscina e di gettare la pietra dalla zattera. Il livello dell'acqua nella piscina si alza o si abbassa?

**Risposte e commenti degli studenti:** Qui solo uno studente per classe mi risponde in maniera corretta che il livello d'acqua nel recipiente si abbassa. Alcuni rifanno però in maniera autonoma l'esperimento nel lavello di casa per convincersi che effettivamente il livello si abbassa.

**Materiale:** Un tappo di plastica, delle calamite di ferro, un contenitore trasparente e dell'acqua.

**Procedimento:** Poste le calamite di ferro sul tappo di plastica in modo tale che

il sistema continui a galleggiare. Si segna il livello dell'acqua nel recipiente. Poi si gettano anche le calamite nell'acqua e si segna il nuovo livello raggiunto dall'acqua. Quello che si scopre è che, contrariamente alle aspettative di molti, il livello dell'acqua si è abbassato.

Qual è la ragione fisica? : Torniamo alla domanda del quesito. La densità della pietra è sicuramente maggiore della densità dell'acqua. Supponiamo ad esempio che il volume della pietra sia 20 l e la sua massa 60 kg. Quando la pietra è in equilibrio sulla zattera, la sua forza-peso, pari a 60 kgp, è esattamente compensata dalla spinta di Archimede, uguale al peso del liquido spostato. Dal momento che la densità dell'acqua è pari a 1 kg / l avremo che 60 kgp di liquido spostato equivalgono a un volume di 60 l d'acqua spostato. Quando invece la pietra è in fondo alla piscina sposta un volume d'acqua pari al suo volume, ossia 20 l. Pertanto la pietra sposta un volume d'acqua maggiore quando è sulla zattera, da cui possiamo concludere che gettando una pietra da una zattera il livello d'acqua nella piscina si abbassa.

A conclusioni totalmente diverse si arriva se si getta un pezzo di legno. In tal caso il legno continua a galleggiare e pertanto continua a spostare la stessa quantità d'acqua sia sulla zattera che nell'acqua della piscina. Il livello dell'acqua nella piscina in questo caso rimane inalterato.

### **LABORATORIO N. 7:** Scioglimento del ghiaccio e livello dell'acqua.

**Domande stimolo:** Riempiamo un recipiente d'acqua fino a un certo livello e vi facciamo galleggiare sopra un pezzo di ghiaccio. Quando il ghiaccio si scioglie il livello dell'acqua nel recipiente si alza, si abbassa o rimane inalterato?

**Risposte degli studenti:** Qui le risposte sono le più varie. Chi però ha colto il significato dell'esempio del legno nel laboratorio precedente tende a dare la risposta corretta (il livello rimane inalterato) perché ha capito che, per quanto riguarda il galleggiamento, il comportamento del legno e del ghiaccio sono simili

**Materiale:** un recipiente trasparente, un blocco di ghiaccio, dell'acqua.

**Procedura e commenti:** La risposta corretta al quesito è che il livello dell'acqua non cambia. Nelle due classi diverse in cui ho implementato questo modulo c'è stato chi si è chiesto perché allora si dice che lo scioglimento dei ghiacci comporta un innalzamento del livello dei mari. E, nella discussione che si è creata, c'è anche chi si è dato la risposta corretta: quanto abbiamo trovato vale *solo* per il ghiaccio che galleggia sull'acqua. Il ghiaccio che sta invece ad esempio sulle terre dell'Antartide contribuirà, in caso di scioglimento del

ghiaccio, all'innalzamento del livello del mare. Quindi quello che leggiamo sui giornali a proposito dei pericoli legati ai cambiamenti climatici è vero!

**LABORATORIO N. 8:** Spinta di Archimede e peso del sistema liquido + solido I.

**Domande stimolo:** Pesate il sistema fisico costituito da un recipiente pieno d'acqua e da un corpo solido (di densità maggiore di quella dell'acqua) esterno al recipiente. Sia  $P_1$  il peso ottenuto. Ponete lo stesso corpo all'interno dello stesso recipiente riempito con la stessa quantità d'acqua e andate a fare una seconda pesata. Sia  $P_2$  il peso ottenuto. Quali delle seguenti relazioni è quella corretta:

a)  $P_1 > P_2$       b)  $P_1 = P_2$       c)  $P_1 < P_2$ ?

