

## IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
1. I fluidi e la pressione	<p><b>ESPERIMENTO VIRTUALE</b></p> <p>Sotto pressione Gioca, misura, esercitati</p>	
2. La legge di Archimede e il galleggiamento	<p><b>IN LABORATORIO</b></p> <p>Il diavoletto di Cartesio L'esperimento del diavoletto di Cartesio viene spiegato utilizzando la condizione di galleggiamento e la legge di Pascal.</p>	2
	<p><b>IN TRE MINUTI</b> • La pressione</p> <p><b>30 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK</b> «Hai sbagliato, perché...»</p>	

## VERSO IL CLIL

### FORMULAE IN ENGLISH

### AUDIO

Pressure	$p = \frac{F_{\perp}}{S}$	The pressure equals the magnitude of a force acting perpendicularly to a surface divided by the area over which the force acts.
Total pressure in a liquid	$p = p_0 + \rho gh$	Total pressure equals the external pressure on the surface of a column of liquid plus Stevin's pressure.
Archimede's Force	$F_A = \rho gV$	Archimede's Force: the upward buoyant force exerted on a body immersed in a fluid equals the product of the constant $g$ , the density of the liquid and the volume of liquid displaced.
Volume flow rate (uniform speed)	$q = Sv$	The volume flow rate of a fluid which passes through a given surface per unit time, where the flow is perpendicular to the area, is equal to the area multiplied by the uniform speed.
Equation of continuity	$S_A v_A = S_B v_B$	For an incompressible fluid flowing in a tube of varying cross-section, the product of cross-sectional area and speed is the same everywhere in the tube.
Bernoulli's equation	$p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g y_A = p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g y_B$	For a flow of incompressible fluid flowing in constant gravity, the expression of pressure at a particular point, plus the product of half the density of the fluid and the square of the flow speed at that point, plus the product of the density, gravity and elevation at that point is a constant and equal to its value at any other point in the flow

 **QUESTIONS AND ANSWERS**
 **AUDIO**

- ▶ How would one measure the density of an object with an unusual shape, such as a dining fork?

The density of the fork is its mass divided by its volume. Presuming that a means is available to measure the mass of the fork its volume can be measured by placing it in a uniform container filled with water. When immersed, the object displaces its own volume of water, which can be measured by the rise in the water level and the density of the fork can thereby be calculated.

- ▶ Describe a practical application of pressure.

In trying to cut a cake with a knife we know from experience that using the flat side of a knife does not yield a good result, the applied force is spread over too large an area. By using the thin edge of the knife the surface area over which the force is applied is reduced and the cake cuts more easily.

- ▶ State Stevin's law for the pressure at a point in a fluid

The pressure at a point in a fluid in static equilibrium equals the atmospheric pressure at the surface of the vessel plus the product of the fluid density, gravitational acceleration and the total height of the column of fluid above the point under investigation. The density of a liquid will vary with changes in temperature so this is often quoted alongside hydrostatic pressure units.

- ▶ Explain buoyancy in terms of the principles of Pascal and Archimedes.

Pascal's principles tells us that fluid pressure increases with depth and this increased pressure is exerted in all directions. For a submerged object (partially or fully) there is an unbalanced upward force on its bottom surface which gives rise to buoyancy. Imagine for a moment that the submerged object is made of water, this water is exactly supported by the pressure difference. The solid object itself experiences exactly the same pressure environment and it follows that the buoyant force on the solid object is equal to the weight of the water displaced (Archimedes' Principle).

- ▶ Use the equation of continuity to explain the increase in speed of water emerging from the partially closed exit of a hose.

The equation for the mass flow rate for two points in the hose pipe, the entry and exits of the pipe for example, is  $\bar{n}_1 A_1 v_1 = \bar{n}_2 A_2 v_2$ . For an incompressible fluid the density of the fluid does not change in the duration of the flow. Therefore  $A_1 v_1 = A_2 v_2$ , from which it is clear to see that decreasing the cross-section area of the exit to the hose proportionally increases the exit speed of the fluid.

- ▶ Describe an every day situation explained by Bernoulli's equation.

Bernoulli's equation can be interpreted as "an increase or decrease in the speed of a fluid results in a decrease or increase in the pressure". When having a shower, the shower curtain is sucked into the shower cubicle when the water is first turned on: the increase in velocity of the air and water inside the curtain relative to the still air on the other side of the curtain causes a pressure differential. The pressure difference between the outside and inside causes a net force on the shower curtain which pushes it inwards.

## PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

### 1 I FLUIDI E LA PRESSIONE

**8** ★★★ Un sollevatore idraulico si può schematizzare come un tubo ad U i cui rami, contenenti olio, hanno sezione diversa. Si vuole sollevare di 2,1 m un'auto che ha una massa di 1340 kg. I rami del tubo ad U hanno diametro di 28 mm e 102 mm.

- ▶ Calcola la pressione che deve esercitare l'olio.
- ▶ Calcola la forza necessaria a sollevare l'auto.
- ▶ Quanto lavoro si deve compiere per sollevare l'auto?

$$[1,6 \times 10^6 \text{ J}; 9,9 \times 10^2 \text{ N}; 2,8 \times 10^4 \text{ J}]$$

**9** ★★★ Con un cric idraulico si cambiano le gomme di un'auto di massa 2300 kg. Il cilindro su cui appoggia l'auto ha un

diametro di 5,3 cm, mentre il cilindretto collegato all'asta su cui agisce l'operatore ha un diametro di 1,4 cm. L'asta è lunga in tutto 42 cm, mentre il fulcro dista 3,0 cm dal cilindretto.

- ▶ Con quale forza deve essere spinto il cilindretto verso il basso per sollevare l'auto?
- ▶ Che tipo di leva viene realizzata per facilitare il sollevamento?
- ▶ Se l'operatore spinge verso il basso all'estremità della leva, quale forza può esercitare?

$$[1,6 \times 10^3 \text{ N}; \text{II tipo}; 1,1 \times 10^2 \text{ N}]$$

### 2 LA LEGGE DI ARCHIMEDE E IL GALLEGGIAMENTO

**15** ★★★ Un commerciante, per misurare la densità di una qualità di mele, pone una di queste in un recipiente d'acqua; taglia poi la mela in due parti, in corrispondenza della linea di galleggiamento, e ne pesa le due parti. Trova 28 g per la parte emersa e 102 g per quella immersa.

- ▶ Determina la densità della mela.

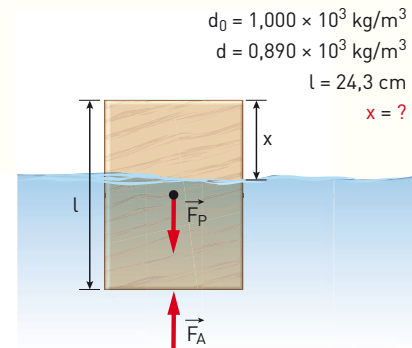
$$[790 \text{ kg/m}^3]$$

**16** ★★★ I ricercatori di un laboratorio di restauro vogliono misurare il volume delle cavità rimaste in una antica statuetta di bronzo (densità  $8900 \text{ kg/m}^3$ ). La statuetta ha una massa di 1,21 kg. Appesa a un dinamometro e immersa in alcool (densità  $800 \text{ kg/m}^3$ ) ha un peso di 10,2 N.

- ▶ Disegna le forze applicate alla statuetta quando è immersa in alcool appesa al dinamometro.
- ▶ Calcola il volume totale delle cavità.

$$[75,0 \text{ cm}^3]$$

**17** ★★★ Un blocchetto di legno che ha una densità  $d = 0,890 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e un'altezza  $l = 24,3 \text{ cm}$  galleggia nell'acqua (di densità  $d_0 = 1,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ).



- ▶ Quanto è lunga la parte emersa del blocchetto?

### 3 LA CORRENTE DI UN FLUIDO

#### PROBLEMA MODELLO 1 LA PORTATA IN UNA CONDUTTURTA

In molti supermercati è presente il distributore self-service per detergenti liquidi.

Angela decide di acquistare il detergente liquido per stoviglie ( $d = 1080 \text{ kg/m}^3$ ) e quello per lavatrice ( $d = 1035 \text{ kg/m}^3$ ), usando le bottiglie riutilizzabili che contengono rispettivamente 0,980 kg e 2,125 kg di prodotto. La portata del rubinetto che eroga il detergente per stoviglie è  $3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ .

- ▶ Calcola il tempo necessario per il travaso del detergente per stoviglie.
- ▶ Calcola la portata del rubinetto del detergente per lavatrice considerando un tempo di erogazione pari a quello appena calcolato.

## ■ DATI

Portata rubinetto 1  $q_1 = 3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$   
 Densità detergente stoviglie  $d_1 = 1080 \text{ kg/m}^3$   
 Massa detergente stoviglie  $m_1 = 0,980 \text{ kg}$   
 Densità detergente lavatrice  $d_2 = 1035 \text{ kg/m}^3$   
 Massa detergente lavatrice  $m_2 = 2,125 \text{ kg}$

## ■ INCOGNITE

Tempo per il travaso del detergente per stoviglie  $\Delta t_1$ ?  
 Portata del rubinetto del detergente per lavatrice  $q_2$ ?

