

FISICA per ELETTRONICA e TELECOMUNICAZIONI - A.A. 2012/13
PROVA SCRITTA del 4 febbraio 2014

COGNOME _____ **NOME** _____

NOTA: questo foglio deve essere restituito **NOTA: è obbligatorio giustificare brevemente ma in modo esauriente e comprensibile le risposte**

Esercizio 1 Un treno è composto da un locomotore di massa $M = 80 \text{ tonn}$ e da 4 vagoni uguali, ognuno dei quali ha una massa $m = 25 \text{ tonn}$. Il treno sta affrontando una salita rettilinea con pendenza del 2% e le ruote del treno, grazie all'attrito statico, rotolano senza strisciare.

- 1.1** Calcolare la tensione del gancio fra locomotore e resto del treno e la potenza sviluppata dal locomotore, nel caso in cui il treno viaggi a velocità di modulo costante $V = 20 \text{ m/s}$.
- 1.2** Calcolare la forza di attrito statico fra ruote del locomotore e binario nell'ipotesi della domanda precedente e calcolare un limite sul coefficiente di attrito statico fra locomotore e binario.
- 1.3** Nel caso – invece - in cui il treno viaggi con accelerazione di modulo costante $a = 0.3 \text{ m/s}^2$, calcolare la tensione del gancio fra locomotore e resto del treno, la forza di attrito statico fra ruote del locomotore e binario ed il il nuovo limite sul coefficiente di attrito statico.
- 1.4** Calcolare la potenza sviluppata dal locomotore quando il treno viaggia con accelerazione di modulo costante $a = 0.3 \text{ m/s}^2$ e con velocità $V = 20 \text{ m/s}$.

Esercizio 2 Un filo rettilineo, elettricamente neutro, coincidente con l'asse z di un sistema di coordinate polari, è percorso da una corrente I costante nel verso concorde all'asse z . Sulla superficie cilindrica $r = a$ è disposta in modo uniforme una carica superficiale σ positiva che si muove con velocità V nel verso delle z negative. Si osserva che il campo magnetico è nullo per $r > a$.

- 2.1** Calcolare σ in funzione degli altri parametri e le tre componenti del campo magnetico per $r < a$.
- 2.2** Disegnare nel piano perpendicolare a z una linea chiusa orientata che passi per il

punto $A = (r=2a, \phi=0, z=0)$ per cui si abbia
$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = -\mu_0 \frac{I}{2}.$$

- 2.3** Calcolare le tre componenti del campo elettrico in ogni regione dello spazio.
- 2.4** Un elettrone si trova nel punto A con velocità puramente tangenziale. Utilizzando due leggi di conservazione appropriate, calcolare il modulo della sua velocità iniziale in modo che l'elettrone colpisca la superficie carica in $r = a$ on velocità puramente tangenziale.

FISICA per ELETTRONICA e TELECOMUNICAZIONI - A.A. 2012/13
PROVA SCRITTA del 4 febbraio 2014
TRACCIA delle SOLUZIONI

Esercizio 1

1.1 La tensione del gancio deve equilibrare la componente lungo la salita della forza di gravità sui 4 vagoni: $|\vec{T}| = 4mg \sin \alpha = 19.6kN$, dove $\alpha = 2\%$ è la pendenza della rampa. La potenza totale sul treno è nulla (l'energia cinetica è costante) e quindi la potenza sviluppata dal locomotore è opposta alla potenza sviluppata dalla forza di gravità su tutto il treno: $P_{motore} = -P_{gravità} = V(4m + M)g \sin \alpha = 706kW$.

1.2 La forza di attrito statico fra ruote del locomotore e binario deve equilibrare la tensione del gancio e la componente lungo la salita della forza di gravità sul locomotore, per cui $|\vec{F}_s| = |\vec{T}| + Mg \sin \alpha = 4mg \sin \alpha + Mg \sin \alpha = 35.3kN$. Il coefficiente di

attrito statico deve avere un valore $\mu_s \geq \frac{|\vec{F}_s|}{Mg \cos \alpha} = \left(1 + \frac{4m}{M}\right) \tan \alpha = 0.045$.

