

## OLIMPIADI DI FISICA 2013

**Non sfogliare questo fascicolo  
finché l'insegnante non ti dica di farlo.  
Leggi ATTENTAMENTE le istruzioni!**

Gara di 2° Livello  
Martedì 19 Febbraio 2013

La prova consiste di due parti: nella prima parte si chiede di rispondere a dei quesiti che vertono su argomenti diversi della fisica; nella seconda parte di risolvere dei problemi.

- Hai 1 ora e 20 minuti di tempo a disposizione per rispondere ai quesiti della prima parte; dopo questo tempo le tue soluzioni saranno ritirate e ti verranno consegnati i testi dei problemi per i quali avrai ancora 1 ora e 40 minuti.
- Per ottenere il massimo punteggio previsto non basta riportare i risultati numerici corretti; devi anche indicare le leggi e i principi validi nella situazione in esame su cui si fondano i tuoi procedimenti risolutivi.
- Nel riportare la soluzione scrivi in forma simbolica le relazioni usate, prima di sostituire i dati numerici. Cerca di sviluppare il procedimento risolutivo in forma algebrica sostituendo i dati numerici alla fine. Fai seguire dati e risultati numerici dalle corrette unità di misura. Leggi attentamente la NOTA che precede i testi.
- Puoi usare la calcolatrice tascabile.
- Non è permesso l'uso di manuali di alcun tipo.
- I valori delle costanti fisiche di uso più comune, insieme ad alcuni dati utili, sono riportati a pagina 2.
- Per prima cosa leggere ATTENTAMENTE le istruzioni riportate subito prima dei testi.

Ora aspetta che ti sia dato il via e... Buon lavoro !

## ALCUNE COSTANTI FISICHE (\*)

COSTANTE	SIMBOLO	VALORE	UNITÀ
Velocità della luce nel vuoto	$c$	$3.00 \times 10^8$	$\text{m s}^{-1}$
Carica elementare	$e$	$1.602 \times 10^{-19}$	C
Massa dell'elettrone	$m_e$	$9.11 \times 10^{-31}$ $= 5.11 \times 10^{-22}$	kg $\text{keV } c^{-2}$
Costante dielettrica del vuoto	$\varepsilon_0$	$8.85 \times 10^{-12}$	$\text{F m}^{-1}$
Permeabilità magnetica del vuoto	$\mu_0$	$1.257 \times 10^{-6}$	$\text{H m}^{-1}$
Massa del protone	$m_p$	$1.673 \times 10^{-27}$ $= 9.38 \times 10^{-22}$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Costante di Planck	$h$	$6.63 \times 10^{-34}$	J s
Costante universale dei gas	$R$	8.31	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Numero di Avogadro	$N$	$6.02 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Costante di Boltzmann	$k$	$1.381 \times 10^{-23}$	$\text{J K}^{-1}$
Costante di Faraday	$F$	$9.65 \times 10^4$	$\text{C mol}^{-1}$
Costante di Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5.67 \times 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Costante gravitazionale	$G$	$6.67 \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Pressione atmosferica standard	$p_0$	$1.013 \times 10^5$	Pa
Temperatura standard (0°C)	$T_0$	273	K
Volume molare di un gas perfetto in condizioni standard ( $p_0, T_0$ )	$V_m$	$2.24 \times 10^{-2}$	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Unità di massa atomica	u	$1.661 \times 10^{-27}$	kg

## ALTRI DATI CHE POSSONO ESSERE NECESSARI (\*)

Accelerazione media di gravità	$g$	9.81	$\text{m s}^{-2}$
Densità dell'acqua	$d_a$	$1.00 \times 10^3$	$\text{kg m}^{-3}$
Calore specifico dell'acqua	$c_a$	$4.19 \times 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Calore di fusione dell'acqua	$\lambda_f$	$3.34 \times 10^5$	$\text{J kg}^{-1}$
Calore di vaporizzazione dell'acqua (a 100°C)	$\lambda_v$	$2.26 \times 10^6$	$\text{J kg}^{-1}$
Calore specifico del ghiaccio (a 0°C)	$c_g$	$2.11 \times 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

(\*) Valori arrotondati, con errore relativo minore di  $10^{-3}$ 

Materiale elaborato dal Gruppo



**PROGETTO OLIMPIADI**  
*Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica*

e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it) - Tel. 0732 1966045  
 WEB: [www.olifis.it](http://www.olifis.it)

**NOTA BENE**

È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.