## L'IDEA

Indichiamo tutte le grandezze relative al detergente per stoviglie con indice 1 e quelle relative al detergente per lavatrice con indice 2.

I detersivi liquidi scorrono in *condutture* (tubi) la cui *portata* descrive quanto è intensa la corrente del fluido.

## LA SOLUZIONE

Calcolo il volume del fluido  $\Delta V_1$  dall'espressione della densità  $d_1$ .

Conosco  $d_1 = \frac{m_1}{\Delta V_1} = 1080 \text{ kg/m}^3$ ; posso quindi calcolare  $\Delta V_1 = \frac{m_1}{d_1} = \frac{0,980 \text{ kg}}{1080 \text{ kg/m}^3} = 9,07 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Isolo il tempo  $\Delta t_1$  dalla formula della portata.

Sapendo che  $q_1 = \frac{\Delta V_1}{\Delta t_1} = 3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  ricavo  $\Delta t_1 = \frac{\Delta V_1}{q_1} = \frac{9,07 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}} = 26 \text{ s}$ .

Dati volume e tempo di erogazione del fluido 2, calcolo la portata  $q_2$ .

Con procedimento analogo al precedente calcolo  $\Delta V_2 = \frac{m_2}{d_2} = \frac{2,125 \text{ kg}}{1035 \text{ kg/m}^3} = 2,053 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ,

$$\text{da cui ricavo } q_2 = \frac{\Delta V_2}{\Delta t_1} = \frac{2,053 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{26 \text{ s}} = 7,9 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}.$$

**26** ★★★ In un primo tratto di tubo, all'uscita da una caldaia, l'acqua, spinta da una pompa, scorre con una portata di  $20 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ . Il diametro interno del tubo è di 2,5 cm. Il tubo si restringe fino a che il diametro si dimezza.

- Calcola la velocità dell'acqua nel primo e nel secondo tratto di tubo.

[4,1 m/s; 16 m/s]

**27** ★★★ Le spettacolari Cascate Vittoria si trovano lungo il corso del fiume Zambesi, che in questo punto demarca il confine geografico e politico tra lo Zambia e lo Zimbabwe. Nella stagione delle piogge il fiume scarica acqua con una portata di  $9100 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il più grande cratere conosciuto nell'intero Sistema Solare si trova sulla Luna, e ne occupa l'intero Polo Sud, con un diametro di 2240 km e una profondità di 13 km.

- Quanto tempo impiegherebbe il flusso d'acqua delle Cascate Vittoria a riempire d'acqua il cratere lunare?

[ $1,8 \times 10^5$  anni]

**28** ★★★ In un idrante, l'acqua scorre con una velocità di 1,5 m/s. All'uscita del tubo, di raggio 5,0 cm, c'è un ugello, di raggio 2,5 cm.

- Con quale velocità l'acqua attraversa l'ugello?
- Calcola, trascurando l'attrito, a quale distanza dall'ugello cadrà l'acqua se l'idrante è tenuto orizzontalmente a 1,0 m dal suolo.

[6 m/s; 2,7 m]

## 4 L'EQUAZIONE DI BERNOULLI

**41** **\*\*\*** Un tubo che trasferisce olio d'oliva ( $d = 920 \text{ kg/m}^3$ ) dal frantoio alle botti, che si trovano 2,3 m più in alto, ha due tratti con sezioni diverse. Nel frantoio più basso, l'olio scorre ad una velocità di 2,5 m/s e ha una pressione di  $5,1 \times 10^4 \text{ Pa}$ , mentre nel tratto più stretto in alto scorre a una velocità di 3,8 m/s.

- Calcola la pressione nel tratto superiore.

[ $2,6 \times 10^4 \text{ Pa}$ ]

**42** **\*\*\*** Un tubo di diametro interno 2,5 cm porta l'acqua, proveniente dal livello stradale, in una abitazione alla pressione di 1,9 bar. Se si apre il rubinetto di diametro 1,3 cm al primo piano, posto a 3,5 m dal piano stradale, l'acqua impiega 28 s per riempire una caraffa da 1 L.

- Calcola la velocità dell'acqua durante il riempimento della caraffa sia nel rubinetto che nel tubo al livello stradale.
- Calcola la pressione dell'acqua al primo piano.

