

2004 OLIMPIADI di FISICA

PROGETTO AIF OLIMPIADI

GARA NAZIONALE
Prova Teorica
Venerdì 23-04-04

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

Liceo Scientifico "E. Medi" Senigallia - AN

ISTRUZIONI

1. Leggi con cura i testi dei quattro problemi
2. Utilizza un foglio diverso per ciascun problema
3. Su ogni foglio riporta il tuo nome e cognome in alto a sinistra
4. Su ogni pagina (facciata) scrivi chiaramente in alto a destra:
 - il numero del problema
 - la numerazione delle pagine, a partire da 1 per ogni problema
 - il numero totale di pagine usate per quel problema

Esempio:

Problema n. 3 Pag. 2 di 4

Tempo disponibile: 4 h

La gara nazionale è realizzata con il sostegno di
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

Comune di Senigallia

Liceo Scientifico "E. Medi" di Senigallia



Zanichelli editore

PROBLEMA n. 1 — Asta

100 Punti

Un'asta omogenea di massa M , lunghezza L e dimensioni trasversali trascurabili è inizialmente appoggiata in posizione verticale su un pavimento orizzontale rigido, in equilibrio instabile. Discutere i casi seguenti, senza considerare l'attrito tranne che quando ciò viene esplicitamente richiesto, e indicando con O il punto iniziale di appoggio e con ϑ l'angolo che essa forma in ogni istante col piano orizzontale.

Nel primo caso l'asta non ha alcun appoggio tranne il pavimento senza attrito. Essendo l'equilibrio instabile, ad un certo punto inizia a cadere verso destra.

1. Dire a quale distanza da O si trova il centro dell'asta quando esso tocca il pavimento.

In questo secondo caso, l'asta è inizialmente appoggiata contro una parete verticale e inizia a cadere ruotando intorno a O . A un certo punto essa perde il contatto con la parete e, continuando la caduta, inizia a scivolare lateralmente sul pavimento.

- 2.a. Calcolare le componenti radiale e tangenziale dell'accelerazione del centro di massa (o centro dell'asta) in funzione dell'angolo ϑ .
- 2.b. Calcolare quanto vale ϑ e la velocità del centro di massa nell'istante in cui inizia a scivolare lateralmente sul pavimento.

Nel terzo caso l'asta è inizialmente come alla domanda 1, ma sul pavimento è presente un forte attrito statico, con coefficiente μ . Tuttavia, anche con μ comunque grande, si ha certamente uno slittamento del punto di appoggio dell'asta sul pavimento quando ϑ raggiunge un certo valore limite.

3. Trovare questo valore.

Suggerimento: Il momento d'inerzia dell'asta rispetto a un asse ortogonale ad essa e passante per un suo estremo è $ML^2/3$.

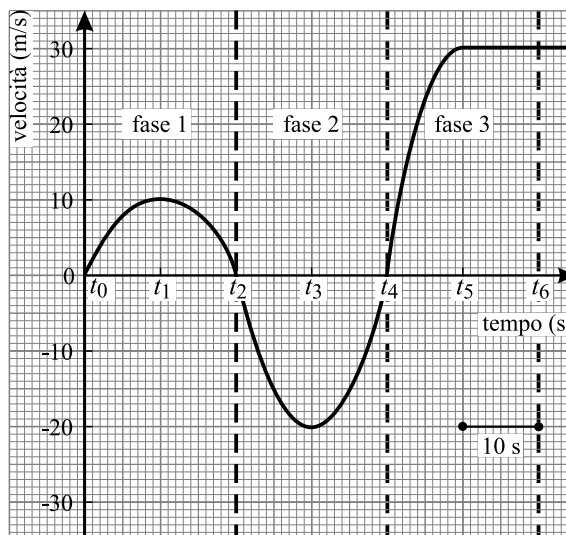
PROBLEMA n. 2 — Oggetto in moto rettilineo

60 Punti

Un oggetto di massa $m = 0.5 \text{ kg}$ si muove lungo una retta. L'andamento della velocità nel tempo è rappresentato dal grafico qui accanto.

All'istante iniziale, l'oggetto si trova nell'origine del sistema di riferimento.

1. Utilizzando il foglio risposte allegato, disegnare l'andamento della legge oraria del moto e quello dell'accelerazione in funzione del tempo (aiutarsi con la quadrettatura del foglio per determinare i valori da inserire nei grafici).
2. Disegnare quindi, nella parte destra⁽¹⁾ del foglio risposta, su scala arbitraria, ma adeguata, il vettore della velocità e quello della forza nelle posizioni occupate ai tempi t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 e t_6 .
3. Tracciare, infine, il grafico dell'energia cinetica dell'oggetto in funzione della posizione in ogni fase del moto.



Suggerimento: Tabulare i valori dei dati che si utilizzano per la costruzione dei grafici e indicare in maniera molto sintetica il modo in cui sono stati determinati.

⁽¹⁾ Nell'asse verticale a sinistra della colonna "Traiettoria del moto" del foglio risposta scegliere un'opportuna scala per la posizione dell'oggetto e quindi annotarvi i tempi t_0, \dots, t_6 in corrispondenza delle posizioni occupate dell'oggetto in tali istanti.

PROBLEMA n. 3 — Canna barometrica

70 Punti

Durante la costruzione di un barometro a mercurio, per errore, un po' di aria è rimasta intrappolata nella canna barometrica, come mostrato in figura.

La canna è lunga $\ell = 100\text{ cm}$ e la sua sezione $A = 1\text{ cm}^2$ è trascurabile rispetto quella della base sottostante, così che il livello del mercurio nella vaschetta non varia se vi sono variazioni del dislivello del mercurio nella canna.