## Prima parte: **QUESITI**

TEMPO: 1 ora e 20 minuti.

Si consiglia di leggere il testo di tutti i 10 quesiti che ti sono proposti prima di iniziare a risolverli, tenendo presente che non sono stati ordinati per argomento.

Cerca poi di rispondere al maggior numero possibile dei quesiti.

- Riporta il tuo nome su TUTTI i fogli che consegnerai, nell'angolo in alto a SINISTRA.
- Sui fogli di risposta indica il numero del quesito in testa alla relativa soluzione, secondo questo esempio:

Quesito 7      Soluzione: ...

Se usi più fogli numera le pagine, nell'angolo in alto a DESTRA. Se la soluzione di un quesito prosegue su due fogli diversi riporta una nota esplicativa, come:

*SEGUE A PAGINA... (numero della pagina)*

- Per ogni risposta corretta e chiaramente motivata verranno assegnati 3 punti.
- Nessun punto verrà detratto per le risposte errate.
- Nessun punto verrà assegnato alle mancate risposte.

**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** Tutti i valori numerici che compaiono nei testi devono essere intesi con un'incertezza non superiore all'1 %, anche se sono dati con una sola cifra. Esprimere di conseguenza i risultati richiesti con l'adeguato numero di cifre.

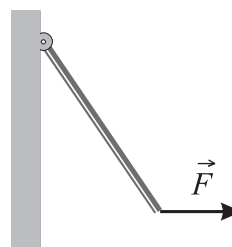


**1**

Un'asta di lunghezza  $\ell$ , costruita di materiale omogeneo di densità lineare  $\delta$ , è impernata su un asse orizzontale fissato a una parete verticale e coincidente con la sua estremità in alto. È tenuta in equilibrio esercitando una forza orizzontale  $\vec{F}$  nell'estremo più in basso.

Siano:  $\ell = 1.5 \text{ m}$ ,  $\delta = 2.0 \text{ kg m}^{-1}$ ,  $F = 38 \text{ N}$ .

- Quanto vale l'intensità della reazione che il muro esercita sull'estremo più in alto dell'asta?



**2**

Un cilindro con pistone a tenuta contiene 2 mol di elio alla temperatura di  $100^\circ\text{C}$ . Il sistema subisce una trasformazione nella quale assorbe  $2 \times 10^4 \text{ J}$  di calore. Al termine la temperatura del gas è di  $1000^\circ\text{C}$ . In questo intervallo di temperatura, l'elio può essere considerato, con ottima approssimazione, un gas ideale.

- Determinare l'eventuale scambio di energia con l'ambiente, avvenuto sotto forma di lavoro meccanico.



**3**

Due ciclisti in fuga corrono lungo una strada, ciascuno a velocità costante. Il primo ha una velocità  $v_1 = 30.6 \text{ km/h}$  e, ad un certo istante, si trova 25 m oltre un incrocio, che può essere preso come punto di riferimento; il secondo invece procede a velocità  $v_2 = 37.8 \text{ km/h}$  e, nello stesso istante, si trova 45 m prima dello stesso incrocio.

- Dopo quanto tempo il secondo ciclista raggiungerà il primo?



**4**

Ponendo un piccolo oggetto sull'asse ottico di una lente sottile convergente, a 15 cm dalla lente stessa, si forma un'immagine virtuale a 30 cm dalla lente.

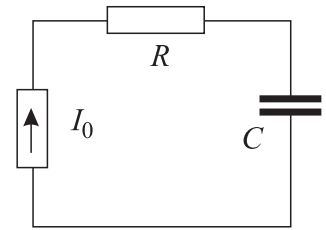
- Se lo stesso oggetto viene posto a 30 cm dalla lente, dove si forma l'immagine?



5

Nel circuito in figura un condensatore, che al tempo  $t = 0$  è scarico, viene caricato mediante un generatore che fornisce una corrente costante nel tempo, con intensità  $I_0 = 0.02 \text{ mA}$ . In 30 s la d.d.p. ai capi del condensatore aumenta da 0 a 12 V.

- Determinare la capacità del condensatore.