[2,7 m/s; 7,3 m/s; 1,6 bar]

## 6 L'ATTRITO NEI FLUIDI

### PROBLEMA MODELLO 5 LA SFERA IMMERSA

Una sfera immersa in acqua si muove con velocità di 3,8 m/s e subisce una forza di attrito viscoso di 0,0060 N.

- Calcola il raggio della sfera.
- Calcola il valore della velocità della sfera se fosse immersa in glicerina per mantenere la stessa forza di attrito viscoso (il coefficiente di viscosità della glicerina è  $1,50 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ).

#### ■ DATI

Forza di attrito  $F_v = 0,0060 \text{ N}$   
 Velocità sfera  $v = 3,8 \text{ m/s}$   
 Viscosità acqua  $\eta_{\text{acqua}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$   
 Viscosità glicerina  $\eta_{\text{glicerina}} = 1,50 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

#### ■ INCOGNITE

Raggio della sfera in acqua  $r = ?$   
 Velocità della sfera in glicerina  $v = ?$

### L'IDEA

La forza di attrito viscoso per un corpo sferico è descritta dalla legge di Stokes.

### LA SOLUZIONE

**Applico la legge di Stokes in acqua e ricavo  $r$ .**

Dalla formula  $F_v = 6 \pi \eta_{\text{acqua}} r v$  ricavo il raggio della sfera

$$r = \frac{F_v}{6 \pi \eta_{\text{acqua}} v} = \frac{0,0060 \text{ N}}{6 \pi \times 1,0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \times 3,8 \text{ m/s}} = 0,084 \text{ m}.$$

**Applico la legge di Stokes nella glicerina e ricavo  $v$ .**

Dalla legge di Stokes applicata alla caduta nella glicerina posso isolare  $v$ :

$$v = \frac{F_v}{6 \pi \eta_{\text{glicerina}} r} = \frac{0,0060 \text{ N}}{6 \pi \times 1,50 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \times 0,084 \text{ m}} = 0,0025 \text{ m/s}.$$

### PER NON SBAGLIARE

- Controlla: il valore di velocità della sfera in glicerina deve essere inferiore a quello in acqua, poiché, a parità di dimensioni e di intensità della forza di attrito viscoso, il coefficiente di viscosità è aumentato;  $v$  e  $\eta$  nel nostro esempio sono grandezze inversamente proporzionali.

## PROBLEMI GENERALI

- 11** ★★★ Una pompa immette acqua in un tubo circolare di diametro  $d_1 = 3,0$  cm. L'acqua scorre dentro il tubo alla velocità  $0,50$  m/s. Il tubo termina con un erogatore avente diametro  $d_2 = 0,6$  cm. La pressione dell'acqua all'uscita dell'erogatore è  $1$  atm e l'erogatore e la pompa si trovano alla stessa quota. Determinare:
- ▶ la velocità con cui l'acqua esce dall'erogatore;
  - ▶ la pressione con la quale la pompa immette l'acqua nel tubo.

(Esame di fisica, Corso di laurea in farmacia, Università La Sapienza di Roma, 2009/2010)

[12,5 m/s;  $1,79 \times 10^5$  Pa]

- 12** ★★★ Un'imbarcazione che ha una massa di  $100$  kg può es-

sere schematizzata come una scatola di dimensioni  $1,000$  m  $\times$   $0,500$  m  $\times$   $0,500$  m.

- ▶ Qual è il volume di acqua di mare (densità pari a  $1028$  kg/m<sup>3</sup>) che ha una massa uguale a quella dell'imbarcazione?
- ▶ Per spostare questo volume di acqua e galleggiare, di quanto deve essere immersa l'imbarcazione?

[0,0973 m<sup>3</sup>; 0,195 m]

- 13** ★★★ Durante un incidente stradale, un camion contenente una cisterna piena di latte viene tamponato. Nell'urto, si crea un piccolo foro alla base della cisterna da cui il latte inizia a fuoriuscire alla velocità di  $7,75$  m/s.

- ▶ Qual è l'altezza del latte all'interno della cisterna?

[3,06 m]

## TEST

- 14** Perché non avvertiamo una spinta di Archimede da parte dell'atmosfera in cui siamo immersi?
- A** Perché il corpo umano non è cavo.
  - B** Perché la spinta, pur reale, è non molto inferiore alla forza di gravità.
  - C** Perché la spinta ha lo stesso valore su tutte le superfici del nostro corpo, comunque orientate.
  - D** Perché la spinta di Archimede è diversa da zero soltanto per corpi di densità inferiore al fluido in cui sono immersi.