**Materiale:** Una bilancia a due piatti, un recipiente pieno d'acqua e un solido.

**Procedimento:** Qui più della metà degli studenti optano per la prima possibilità seguendo il seguente ragionamento sbagliato: siccome il solido immerso in acqua "pesa" di meno rispetto al solido posto al di fuori dell'acqua, il peso totale dell'intero sistema deve essere maggiore nella prima configurazione. Solo alcuni studenti forniscono la risposta corretta giustificandola correttamente con la *conservazione della massa*, risposta che può essere facilmente ottenuta anche mediante la verifica sperimentale. [Uno studente, dopo aver effettuato la prova con la bilancia di casa, osserva correttamente: Io ho ottenuto lo stesso peso ma potrebbe esserci una differenza di peso minore della sensibilità della mia bilancia].

Più complicata è la motivazione fisica del perché il ragionamento di chi ha fornito la risposta a) è sbagliato. Il motivo risiede nel terzo principio della dinamica che spesso viene trattato *dopo* la fisica dei fluidi nei programmi degli istituti tecnici. Se è vero che il liquido esercita una spinta di Archimede sul solido diretta verso l'alto e dunque il solido pesa di meno, il terzo principio della dinamica ci dice che il solido reagisce esercitando una forza uguale come direzione ma opposta come verso sul liquido. Questo significa che il liquido "pesa" di più quando è posto al suo interno un solido e la somma del peso del liquido e del solido rimane inalterata come dev'essere in base al principio di conservazione della massa.

**LABORATORIO N. 9:** Spinta di Archimede e peso del sistema liquido + solido II

**Domande stimolo:** Su un piatto di una bilancia poniamo un cilindro graduato

che viene riempito d'acqua, sull'altro piatto della bilancia poniamo lo stesso cilindro graduato con un pezzo di legno che galleggia sopra l'acqua. Il livello d'acqua nei due cilindri graduati è lo stesso. Quale dei due sistemi pesa di più?

**Risposta degli studenti:** Giunti a questo punto più della metà degli studenti fornisce la risposta corretta.

**Materiale:** Una bilancia a piatti, un cilindro graduato, acqua, un pezzo di legno.

**Procedimento:** Si tratta di effettuare un'unica pesata con una bilancia a due piatti o una doppia pesata con una bilancia normale per verificare che il peso dei due sistemi è lo stesso. La spinta di Archimede è uguale al peso del liquido spostato ma in questo caso la spinta di Archimede è uguale al peso del pezzo di legno. Dunque il pezzo di legno sposta una quantità di liquido avente un peso uguale a quello del pezzo di legno stesso. Pertanto il peso del liquido mancante nel secondo sistema è esattamente compensato dal peso del pezzo di legno che è stato aggiunto. Il peso totale rimane inalterato.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI:

[1] Partha Gose e Dipankar Home, "Il diavoletto di Maxwell. La fisica nascosta nella vita quotidiana", Ed. Dedalo, 1993.

[2] Andrea Frova, "Perché accade ciò che accade", BUR, 2003

[3] Andrea Frova, "La fisica sotto il naso", BUR, 2005

#### L'ACQUA NEI PROGRAMMI DI FISICA DEGLI ISTITUTI TECNICI

L'acqua è un tema ricorrente che compare nei programmi di insegnamento della fisica nella scuola superiore non solo nella parte relativa alla fisica dei fluidi, ma anche in molte altre parti del programma di fisica.

**Misure di volumi:** Una delle prime misure in laboratorio è la misura del volume di un corpo di forma irregolare con il metodo del *cilindro graduato*. Si inserisce un volume iniziale d'acqua nel cilindro graduato, si inserisce il corpo nell'acqua e si misura il volume finale del sistema. Il volume del corpo si ricava per differenza tra il volume finale e il volume iniziale d'acqua.

**Densità:** Il concetto di *densità relativa* di un corpo viene introdotto prendendo

come riferimento l'acqua e andando a dividere la massa del corpo in esame per la massa di un uguale volume di acqua distillata a 4 °C.