All'equilibrio la colonna di mercurio è alta $h = 65\text{ cm}$ se la pressione atmosferica vale $p_0 = 101.3\text{ kPa} = 76\text{ cmHg}$ e la temperatura $T_0 = 0^\circ\text{C}$.

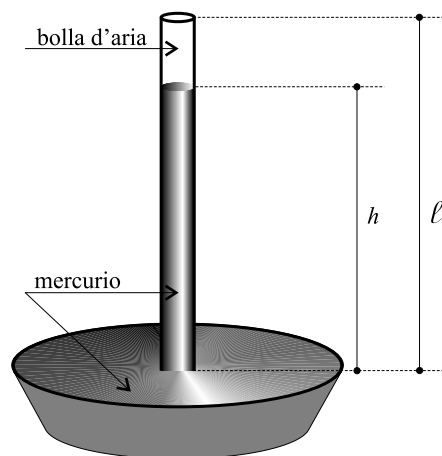
1. La quantità d'aria intrappolata risulta essere di modesta entità. Quale sarebbe il suo volume se si trovasse alla pressione atmosferica p_0 e alla temperatura T_0 ?

Dopo un po' di tempo l'altezza della colonna di mercurio risulta $h' = 64\text{ cm}$, anche se la pressione atmosferica non è variata, come verificato con una misura indipendente eseguita con un altro strumento.

2. Quanto vale la temperatura del sistema?
3. Quanto vale il lavoro compiuto dalla bolla d'aria racchiusa nella canna barometrica per espandersi?
4. Quanto vale il calore assorbito dalla bolla d'aria?

Suggerimenti:

1. Approssimare il comportamento termodinamico dell'aria con quello di un gas perfetto biatomico.
2. Trascurare la dilatazione termica del mercurio.
3. Densità mercurio $= 13.6 \times 10^3\text{ kg/m}^3$.



PROBLEMA n. 4 — Cavo coassiale

70 Punti

In figura è rappresentato un cavo coassiale costituito da due conduttori, un filo di raggio a e una sottile superficie cilindrica di raggio b aventi l'asse in comune, separati da un mezzo isolante di costante dielettrica approssimabile a quella del vuoto; la lunghezza del cavo è molto maggiore del suo diametro.

Ad un'estremità del cavo è collegato un generatore di f.e.m. V e all'altra, tramite un interruttore inizialmente aperto, una resistenza R rispetto alla quale la resistenza del cavo può essere trascurata.

1. Con l'interruttore aperto il cavo si carica; determinare la densità lineare di carica λ presente sul filo, tale da produrre una d.d.p. V tra i due conduttori.
2. Esprimere in funzione della d.d.p. V , il campo elettrostatico $\vec{E}(r)$ prodotto dalla distribuzione di carica, in un punto del dielettrico a distanza r dall'asse del cavo.

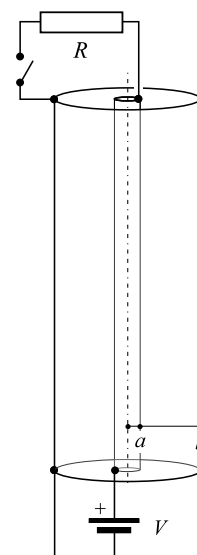
Chiudendo l'interruttore i due conduttori del cavo rimangono carichi mentre vengono percorsi da una corrente.

3. Scrivere l'espressione del campo magnetico $\vec{B}(r)$ prodotto dalla corrente, in un punto del dielettrico a distanza r dall'asse del cavo, in funzione dei dati.

Si consideri adesso il vettore (detto *vettore di Poynting*)

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

il cui flusso attraverso una qualunque superficie ha le dimensioni di una potenza.



4. Calcolare il vettore $\vec{S}(r)$ nei punti del dielettrico e il flusso di questo attraverso una sezione normale del cavo coassiale.
5. Interpretare il risultato ottenuto.

Suggerimenti:

1. È utile ricordare che la derivata della funzione $\ln x$ (logaritmo naturale) è $1/x$.
2. Per la simmetria cilindrica del sistema, il flusso attraverso la sezione del cavo può essere pensato come la “somma” (integrale) dei contributi di corone circolari infinitesime di raggio r e area $ds = 2\pi r dr$.

ALCUNE COSTANTI FISICHE

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

COSTANTE	SIMBOLO	VALORE	UNITÀ
Velocità della luce nel vuoto	c	3.00×10^8	m s^{-1}
Carica elementare	e	1.602×10^{-19}	C
Massa dell'elettrone	m_e	9.11×10^{-31}	kg
		5.11×10^2	$\text{keV } c^{-2}$
Costante dielettrica del vuoto	ε_0	8.85×10^{-12}	F m^{-1}
Permeabilità magnetica del vuoto	μ_0	1.257×10^{-6}	H m^{-1}
Massa del protone	m_p	1.673×10^{-27}	kg
		9.38×10^2	$\text{MeV } c^{-2}$
Costante di Planck	h	6.63×10^{-34}	J s
Costante universale dei gas	R	8.31	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Numero di Avogadro	N	6.02×10^{23}	mol^{-1}
Costante di Boltzmann	k	1.381×10^{-23}	J K^{-1}
Costante di Faraday	F	9.65×10^4	C mol^{-1}
Costante di Stefan-Boltzmann	σ	5.67×10^{-8}	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Costante gravitazionale	G	6.67×10^{-11}	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Accelerazione media di gravità	g	9.81	m s^{-2}
Pressione atmosferica standard	p_0	1.013×10^5	Pa
Temperatura standard (0°C)	T_0	273	K
Volume molare di un gas perfetto in condizioni standard (p_0, T_0)	V_m	2.24×10^{-2}	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Calore specifico dell'acqua	c_a	4.19×10^3	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

Materiale prodotto dal gruppo



PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico “U. Morin”

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: olifis@libero.it