- 15** Un tronco si trova in acqua. Quale delle seguenti affermazioni è vera?

- A** Se galleggia, la spinta verso l'alto ha lo stesso valore della forza-peso.
- B** Se galleggia, la spinta verso l'alto ha un valore maggiore della forza-peso.
- C** Se è completamente sommerso la spinta verso l'alto ha un valore inferiore al suo peso.
- D** Se è completamente sommerso la spinta verso l'alto ha lo stesso valore del suo peso.

- 16** Le dimensioni fisiche della portata sono:

- A**  $[l^2 \times t^{-2}]$
- B**  $[l^3 \times t^{-1}]$
- C**  $l^3 \times t^{-1}$
- D**  $l^3 \times t^{-2}$

- 17** L'equazione di Bernoulli è stata ricavata sperimentalmente introducendo alcune ipotesi semplificative (più di una risposta è giusta):

- A** la corrente è stazionaria.
- B** il fluido è incompressibile.
- C** gli attriti interni al fluido o tra il fluido e le pareti della condotta sono trascurabili.
- D** la pressione che agisce su una superficie trasversale alla corrente è costante.

- 18** L'effetto Venturi è un caso particolare:

- A** dell'equazione di Bernoulli quando la condotta in cui scorre il fluido è verticale.
- B** dell'equazione di Bernoulli quando la condotta in cui scorre il fluido è orizzontale.
- C** dell'equazione di Bernoulli quando la condotta è sottoposta alla forza di gravità.
- D** dell'equazione di Bernoulli quando gli attriti del fluido con le pareti della condotta non sono trascurabili.

- 19** L'unità di misura del coefficiente di viscosità nel Sistema Internazionale è:

- A** Pa/s
- B** Pa · s
- C** m<sup>3</sup>
- D** m<sup>3</sup>/s

- 20** Nella condizione di regime laminare, un fluido in una condotta:

- A** risente della forza d'attrito in ogni sua parte modo omogeneo.
- B** risente della forza d'attrito solo nella parte adiacente alle pareti della condotta.

- C risente della forza d'attrito in modo meno evidente a mano a mano che ci si allontana dalla parete della conduttura.
- D risente della forza d'attrito in modo più evidente a mano a mano che ci si allontana dalla parete della conduttura.

**21** Un parallelepipedo di legno galleggia in una vaschetta piena di acqua distillata. Nella vaschetta viene successivamente disciolto del sale da cucina. Indicate quale affermazione descrive più adeguatamente ciò che accade dopo lo scioglimento del sale nell'acqua:

- A il parallelepipedo sale leggermente rispetto alla linea di galleggiamento precedente.
- B il parallelepipedo scende leggermente rispetto alla linea di galleggiamento precedente.
- C il parallelepipedo rimane nella stessa posizione occupata precedentemente.
- D il parallelepipedo affonda completamente nell'acqua.
- E non vi sono dati sufficienti per fare una previsione attendibile.

*Prova di ammissione al corso di laurea in Medicina Veterinaria, 2009/2010*

**22** Un condotto è percorso da un fluido incompressibile in moto stazionario. Siano  $V_1$  e  $V_2$  le velocità del fluido in corrispondenza delle sezioni  $S_1$  e  $S_2$  del condotto. Supponendo  $S_1 = 2S_2$ :

- A  $V_1 = V_2$
- B  $V_2 = 2V_1$
- C  $V_1$  e  $V_2$  dipendono dalla forma delle sezioni
- D  $V_1 = 2V_2$
- E  $V_2 = 4V_1$

*Prova di ammissione al corso di laurea in Scienze Motorie, 2009/2010*

**23** In una sezione A di un condotto la velocità dell'acqua è di 5 m/s. Se in un'altra sezione B, il fluido scorre ad una velocità di 4 m/s, determinare la variazione di quota fra le sezioni A e B. Si consideri che la pressione rimane costante e che  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- A 0 cm
- B - 45 cm
- C + 45 cm
- D + 30 cm

*Concorso a borse di studio per l'iscrizione ai corsi di laurea della classe «Scienze e Tecnologie Fisiche» della SIF, 2008/2009*

**24** A hollow toy boat is floating in a bath. If you take a teaspoon full of water out of the bath and put it in the boat, what happens to the water level in the bath?

- A The level goes down.
- B The level goes up.
- C The level stays the same.
- D There isn't enough information to say.

*Oxford Physics Aptitude Test (PAT), Oxford University, 2006/2007*

