

# Compito di Fisica

## 02/10/2018

### Istruzioni:

- scrivere sul foglio in modo chiaro nome, cognome, fila e anno di corso
- numerare le pagine
- si può usare una calcolatrice scientifica come unico strumento per fare i calcoli
- non si possono tenere formulari
- le ★ rappresentano i punti massimi acquisibili per ogni domanda di un esercizio (totale: 42 punti)
- fare particolare attenzione alle unità di misura e alla distinzione tra vettori e scalari (-0.5 punti ad errore)
- cercare di commentare lo svolgimento dell'esercizio e dimostrare di saper analizzare i risultati dei calcoli, soprattutto se ritenuti non corretti, in maniera critica
- evitare di scrivere elenchi di formule che non sono direttamente connesse con i passaggi usati per lo svolgimento
- scrivere il testo in Italiano o in Inglese
- fare attenzione al corretto numero di cifre significative nel presentare i risultati (si consiglia, facendo i conti, di arrotondare solo il risultato finale)

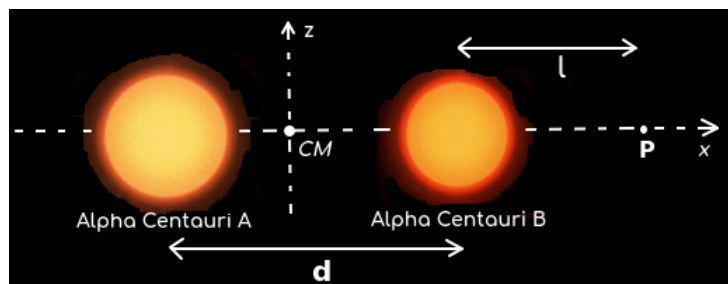


Figura 1

### Esercizio 1

Il sistema stellare più vicino al Sole (distanza di  $\approx 4.3$  anni luce) è composto da 3 stelle e si chiama Alpha Centauri. La più piccola è una nana rossa e si chiama Proxima Centauri (è la stella più vicina). Concentrandoci ora invece sulle due stelle principali del sistema, Alpha Centauri A e Alpha Centauri B (figura 1, distanze non in scala): esse sono molto simili a Sole e ruotano attorno al comune centro di massa. I loro centri sono distanti  $d = 25.00$  AU e il periodo di rotazione  $T_1$  è di 80.00 anni.

- a) (★) Mettendo l'origine del sistema di riferimento nel centro di Alpha Centauri A, trovare la posizione del centro di massa  $CM$  e le sue distanze ( $d_A$  e  $d_B$ ) dai centri delle due stelle.
- b) (★) Si trovi il modulo, direzione e verso del campo gravitazionale  $\vec{g}_c$  generato complessivamente dalle due stelle nel punto  $P$ . Il punto  $P$  si trova lungo la retta congiunte i centri delle due stelle e distante  $l = 1.000$  AU dal centro di Alpha Centauri B.
- c) (★★★) Assumendo l'orbita come circolare (è in realtà ellittica) e approssimando le stelle come sfere perfette e omogenee, trovare il momento d'inerzia  $I_1$  del sistema delle due stelle rispetto all'asse  $z$  passante per il  $CM$  e perpendicolare alla congiungente dei due centri.
- d) (★★) Alla fine del suo ciclo vitale, Alpha Centauri A si trasformerà in una gigante rossa, aumentando di 200 volte il suo raggio. Assumendo che non ci sia perdita di massa durante la trasformazione, trovare il nuovo momento d'inerzia  $I_2$  del sistema rispetto all'asse  $z$  e il nuovo periodo di rotazione  $T_2$ .

Esprimere i risultati numerici finali in unità SI e con 4 cifre significative. Per semplicità, i tempi possono anche essere espressi in anni. I dati sulle due stelle si trovano in fondo al testo.

