

# PREMIO PER LA FISICA “VALERIO FILIPPINI”

Pavia, Aula Volta dell’Università, 4 marzo 2008

## SOLUZIONI DELLA PROVA DI CONCORSO

*Indicare con una crocetta una sola risposta nei seguenti quesiti. Solo una delle risposte è corretta.*

*Valutazione: risposta esatta 2 punti, nessuna risposta 0 punti, risposta errata -1 punto*

*La risposta corretta è indicata in grassetto corsivo sottolineato.*

1) Due sfere di uguale raggio e dello stesso materiale, una piena e l’altra cava, vengono lasciate cadere in aria dalla stessa altezza.

a) Tocca per prima il terreno la sfera piena.

**b) Le due sfere toccano il terreno nello stesso istante.**

c) La sfera piena cade con velocità maggiore ma incontra più attrito nell’aria.

d) Le due sfere hanno la stessa accelerazione ma velocità diversa a causa della diversa massa.

2) Il peso di un corpo

a) è una proprietà intrinseca del corpo.

**b) dipende dal campo gravitazionale in cui è immerso il corpo.**

c) misura l’inerzia al moto.

3) Le forze di attrito

a) sono sempre dannose perché il loro unico effetto è la dissipazione di energia.

b) sono estremamente utili perché sono l’unico mezzo per mantenere immobili i corpi in presenza di attrazione gravitazionale.

**c) svolgono un ruolo essenziale negli spostamenti dei veicoli.**

4) Nel moto del pendolo, per piccole oscillazioni

a) la velocità angolare è costante.

b) la frequenza di oscillazione dipende dalla massa.

**c) il periodo di oscillazione dipende dalla posizione del pendolo sulla superficie terrestre.**

5) La pressione minima con la quale può far uscire il suo inchiostro una seppia

**a) a 4 m di profondità è il quadruplo rispetto a 1 m.**

b) a 1 m di profondità è il doppio rispetto a 2 m.

c) dipende dalla densità dell’inchiostro.

6) Durante l’ebollizione, in un recipiente aperto, di un litro d’acqua

a) il volume dell’acqua rimane costante.

b) il calore dell’acqua rimane costante.

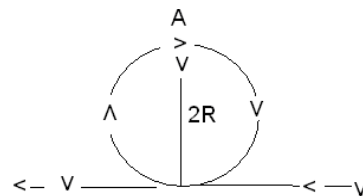
**c) la temperatura dell’acqua rimane costante.**

7) Un motociclista intende effettuare un “giro della morte” di raggio R.

**a) Per superare il punto A senza cadere deve avere una velocità  $v = \sqrt{gR}$ .**

b) La velocità necessaria per non cadere dipende dalla massa della motocicletta, pilota incluso.

c) Il motociclista deve accelerare fino a raggiungere in A un’accelerazione uguale a g e poi decelerare.

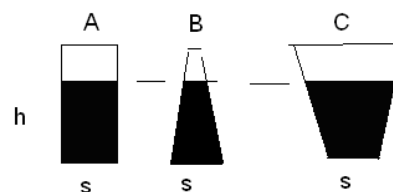


8) Tre recipienti A, B e C hanno forme diverse ma base di appoggio con la stessa area. Sono riempiti dello stesso liquido fino all’altezza h.

a) La pressione del liquido sulla base di C è più elevata perché C contiene una maggiore quantità di liquido.

**b) La pressione sulla base è uguale nei tre vasi.**

c) La pressione sulla base di B è più elevata perché il liquido non si appoggia sulle pareti laterali di B.



