

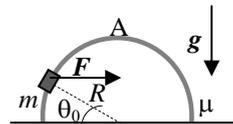
Nome e cognome:

Matricola:

Istruzioni: riportate i risultati, sia letterali che numerici, se richiesti, in questo foglio; allegare “brutte copie” o altri documenti che ritenete utili. Le risposte non adeguatamente giustificate non saranno prese in considerazione

PARTE 1

1. Un manicotto (puntiforme!) di massa $m = 2.0$ kg è vincolato a scorrere lungo una guida rigida e fissa (un tondino) che ha la forma di una semicirconferenza di raggio $R = 1.0$ m disposta su un piano verticale, come indicato in figura. Sul manicotto agisce una forza esterna orizzontale di modulo $F = 40$ N. La guida esercita un **attrito** statico sul manicotto con coefficiente di attrito $\mu = 0.80$; in queste condizioni si osserva che la posizione rappresentata in figura (l'angolo **misurato rispetto all'orizzontale** vale $\theta_0 = \pi/6$) è di **equilibrio**. [Usate $g = 9.8$ m/s² per il modulo dell'accelerazione di gravità; ricordate che $\sin(\pi/6) = 1/2$ e $\cos(\pi/6) = \sqrt{3}/2$ con $\sqrt{3} \sim 1.73$. State bene attenti a notare che l'angolo, in questo esercizio, è misurato rispetto all'orizzontale!]



- a) Quanto vale il modulo della forza di attrito F_A che la guida esercita sul manicotto?

$F_A = \dots \sim \dots$ N

- b) Supponete ora che all'istante $t_0 = 0$ l'attrito improvvisamente si annulli (cioè μ diventi magicamente nullo): in queste nuove condizioni il manicotto, che inizialmente era fermo nella posizione di equilibrio, si mette in movimento e comincia a “risalire” lungo la guida. Quanto vale la sua velocità v' nell'istante in cui esso raggiunge la sommità della guida, ovvero la posizione indicata con “A” in figura? [Naturalmente durante questo processo la forza F si mantiene costante e uniforme]

$v' = \dots \sim \dots$ m/s

- c) Quanto vale, in modulo, la reazione vincolare N' che la guida esercita sul manicotto nell'istante in cui questo raggiunge la sommità della guida?

$N' = \dots \sim \dots$ N

PARTE 2

2. In un esperimento di fisica atomica vengono creati due ioni identici (hanno entrambi la stessa massa $m = 1.6 \times 10^{-26}$ kg e carica elettrica $q = 1.6 \times 10^{-19}$ C), denominati “1” e “2”, che inizialmente si trovano a grandissima distanza l'uno dall'altro (praticamente “infinita”) e hanno velocità dirette lungo l'asse X di un riferimento, chiamate v_{01} e v_{02} . Queste velocità hanno **lo stesso segno** e sono scelte in modo tale che lo ione 1 tende a “tamponare” lo ione 2: infatti è $v_{01} = 2v_{02}$, con $v_{01} = 2.0 \times 10^3$ m/s. Nel **sistema** considerato **tutte** le forze diverse da quella di interazione elettrostatica possono essere considerate **trascurabili**. Si osserva che lo ione 1 si avvicina allo ione 2 fino a che la distanza tra di loro raggiunge un valore minimo d_{MIN} . [Ricordate che la forza elettrostatica tra cariche puntiformi q si esprime come $F_E = \hat{e} \kappa_E q^2 / r^2$, essendo $\kappa_E = 9.0 \times 10^9$ N m²/C², r la distanza tra le due cariche e \hat{e} il versore della congiungente tra le due cariche. Notate che il problema è unidimensionale]

- a) Quanto valgono le velocità v_1 e v_2 dei due ioni nell'istante in cui essi si trovano alla distanza d_{MIN} ? [Spiegate per bene, in brutta, come giungete alla soluzione]

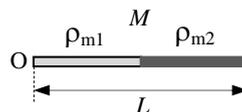
$v_1 = \dots = \dots$ m/s

$v_2 = \dots = \dots$ m/s

- b) Quanto vale d_{MIN} ?