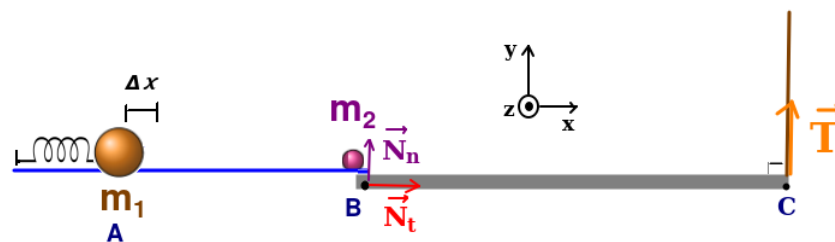


Figura 2

## Esercizio 2

Con riferimento alla figura 2, un corpo di massa  $m_1 = 10.0$  kg parte da fermo nel punto A a contatto con una molla (con costante elastica  $k = 1.000 \cdot 10^3$  N/m) compressa della quantità  $\Delta x = 50.0$  cm per poi percorrere un tratto orizzontale e senza attrito fino a B. Arrivato in B urta con una massa  $m_2 = 5.00$  kg con un urto istantaneo perfettamente anelastico.

- a) (★) Trovare il modulo della velocità  $v_1$  del corpo 1 nel punto B immediatamente prima dell'urto.
- b) (★) La velocità  $V$  del nuovo corpo formato da  $m_1$  e  $m_2$  immediatamente dopo l'urto.
- Il nuovo corpo formato dalle due masse, a partire da B si muove lungo una piattaforma BC lunga  $l = 2.00$  m e con coefficiente di attrito dinamico  $\mu_d = 0.450$ .
- c) (★★) Dopo aver disegnato il diagramma di corpo libero per il corpo sulla piattaforma, trovare la distanza  $d$  da B del punto D in cui il corpo si ferma.

La piattaforma può ruotare attraverso un perno in B ed è tenuta orizzontale da una corda verticale attaccata nell'altro estremo C, formando con essa un angolo di  $90^\circ$ .

- d) (★ ★ ★) Dopo aver applicato forza peso agente sulla piattaforma (omogenea e di massa  $M = 60.0$  kg) e la forza peso agente sulla massa del corpo nel punto di arresto, studiare la statica del corpo rigido costituito dalla piattaforma, trovando i moduli delle forze vincolari  $\vec{N}_r$  e  $\vec{N}_n$  e quello della tensione della corda  $\vec{T}$ . Scrivere le espressioni vettoriali dei momenti delle forze in gioco rispetto al polo B.

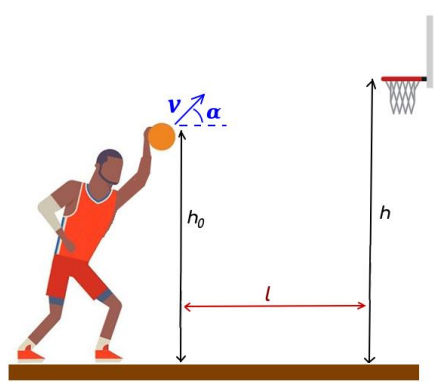


Figura 3

### Esercizio 3

Un giocatore di basket (figura 3) riesce a fare un canestro lanciando la palla con velocità  $\vec{v}$  di modulo  $v = 13.6$  m/s e che forma con l'orizzontale un angolo  $\alpha = 80^\circ$ . La palla viene lanciata da un'altezza  $h_0 = 2.00$  m, mentre il canestro è ad una altezza  $h = 3.00$  m. Sapendo che la palla entra nel canestro in fase di discesa:

- a) (★ ★ ★ ★ ★) Trovare la distanza orizzontale  $l$  della palla dal canestro.  
 b) (★★) Trovare la quota massima raggiunta dalla palla durante la traiettoria.

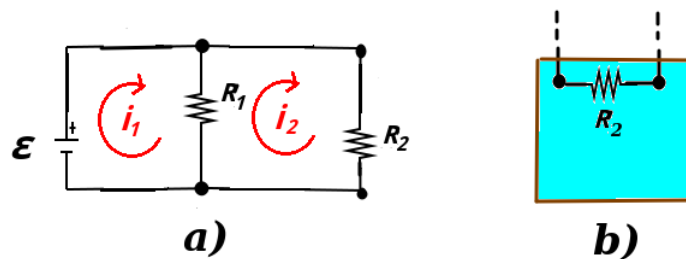


Figura 4

### Esercizio 4

Nel circuito in figura 4-a),  $\epsilon = 200$  V,  $R_1 = 1.00$  k $\Omega$  e  $R_2 = 100$   $\Omega$ .

a) (★ ★ ★) Trovare le correnti di maglia  $i_1$  e  $i_2$ .

b) (★) Trovare le correnti totali  $I_1$  e  $I_2$  che scorrono rispettivamente sulle resistenze  $R_1$  e  $R_2$ .