- 9) Una ventosa attaccata a un vetro oppone una resistenza alla sua rimozione
- solo se è fatta di materiale dotato di grande aderenza.
  - perché nel posizionarla si fa entrare aria tra gomma e vetro.
  - perché nel posizionarla si crea una depressione tra gomma e vetro.**
- 10) Perché in presenza di flussi d'aria le porte abitualmente tendono a chiudersi?
- Perché sulla superficie della porta esposta al flusso d'aria la pressione è inferiore che sull'altra superficie.**
  - Non è vero che le porte tendano a chiudersi, esse tendono ad aprirsi.
  - Non è vero che le porte tendano a chiudersi: il vento le apre e chiude in modo totalmente casuale.
- 11) Per ridurre i rischi da congelamento, si aggiunge a una certa quantità di acqua una quantità di sale.
- Così facendo non si ottiene il risultato sperato. Occorre, piuttosto, spargere il sale sul ghiaccio.
  - Effettivamente, viene totalmente impedito il congelamento dell'acqua.
  - La temperatura di congelamento si abbassa proporzionalmente alla concentrazione del sale.**
- 12) L'entropia è una grandezza che:
- in un sistema isolato non può mai diminuire.**
  - non può mai diminuire.
  - aumenta sempre.
- 13) Perché i sassi lanciati in aria nell'esperienza quotidiana cadono al suolo e le molecole dell'aria no?
- Le molecole dell'aria, a causa della piccola massa, sono del tutto insensibili all'attrazione gravitazionale.
  - Le molecole dell'aria, oltre alla velocità impressa loro dalla gravità, possiedono velocità dovute all'agitazione termica il cui modulo e la cui orientazione variano casualmente in seguito agli urti fra le molecole stesse.**
  - Sui sassi agisce non solo la gravità, ma anche la pressione atmosferica.
- 14) Che spazio ha percorso un corpo dopo 1 s di caduta libera con partenza da fermo?
- 19.6 m
  - 9.8 m
  - 4.9 m**
  - 2.45 m
- 15) Quando abbiamo la febbre a 40 °C, l'intensità della radiazione termica emessa dal nostro corpo, rispetto alle condizioni normali
- aumenta di circa l'1 %      [= 313/310]
  - aumenta di circa il 4 %**      [= (313/310)<sup>4</sup>]
  - aumenta di circa il 8 %      [= 40/37]
  - aumenta di circa il 37 %      [= (40/37)<sup>4</sup>]

*Nei seguenti esercizi, indicare con una crocetta la sola risposta esatta spiegandola molto brevemente:  
Valutazione: da 0 punti (risposta e spiegazione errate o mancanti) fino a 5 punti (risposta e spiegazione corrette)*

*La risposta corretta è indicata in **grassetto corsivo sottolineato**, e se ne indica brevemente una possibile giustificazione.*

- 16) Di quanto bisogna aumentare la temperatura di un gas perché il suo volume raddoppi, mantenendo costante la pressione?
- Dipende dal volume iniziale.
  - Dipende dalla temperatura iniziale.
  - La temperatura deve raddoppiare.**
  - La temperatura deve aumentare di 273 °K.

*La risposta consegue banalmente dall'equazione di stato dei gas perfetti  $PV = nRT$ , dove  $T$  è necessariamente la temperatura assoluta.*

Se si prende in considerazione la temperatura Celsius, a pressione costante la relazione fra volume e temperatura è  $V(t) = V_0 \left[ 1 + \frac{t(^{\circ}\text{C})}{273} \right]$ , dove  $V_0$  è il volume a  $t = 0^{\circ}\text{C}$ .

Partendo da uno stato  $V$  a una certa temperatura  $t$ , affinché il volume raddoppi occorre che la temperatura raggiunga un valore  $t'(^{\circ}\text{C})$  determinato dalla relazione  $2V = V_0 \left[ 1 + \frac{t'(^{\circ}\text{C})}{273} \right]$ .

Dal rapporto membro a membro fra le due relazioni si ottiene  $2 = \frac{1+\alpha t'}{1+\alpha t}$  da cui si ricava

$t' = 273 + 2t$ . Da quest'ultima relazione segue che:

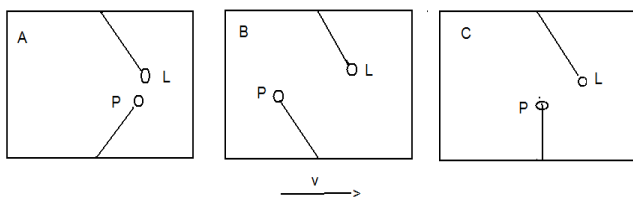
- Esprimendo i valori di temperatura in termini assoluti ( $t = T-273$ ;  $t' = T'-273$ ), si torna al caso precedente e risulta  $T' = 2T$ .
- Con l'ipotesi aggiuntiva in cui la temperatura iniziale sia  $t = 0^{\circ}\text{C}$ , il raddoppio del volume si otterrebbe alla temperatura di  $273^{\circ}\text{C}$ . In questo solo caso particolare sarebbe accettabile anche la risposta d).

17) Com'è l'attrazione gravitazionale sulla superficie di un pianeta con raggio doppio rispetto a quello della Terra (assumendo forma sferica e medesima densità per entrambi i pianeti) ?

- La medesima.
- Il doppio.**
- La metà.