6

In un termostato sono inseriti due recipienti rigidi che contengono due gas perfetti alla stessa temperatura. Il primo ha un volume di 5 L e in esso il gas ha una pressione di 100 kPa. Il secondo ha un volume di 2 L e in esso il gas ha una pressione di 200 kPa. I due recipienti vengono posti in comunicazione, cosicché i due gas si mescolano.

- Calcolare la pressione finale.



7

Una cassa di massa  $m$  viene trainata su un piazzale in piano, partendo da ferma, con accelerazione costante  $a$ . La forza di trazione è applicata mediante una fune orizzontale. Il coefficiente d'attrito tra la cassa e il piano stradale è  $\mu$ .

- Si vuol sapere la potenza che occorre applicare alla fune dopo un tempo  $t$  dall'inizio dello spostamento.

Valori numerici:  $m = 70 \text{ kg}$ ;  $a = 0.5 \text{ m s}^{-2}$ ;  $\mu = 0.35$ ;  $t = 6 \text{ s}$ .



8

Lungo un'autostrada dritta c'è un'industria chimica nella quale un ventilatore difettoso emette un forte ronzio a 310 Hz. Un automobilista, che si trova a grande distanza rispetto alla distanza fra fabbrica e strada, vede l'impianto davanti a sé e sente un fischio a 340 Hz.

- A che velocità si sta muovendo la macchina?

*Nota: La velocità di propagazione del suono sia  $c = 340 \text{ m s}^{-1}$ .*



9

Una goccia d'acqua ha un diametro di 0.1 mm ed è carica negativamente. Alla sua superficie il campo elettrico ha intensità uniforme  $E = 5 \text{ kV/cm}$ .

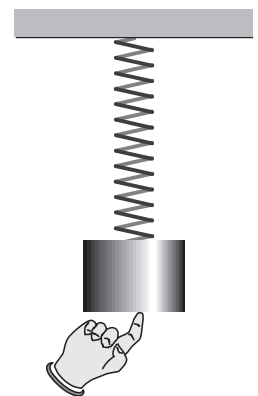
- Determinare l'intensità di un campo elettrico uniforme capace di mantenere la goccia sospesa in equilibrio in aria, ferma.



10

Un corpo di massa  $m = 400 \text{ g}$  è in equilibrio, appeso ad una molla di costante elastica  $k = 10 \text{ N m}^{-1}$ , che lo sostiene. Il corpo viene sollevato, molto lentamente, di un tratto  $\Delta x = 30 \text{ cm}$ .

- Calcolare il lavoro compiuto dalla forza che solleva il corpo.



# OLIMPIADI DI FISICA 2013

Gara di 2° Livello  
Martedì 19 Febbraio 2013

Seconda parte: **PROBLEMI**

TEMPO: 1 ora e 40 minuti.

- Esponi con chiarezza il procedimento risolutivo e tieni conto che nella valutazione si prenderanno in considerazione anche le soluzioni parziali.
- Riporta il tuo nome su TUTTI i fogli che consegnerai, nell'angolo in alto a SINISTRA.
- Utilizza un foglio diverso per ogni problema che hai risolto, numerandone le pagine, nell'angolo in alto a DESTRA.
- Indica il numero del problema in testa alla relativa soluzione, secondo questo esempio:

Problema 2

Soluzione: ...

- Indica chiaramente la domanda (1., 2., ...) cui si riferisce la parte di soluzione che stai scrivendo.
- Alla soluzione di ciascun problema è assegnato un punteggio massimo di 20 punti.

**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** Tutti i valori numerici che compaiono nei testi devono essere intesi con un'incertezza non superiore all'1 %, anche se sono dati con una sola cifra. Esprimere di conseguenza i risultati richiesti con l'adeguato numero di cifre.