1.3 Per calcolare la tensione del gancio scriviamo la legge del moto di Newton lungo la rampa, utilizzando come sistema i 4 vagoni: $|\vec{T}| - 4mg \sin \alpha = ma$, da cui

$|\vec{T}| = 4m(a + g \sin \alpha) = 49.6kN$. Per calcolare la forza di attrito, scriviamo la legge del moto di Newton lungo la rampa, utilizzando come sistema tutto il treno:

$|\vec{F}_s| - (4m + M)g \sin \alpha = (4m + M)a$, da cui $|\vec{F}_s| = (4m + M)(a + g \sin \alpha) = 89.3kN$.

Il coefficiente di attrito statico deve avere un valore

$$\mu_s \geq \frac{|\vec{F}_s|}{Mg \cos \alpha} = \left(1 + \frac{4m}{M}\right) \left(\frac{a}{g \cos \alpha} + \tan \alpha\right) = 0.114.$$

1.4. La potenza totale sul treno è pari alla variazione di energia cinetica nel tempo:

$$P_{motore} + P_{gravità} = P_{motore} - V(4m + M)g \sin \alpha = \frac{dK}{dt} = V(4m + M)a, \text{ da cui}$$

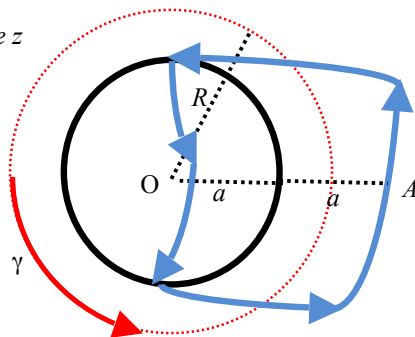
$$P_{motore} = V(4m + M)(a + g \sin \alpha) = 1.79MW.$$

Esercizio 2

2.1 Applicando la legge di Ampère alla linea indicata in rosso tratteggiato figura 1 si

$$\text{ottiene } \oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_o (I - 2\pi a \sigma V) = 0 \quad \text{da cui } \sigma = \frac{I}{2\pi a V}.$$

figura 1 (vista con asse z uscente dal foglio)



2.2 Esistono infinite linee che verificano le condizioni richieste. Una linea possibile è indicata in blu nella figura 1: essa include solo metà della corrente che scorre sulla superficie (in verso negativo) e quindi verifica le condizioni richieste. La linea non deve racchiudere l'asse z, su cui scorre una corrente $+I$ che farebbe variare il valore dell'integrale.

2.3 L'unica componente diversa da zero è la componente radiale:

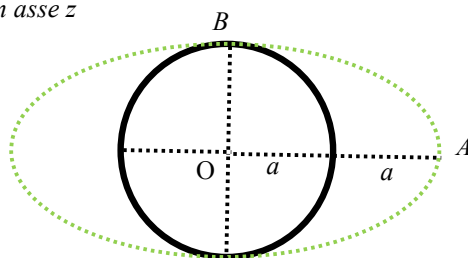
$$E_r = \begin{cases} 0 & \text{se } r < a \\ \frac{a\sigma}{\epsilon_0 r} & \text{se } r > a \end{cases} = \begin{cases} 0 & \text{se } r < a \\ \frac{I}{2\pi V \epsilon_0 r} & \text{se } r > a \end{cases}$$

2.4 La traiettoria dell'elettrone è indicata in verde tratteggiato in figura 2.

Utilizziamo la legge di conservazione dell'energia e del momento angolare fra i punti A e B. Il potenziale elettrico vale, ponendo $V(0)=0$,

$$V(r) = \begin{cases} 0 & \text{se } r < a \\ \frac{I}{2\pi V \epsilon_0} \ln \frac{a}{r} & \text{se } r > a \end{cases}$$

figura 2 (vista con asse z uscente dal foglio)



e quindi
$$\begin{cases} 2am_e V_A = am_e V_B \\ -eV(2a) + \frac{1}{2} m_e V_A^2 = -eV(a) + \frac{1}{2} m_e V_B^2 \end{cases} \text{ da cui}$$

$$\begin{cases} V_B = 2V_A \\ V_A = \sqrt{\frac{eI \ln 2}{3\pi V m_e \epsilon_0}} \end{cases}$$