La forza gravitazionale esercitata da un pianeta di raggio  $r$  e densità  $d$  (massa  $M$ , volume  $V$ ) in prossimità della sua superficie è proporzionale a  $\frac{M}{r^2} = \frac{Vd}{r^2} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 d}{r^2} = \frac{4}{3}\pi r d$ ; quindi se a parità di densità il raggio  $r$  raddoppia, anche la forza gravitazionale raddoppia.

18) In uno scompartimento di un treno in moto con velocità  $v$  costante una lampada  $L$  è appesa al soffitto e un palloncino  $P$  pieno di idrogeno è vincolato al pavimento. Se il treno frena bruscamente, come si dispongono il lampadario e il palloncino?



- Come nella figura A.
- Come nella figura B.**
- Come nella figura C.

Gli osservatori sul treno devono introdurre un'accelerazione apparente  $\mathbf{a}'$  uguale e contraria a quella del treno, cioè diretta in avanti, con la conseguenza che al peso di qualunque corpo di massa  $m$  va aggiunta vettorialmente la forza  $m\mathbf{a}'$ , come se fosse comparso un corpo celeste davanti al treno.

I sostegni della lampada e del palloncino dovranno ovviamente essere paralleli al loro peso apparente ( $m\mathbf{g} + m\mathbf{a}'$ ) per far loro equilibrio.

L'effetto del tutto secondario dell'addensamento dell'aria sul davanti del treno (in un vagone cisterna pieno d'acqua questo effetto non ci sarebbe, perché l'acqua è incompressibile) può portare a una conclusione qualitativamente simile.

19) Una vasca a base circolare viene riempita d'acqua. Se a parità di volume di acqua si aumenta del 10% il raggio della vasca, di quanto varia percentualmente la pressione sul fondo della vasca?

- Diminuisce del 10 %
- Diminuisce del 20 %
- Diminuisce di circa il 17 %**
- Diminuisce di circa il 21 %

La pressione è data dal rapporto peso/superficie:  $P = \frac{\text{peso}}{S} = \frac{\text{peso}}{\pi r^2}$ .

La pressione sul fondo della vasca allargata con raggio  $r' = r + 0.1r = 1.1r$  è pertanto

$$P' = \frac{\text{peso}}{\pi(1.1r)^2} = \frac{\text{peso}}{\pi \cdot 1.21 r^2} = \frac{P}{1.21}$$

Quindi la variazione percentuale della pressione è  $\frac{P'-P}{P} = \frac{P'}{P} - 1 = \frac{1}{1.21} - 1 = 0.83 - 1 = -0.17 = -17\%$ .

20) Un proiettile pieno d'acqua viene sparato da un cannone. All'uscita dal cannone, quando il proiettile è in moto parabolico nel campo gravitazionale, vengono aperti con un radiocomando degli oblò dai quali l'acqua può uscire. Qual è il comportamento dell'acqua?

- a) **resta dentro il proiettile.**
- b) esce dal proiettile per tutta la durata del moto.
- c) esce dal proiettile nella parte discendente della traiettoria.
- d) esce dal proiettile nella parte ascendente della traiettoria.

*Proiettile e acqua contenuta sono entrambi in caduta libera (con la stessa accelerazione  $g$ ) durante l'intero volo perché soggetti alla sola forza di gravità. Pertanto l'acqua non esce.*

*Se si tiene conto anche della presenza dell'aria (poiché non era esplicitamente chiesto di trascurarla), questa provoca una depressione alla superficie del proiettile a causa del Teorema di Bernoulli; se nel proiettile ci fosse anche una bolla d'aria a pressione atmosferica, allora l'acqua uscirebbe: in questo senso sarebbe accettabile anche la risposta b), purchè giustificata.*

21) Se la circonferenza terrestre aumentasse di 3 metri, di quanto aumenterebbe il raggio della Terra?

- a) Di una quantità piccola non misurabile.
- b) Di circa un millimetro.
- c) **Di circa mezzo metro.**
- d) Di circa un metro.

*Il raggio è legato alla circonferenza dalla relazione  $r = \frac{C}{2\pi}$ . Se la circonferenza aumenta di 3 m, il raggio diviene  $r' = \frac{C+3\text{ m}}{2\pi} = r + \frac{3\text{ m}}{6.28} = r + 0.48\text{ m}$ , cioè aumenta di circa mezzo metro.*

**Svolgere in modo sintetico (entro le righe indicate) i seguenti temi:**

*Valutazione: da 0 punti (argomenti errati o mancanti) fino a 5 punti (argomenti corretti)*

*Si indica brevemente una possibile risposta.*

22) Perché le forze di attrito non sono conservative?