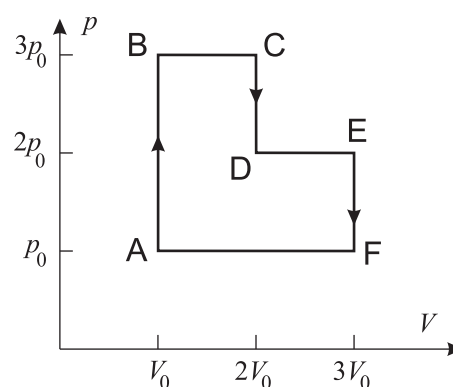
P

## 1 – Motore termico

[Punti 20]

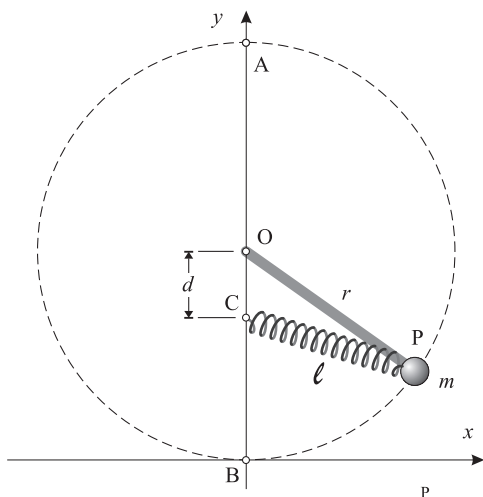
Un motore termico effettua il ciclo termodinamico mostrato nel piano cartesiano  $V-p$  in figura, costituito da trasformazioni quasi-stazionarie. Il fluido del motore è costituito da  $n$  moli di un gas perfetto monoatomico.

- Giustificando le risposte, dire:
  - In quali trasformazioni il gas compie lavoro e in quali lo riceve.
  - In quali trasformazioni il gas si riscalda e in quali si raffredda.
  - In quali trasformazioni l'energia interna del gas aumenta e in quali diminuisce.
  - In quali trasformazioni il gas assorbe calore e in quali lo cede.
- Calcolare il rendimento del motore.  
Si ponga adesso  $p_0 = 1 \times 10^5$  Pa e  $V_0 = 0.02$  m<sup>3</sup>,  $n = 1$  mol.
- Calcolare la temperatura più bassa  $T_b$  e quella più alta  $T_a$  raggiunte dal fluido durante il ciclo e individuare in quali stati il sistema raggiunge questi valori.
- Determinare il rendimento di un motore che esegue un ciclo di Carnot tra le due temperature trovate nella domanda precedente.



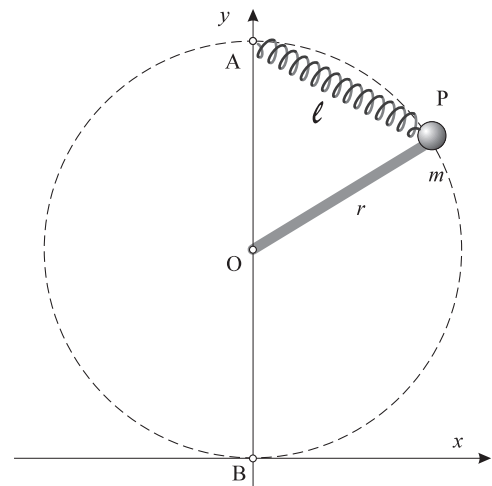
**P****2 – Asta che ruota con molla****[Punti 20]**

La figura a sinistra mostra un corpo puntiforme, di massa  $m$ , attaccato ad un'estremità di un'asta rigida che può ruotare liberamente in un piano verticale attorno alla sua altra estremità, fissata nel punto  $O$ . L'asta ha massa trascurabile e lunghezza  $r$ . Il corpo è attaccato anche ad una molla di costante elastica  $k$  e lunghezza a riposo  $\ell_0$ , la cui altra estremità è fissata ad un punto  $C$  che si trova sulla verticale passante per  $O$ , ad una distanza  $d$  sotto di esso. La figura mostra anche il sistema di riferimento nel piano verticale che suggeriamo di utilizzare.



Valori numerici:

$$\begin{aligned} m &= 0.5 \text{ kg} \\ r &= 1 \text{ m} \\ k &= 22 \text{ N m}^{-1} \\ \ell_0 &= 0.3 \text{ m} \\ d &= 0.3 \text{ m} \end{aligned}$$



Da quanto detto sopra segue che il punto  $P$  in cui si trova il corpo può assumere tutte le posizioni sulla circonferenza di raggio  $r$ , fra il punto più in alto,  $A$ , e quello più in basso,  $B$ . La lunghezza  $\ell$  della molla può variare fra il valore massimo,  $r + d$ , nel punto  $A$  e quello minimo,  $r - d$ , nel punto  $B$ . Dati i valori di  $r$  e  $d$  riportati sopra,  $\ell$  è sempre maggiore della lunghezza minima  $\ell_0$ , per cui la molla è sempre in trazione.

1. Mostrare che l'equilibrio è instabile nel punto  $A$ , è stabile nel punto  $B$  e che non esistono altri punti di equilibrio stabile (basta mostrarlo in un punto  $P$  qualunque).
2. Ricavare l'espressione dell'energia del corpo in condizioni statiche in un punto  $P$  generico e calcolarne il valore nei punti  $A$  e  $B$ .
3. Supponendo che l'asta venga messa in moto quando si trova nel punto  $B$  facendole acquistare una velocità angolare  $\omega$ , qual è il minimo valore di  $\omega$  che permette al corpo di raggiungere il punto  $A$ ?

Si consideri adesso la situazione illustrata nella figura a destra, in cui la molla è attaccata al punto  $A$ . Le posizioni che il corpo può occupare sono ancora sulla stessa circonferenza. Ci si limiti a considerare quelle per cui la molla è allungata (cioè quelle per cui  $\ell > \ell_0$ ). In questa situazione esistono due altre posizioni di equilibrio (oltre a  $B$ ), con  $x$  diverso da zero, simmetriche rispetto all'asse  $y$ .

4. Calcolare il valore dell'angolo  $\alpha = \widehat{OAP}$  che la molla forma con la verticale in una di queste due posizioni.

\_\_\_\_\_ • \_\_\_\_\_



### 3 – Due elettrici in uno

[Punti 20]

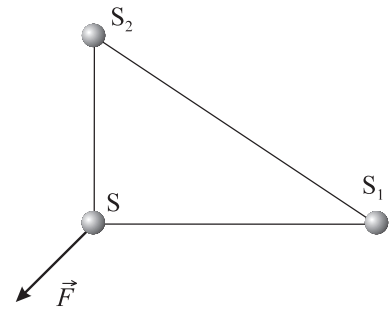
#### Parte A

Tre piccole sfere cariche  $S$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  sono disposte come in figura, ai vertici di un triangolo rettangolo i cui cateti stanno fra loro in rapporto 3:2. In queste condizioni, sulla sfera  $S$  agisce una forza di intensità  $F$ , orientata a  $45^\circ$  rispetto alle rette dei due cateti.

1. Determinare il rapporto delle cariche presenti sulle sferette  $S_2$  ed  $S_1$ .

Le posizioni delle sfere  $S_1$  ed  $S_2$  vengono scambiate lasciando ferma  $S$ .

2. Determinare il rapporto tra l'intensità della forza  $\vec{F}'$  agente adesso sulla sfera  $S$  e quella della forza  $\vec{F}$ .

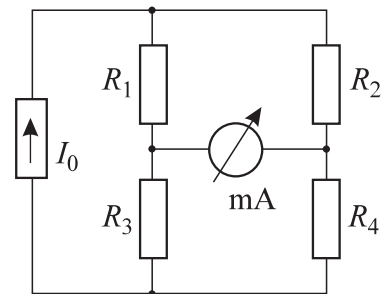


#### Parte B

Il circuito in figura è alimentato da un generatore di corrente costante  $I_0$ ; le resistenze valgono rispettivamente  $R_1 = R_3 = R$ ,  $R_2 = 3R$ ,  $R_4 = 2R$ , mentre lo strumento di misura (un milliamperometro) presenta una resistenza trascurabile.

Si vuole determinare la corrente misurata dal milliamperometro in queste condizioni.

1. Perché si può affermare che le due resistenze  $R_1$  ed  $R_2$  si comportano come se fossero in parallelo? (e analogamente per  $R_3$  con  $R_4$ )
2. Calcolare, in funzione di  $I_0$ , i valori delle correnti che scorrono nei quattro resistori.
3. Quanto vale allora la corrente misurata dal milliamperometro, se  $I_0 = 360 \text{ mA}$ ?



Materiale elaborato dal Gruppo



**PROGETTO OLIMPIADI**  
*Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica*

e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it) - Tel. 0732 1966045

WEB: [www.olifis.it](http://www.olifis.it)

#### NOTA BENE

È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.