Mantenendo inalterato il circuito, la resistenza  $R_2$  viene immersa dentro un thermos contenente 2.00 litri di acqua distillata alla temperatura di  $25.0^\circ\text{C}$  (figura 4-b). Tutta la potenza termica dissipata per effetto Joule sulla resistenza  $R_2$  per via dello scorrere della corrente  $I_2$  si trasforma in calore scambiato con l'acqua.

c) (★ ★ ★) Quando tempo  $t$  deve passare perchè l'acqua dentro il thermos raggiunga i  $30.0^\circ\text{C}$ ?

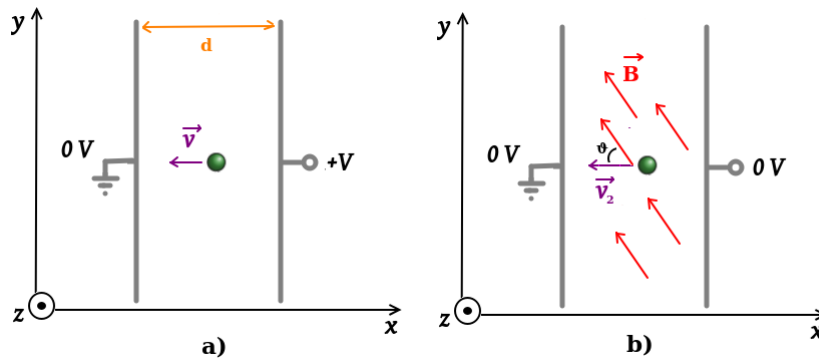


Figura 5

### Esercizio 5

Con riferimento alla figura 5-a), una particella di massa  $m = 1.00 \cdot 10^{-20}$  kg e carica  $q = 1.00 \cdot 10^{-17}$  C è posta tra due armature parallele considerabili infinite, distanti  $d = 1.00$  m e portate ad una differenza di potenziale  $\Delta V$  1.00 kV. La particella ha velocità  $\vec{v} = -3.00\hat{i}$  m/s.

- (★) Trovare l'espressione vettoriale del campo elettrico uniforme  $\vec{E}$  presente tra le due armature.
- (★) Trovare l'espressione vettoriale della forza di Coulomb  $\vec{F}_e$  agente sulla particella.
- (★) Trovare l'espressione vettoriale dell'accelerazione  $\vec{a}$  agente sulla particella.
- (★) Trovare la nuova velocità  $\vec{v}_2$  dopo un intervallo di tempo  $t = 1.00\mu\text{s}$ .

Passato il tempo  $t$ , le due armature vengono portate istantaneamente ad una differenza di potenziale nulla e viene acceso un campo magnetico uniforme in tutta la regione di modulo  $B = 1.00 \cdot 10^{-3}$  T. Il vettore  $\vec{B}$  giace sul piano xy e forma con la velocità  $\vec{v}_2$  un angolo  $\theta = 60^\circ$  (figura 5-b)).

- (★) Trovare l'espressione vettoriale della forza di Lorentz  $\vec{F}_L$  agente sulla particella.
- (★★) Trovare il valore del raggio di curvatura  $R_c$  della traiettoria che sarà indotta dalla presenza di  $\vec{B}$ .

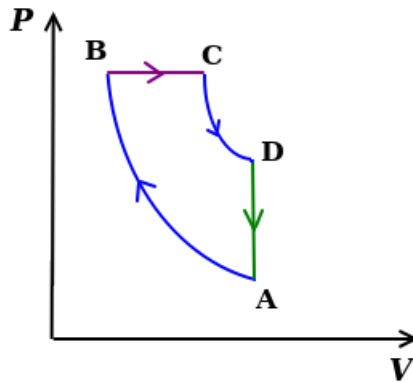


Figura 6

### Esercizio 6

Una macchina termica reversibile lavora tramite il ciclo Diesel ideale in figura 6. Le trasformazioni sono:

$A \rightarrow B$  adiabatica

$B \rightarrow C$  espansione isobara

$C \rightarrow D$  adiabatica

$D \rightarrow A$  isocora

Il gas usato, considerato come gas perfetto, è costituito da 30.0 moli di He. Si conosce la pressione  $P_A = 1.00$  bar e i volumi  $V_A = 0.700$  m<sup>3</sup>,  $V_B = 0.300$  m<sup>3</sup> e  $V_C = 0.500$  m<sup>3</sup>.