**Dinamica:** Un nuotatore a stile libero nell'acqua viene portato in molti libri di testo come esempio di applicazione del *terzo principio* della dinamica: il nuotatore con le sue braccia imprime una forza orizzontale rivolta all'indietro sull'acqua. L'acqua reagisce imprimendo una forza sull'uomo avente di uguale direzione (orizzontale) ma verso opposto in grado di far avanzare il nuotatore.

**Attrito viscoso:** Come tipico esempio per illustrare il moto di un corpo in presenza di attrito viscoso si prende in considerazione il moto di una sfera omogenea in acqua.

**Fisica dei fluidi:** Questa parte, che riguarda più direttamente l'acqua, comprende al suo interno l'introduzione del *principio di Pascal* (con le sue applicazioni pratiche come il sollevatore idraulico o i suoi paradossi, come la botte di Pascal), la *spinta di Archimede* che può essere utilizzata sia per misurare in maniera indiretta la densità di un corpo di forma irregolare (per confronto tra il suo peso fuori dall'acqua e il suo peso dentro l'acqua) sia per studiare le varie condizioni di galleggiabilità di un corpo e anche qui si possono presentare varie situazioni paradossali come quella dei corpi gettati da una zattera in acqua.

**Fonti di energia:** In una al giorno d'oggi doverosa sezione di approfondimento sulle fonti di energia va menzionata l'*energia idroelettrica* e la possibilità di convertire l'energia potenziale gravitazionale dell'acqua accumulata in opportuni bacini in energia cinetica delle turbine prima e in energia elettrica poi.

**Calorimetria:** Tutti i liquidi sono soggetti a *dilatazione volumica*. L'acqua costituisce un'importanza eccezionale, visto che tra 0°C e 4°C non si dilata ma diminuisce il suo volume o, in altri termini aumenta la sua densità.

In questo contesto l'acqua è importante per definire le *scale termometriche*. Tutte le scale termometriche infatti vengono definite prendendo come punto di partenza le temperature alle quali avvengono i cambiamenti di stato dell'acqua.

I *moti convettivi* dell'acqua vengono in molti libri di testo presi come esempio per illustrare uno dei tre modi principali con i quali avviene la propagazione del calore.

Per illustrare il ruolo della *pressione nei cambiamenti di stato* si cita spesso l'esempio del blocco di ghiaccio che può essere attraversato da un filo dotato all'estremità di due masse opportune grazie al fatto che la temperatura di fusione si abbassa all'aumentare della pressione. Altri esempi, relativi invece alla temperatura di ebollizione, sono quelli della pentola a pressione e della macchinetta espresso o del fatto che la pasta scuoce in montagna.

Infine l'acqua entra all'interno del mulinello di Joule con il quale si introduce

sperimentalmente il *calore specifico* e l'elevato valore del calore specifico dell'acqua viene spesso associato alla proprietà dell'acqua di essere un buono *stabilizzatore termico*.

**Ottica:** L'acqua non manca di fare la sua comparsa anche nello studio della luce. In *ottica geometrica* le conseguenze della rifrazione si possono vedere facilmente osservando il piegamento di una matita posta in un bicchiere d'acqua. Per studiare la *riflessione totale* si considera spesso l'esempio di un raggio luminoso che va a incidere sulla superficie di separazione tra l'aria e l'acqua provenendo dall'acqua. Lo stesso fenomeno dell'*arcobaleno* è dovuto a fenomeni di riflessione e rifrazione all'interno dell'acqua. Per poter vedere la luce come un'*onda* e introdurre l'ottica ondulatoria è invece necessario introdurre preliminarmente la terminologia corretta relativa alle onde (frequenza, periodo, ampiezza, lunghezza d'onda ecc.) e il tipico esempio da cui si parte perché più facilmente visualizzabile è quello delle onde d'acqua.

**Elettricità:** Nello studio dell'elettricità spesso si fa riferimento alla corrente elettrica nell'acqua e alla *costante dielettrica* dell'acqua nello studio della solubilità.