$d_{MIN} = \dots = \dots$ μm

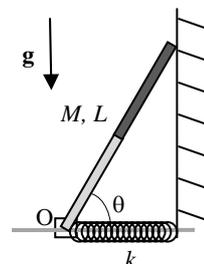
3. Un'asta molto sottile, di lunghezza e massa complessive $L = 2.4$ m e $M = 3.0$ kg, è costruita unendo insieme (“testa a testa”) due aste della stessa sezione e lunghezza, fatte con materiali che hanno densità di massa diverse. Facendo riferimento alla figura per la numerazione, la parte “1” ha densità di massa ρ_{m1} che è la metà della densità ρ_{m2} della parte “2”. [Si intende che ognuno dei due pezzi in cui l'asta è suddivisibile sono individualmente omogenei]



- a) A quale distanza L_{CM} , misurata rispetto all'estremo indicato con O in figura, si trova il centro di massa dell'asta? [Spiegate per bene, in brutta, come procedete per arrivare alla risposta!]

$L_{CM} = \dots = \dots$ m

- b) Immaginate ora che l'asta di cui sopra sia montata come in figura. In pratica, un estremo dell'asta è appoggiato (a contatto!) con una parete verticale fissa e rigida **prima di attrito**, mentre l'altro estremo, quello che prima avevamo identificato con O, è impernato su un manicotto di massa e dimensioni trascurabili che può scorrere, con **attrito trascurabile**, lungo una guida (un tondino) disposta in direzione orizzontale. Al manicotto è collegata una molla, di massa e **lunghezza di riposo** trascurabili e costante elastica k (**incognita**); la molla ha il suo asse in direzione orizzontale,



essendo vincolata, all'altro suo estremo, alla base della parete verticale. Si osserva che l'asta si trova in **equilibrio** quando l'angolo fra il suo asse e l'orizzontale vale $\theta = \pi/3$. Quanto vale la costante elastica k della molla? [Usate $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ per il modulo dell'accelerazione di gravità; ricordate che $\cos(\pi/3) = 1/2$ e $\sin(\pi/3) = \sqrt{3}/2$ con $\sqrt{3} \sim 1.73$]
 $k = \dots\dots\dots \sim \dots\dots \text{ N/m}$

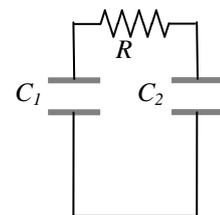
----- PARTE 3

4. Avete a disposizione due condensatori. Il primo, che chiameremo condensatore 1, è realizzato disponendo due lastre sottili conduttrici di area $S = 10 \text{ cm}^2$ parallelamente fra loro, a distanza $d = 0.10 \text{ mm}$ (lo spazio tra le armature è vuoto). Il secondo, che chiameremo condensatore 2, è fatto da due gusci sferici conduttori sottili di raggio rispettivamente pari a $a = 10 \text{ cm}$ e $b = 20 \text{ cm}$ (lo spazio fra le armature è vuoto). [Usate $\epsilon_0 = 8.8 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ per la costante dielettrica del vuoto]

a) Quanto valgono le capacità C_1 e C_2 dei due condensatori? [Cercate di dare un minimo di spiegazione sul procedimento che conduce alla risposta, che potreste anche ricordare a memoria. Per questa risposta è altamente gradita, se non **obbligatoria**, l'espressione numerica, così vediamo come ve la cavate con le unità di misura...]