- a) (★★) Calcolare le pressioni incognite degli stadi  $B$ ,  $C$  e  $D$ .
- b) (★★) Le temperature di tutti e 4 gli stadi.
- c) (★) Calcolare il calore scambiato durante tutte e quattro le trasformazioni esprimendolo in kJ.
- d) (★★) Calcolare il rendimento e confrontarlo con quello della macchina di Carnot corrispondente.

## Relazioni utili

### Meccanica e Termodinamica

- *unità astronomica (distanza media Terra-Sole)*  
 $1 \text{ AU} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ m}$
- *accelerazione di gravità media sulla superficie terrestre*  
 $g = 9.807 \text{ m/s}^2$
- *costante di gravitazione universale*  
 $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
- *Massa del Sole*  
 $M_{\odot} = 1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
- *Raggio del Sole*  
 $R_{\odot} = 6.957 \cdot 10^8 \text{ m}$
- *Massa di Alpha Centauri A*  
 $M_A = 1.14 M_{\odot}$
- *Raggio di Alpha Centauri A*  
 $R_A = 1.20 R_{\odot}$
- *Massa di Alpha Centauri B*  
 $M_B = 0.92 M_{\odot}$
- *Raggio di Alpha Centauri B*  
 $R_B = 0.86 R_{\odot}$

Momenti d'inerzia di corpi rigidi rispetto all'asse passante per il centro di massa:

- Sfera =  $\frac{2}{5}mr^2$
- Cilindro =  $\frac{1}{2}mr^2$

dove  $r$  è il raggio per la sfera e il raggio della base nel caso del cilindro. Nel caso del cilindro l'asse è perpendicolare alle basi.

- densità Piombo:  $\rho_{pb} = 1.13 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$
- densità Olio:  $\rho_o = 0.920 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- densità Aria:  $\rho_a = 1.22 \text{ kg/m}^3$
- calore specifico dell'acqua  $c_a = 4.186 \text{ kJ/(kg}^\circ\text{K)}$
- calore specifico ghiaccio  $c_g = 2.093 \text{ kJ/(kg}^\circ\text{K)}$
- calore latente di fusione ghiaccio  $\mathcal{L}_f = 333 \text{ kJ/kg}$

- calore latente di evaporazione dell'acqua  $\mathcal{L}_e = 2.272 \cdot 10^6$  J/kg
- 1 cal = 4.186 J
- Pressione Atmosferica  $P_0 = 1.000$  atm = 1.013 bar =  $1.013 \cdot 10^5$  Pa.

- $R = 8.31$  Jmol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>
- $\int_a^b \frac{dx}{x} = \ln\left(\frac{x_b}{x_a}\right)$

Trasformazioni Adiabatiche:

- $PV^\gamma = \text{costante}$
- $\frac{T^\gamma}{P^{\gamma-1}} = \text{costante}$
- $TV^{\gamma-1} = \text{costante}$

gas perfetto	$n_l$	$C_V/R$	$C_P/R$	$\gamma = C_P/C_V$
monoatomico	3	3/2	5/2	5/3
biatomico	5	5/2	7/2	7/5
poliatomico	6	3	4	4/3

### Elettromagnetismo e Ottica

- permittività elettrica del vuoto:  $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12}$  C<sup>2</sup>N<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>
- costante di Coulomb:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.988 \cdot 10^9$  Nm<sup>2</sup>C<sup>-2</sup>
- permeabilità magnetica del vuoto:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  TmA<sup>-1</sup>
- massa dell'elettrone:  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg
- massa del protone:  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$  kg
- carica del protone:  $e = 1.60 \cdot 10^{-19}$  C

Campo Elettrico dovuto a Potenziale che varia lungo una sola direzione  $\hat{i}$ :

- $\vec{E} = -\frac{dV}{dx}\hat{i}$