*Perché compiono sempre lavoro negativo (in quanto la forza di attrito e lo spostamento sono vettori con direzione uguale e verso sempre opposto tra loro) e quindi lungo nessun cammino chiuso il lavoro può essere nullo, come dovrebbe invece essere nel caso di forze conservative.*

23) I satelliti per telecomunicazioni vengono normalmente messi in orbita geostazionaria. Supponendo quest'orbita perfettamente circolare, si calcoli:

- a) Il raggio dell'orbita
- b) Il modulo della velocità del satellite
- c) Il ritardo con cui arrivano a noi i segnali trasmessi dal satellite

*Un satellite si dice geostazionario se rimane sempre sulla verticale di un dato punto della Terra e quindi ruota con la stessa velocità angolare della Terra:  $\omega = \omega_T = 2\pi/T = 2\pi/(86400\text{ s}) = 7.27 \cdot 10^{-5}\text{ rad/s}$ .*

*Il moto orbitale è circolare quando la forza gravitazionale soddisfa la seguente relazione:*

*$G \frac{Mm_T}{r^2} = M\omega^2 r = M\omega_T^2 r$ , dove  $r$  è il raggio dell'orbita del satellite rispetto al centro della Terra.*

*Da questa relazione si ricava  $r = \sqrt[3]{\frac{Gm_T}{\omega_T^2}}$ , indipendentemente dalla massa  $M$  del satellite.*

*La velocità di rivoluzione è  $v = \omega_T r$ .*

Il tempo impiegato dai segnali per giungere dal satellite alla Terra è  $t = d/c$ , essendo  $c$  la velocità della luce e  $d = r - r_T$  la distanza del satellite dalla superficie della Terra.

In termini numerici (non richiesti dal problema), sostituendo i valori della massa e del raggio della Terra  $m_T = 6 \cdot 10^{24}$  kg e  $r_T = 6370$  km, si ricavano con buona approssimazione:  $r = 42300$  km (circa 36000 km dalla superficie terrestre);  $v = 3075$  m/s (circa 11000 km/h);  $t = 0.12$  s.

24) Come potrebbe una scimmia di 10 Kg sollevare con una carrucola (senza attriti) una massa di 15 Kg?

Per fare in modo che sul corpo (di massa  $M$ ) da sollevare agisca una tensione della fune  $T$  uguale al suo peso  $Mg$ , la scimmia (di massa  $m$ ) deve arrampicarsi sulla fune con un'accelerazione  $a$  tale che  $T - mg = ma$  ( $T$  è ovviamente la stessa): questa è l'equazione del moto della scimmia. Si ricava allora che l'accelerazione minima della scimmia (sollevamento incipiente) deve essere  $a = g(M-m)/m = 4.9$  m/s<sup>2</sup>.

Altre possibilità (alle quali l'estensore della domanda non pensava) possono essere accettate, purché fisicamente corrette e giustificate.

25) In città, si è rilevata una concentrazione di polveri sottili nell'aria doppia del valore limite ammesso dalla legge. Il Comune ha quindi l'obbligo di decretare la circolazione a targhe alterne, fino al giorno in cui la concentrazione tornerà sotto la soglia limite. Tenendo conto che questo provvedimento migliora solo del 10% al giorno la qualità dell'aria, per quanti giorni (almeno) dovrà restare in vigore la circolazione a targhe alterne?

Indicando con  $I_L$  l'inquinamento limite, esso evolve in giorni successivi nel modo seguente:

$I_0 = 2 I_L$  (valore iniziale, doppio del limite)

$I_1 = I_0(0.9) = 2I_L(0.9)$        $I_2 = I_1(0.9) = 2I_L(0.9)^2$        $I_3 = I_2(0.9) = 2I_L(0.9)^3$       ....

da cui si deduce che l'inquinamento dopo  $n$  giorni si riduce a

$I_n = 2I_L(0.9)^n$

Il numero di giorni necessario perché l'inquinamento scenda sotto il limite si determina quindi imponendo che  $I_n = I_L$ :

$I_L = 2I_L(0.9)^n \rightarrow (0.9)^n = 1/2 \rightarrow n \log(0.9) = \log(0.5)$

da cui si ricava

$n = \log(0.5)/\log(0.9) = 6.579$

deducendo che l'inquinamento tornerà sotto soglia dopo almeno 7 giorni di targhe alterne.