$C_1 = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ pF}$
 $C_2 = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ pF}$

b) Immaginate ora che inizialmente il condensatore 1 venga collegato a un generatore ideale di differenza di potenziale $V_0 = 1.0 \text{ kV}$ fino a raggiungere condizioni stazionarie (di equilibrio). Il condensatore 2, invece, non viene collegato a un bel niente e dunque rimane scarico (globalmente neutro). Quindi il generatore viene rimosso e i **due** condensatori vengono collegati attraverso un resistore di resistenza $R = 50 \text{ kohm}$ come rappresentato schematicamente in figura. Dopo aver atteso tanto, tanto tempo (quello necessario a raggiungere nuove condizioni stazionarie), quanto varrà la carica Q_2' accumulata sul condensatore 2?



$Q_2' = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ C}$

c) Quanto vale il "tempo caratteristico" τ del processo che stiamo considerando?

$\tau = \dots\dots\dots = \dots\dots \mu\text{s}$

d) Quanto vale l'energia E che viene "dissipata" per effetto Joule dal resistore nel corso dell'intero processo? [Per "intero processo" si intende quello che ha inizio nell'istante in cui il condensatore 1, inizialmente carico, viene collegato tramite il resistore al condensatore 2, inizialmente scarico, secondo lo schema di figura e che termina quando vengono raggiunte le nuove condizioni stazionarie, cioè dopo tantissimo tempo]

$E = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ J}$

----- TERMODINAMICA (OPZIONALE)

4. Un campione di $n = 9.8 \times 10^{-3}$ moli di gas perfetto monoatomico si trova all'interno di un recipiente cilindrico che ha area di base $S = 0.98 \text{ cm}^2$ ed è dotato di pareti indeformabili che formano un'intercapedine riempita con una grande quantità di acqua e ghiaccio fondente. In particolare, la parete "interna" è perfettamente trasparente al calore, mentre quella esterna è praticamente impermeabile al calore: in questo modo si ottiene che il gas è a contatto termico con il ghiaccio fondente e lo scambio di calore con il "mondo esterno" può essere considerato trascurabile. Nel recipiente può scorrere, in direzione verticale (la direzione dell'asse del cilindro) e con attrito trascurabile, un tappo di massa m (incognita) che suddivide il volume del recipiente in due regioni: in quella "di sotto" si trova il gas, mentre in quella "di sopra" è fatto il vuoto pneumatico. Inizialmente la regione occupata dal gas ha altezza $h_0 = 10 \text{ cm}$ e le condizioni sono di **equilibrio**. [Usate $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ per il modulo dell'accelerazione di gravità e $R = 8.3 \text{ J/(K mole)}$ per la costante dei gas perfetti]

a) Quanto deve valere la massa m del tappo?

$m = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ kg}$

b) Supponete ora che, all'interno del gas, avvenga a un certo istante una qualche reazione chimica che comporta un'esplosione in cui viene liberata una certa quantità di calore Q_{ESPL} (incognita). Dopo un certo tempo, necessario perché il gas raggiunga una nuova condizione di equilibrio, si osserva che una quantità $\Delta M = 20 \text{ g}$ di ghiaccio si è fusa all'interno dell'intercapedine. Quanto vale la nuova altezza h' della regione occupata dal gas dopo che il sistema ha nuovamente raggiunto l'equilibrio? Quanto vale il calore Q_{ESPL} ? [Supponete che l'esplosione **non** modifichi il numero di moli del gas; usate il valore $\lambda_F = 3.0 \times 10^5 \text{ J/kg}$ per il calore latente di fusione del ghiaccio e considerate che la massa iniziale di ghiaccio fondente è molto maggiore di ΔM ; state attenti ai trabocchetti e discutete per benino in brutta!]

$h' = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ m}$

$Q_{ESPL} = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ J}$

c) Quanto vale la variazione di entropia ΔS dell'intero sistema (gas + acqua e ghiaccio fondente) nel processo sopra considerato?

$\Delta S = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ J/K}$

Nota: acconsento che l'esito della prova venga pubblicato sul sito web del docente, <http://www.df.unipi.it/~fuso/dida>, impiegando come nominativo le ultime quattro cifre del numero di matricola, oppure il codice: | | | | (4 caratteri alfanumerici).
 Pisa, 19/7/2012

Firma: