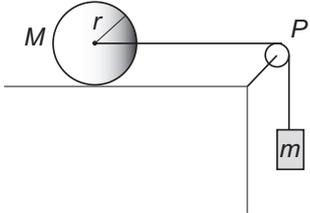


FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE  
Corso di laurea in Ingegneria ClinicaAnno Accademico 2019-2020  
Prova scritta dell'esame di Fisica I - 2 luglio 2020

*Risolvete, prima analiticamente poi numericamente, gli esercizi seguenti.*

1. Due punti materiali si muovono lungo due traiettorie rettilinee complanari mutualmente perpendicolari con velocità  $v_1$  e  $v_2$ , entrambe costanti. All'istante  $t = 0$  i due punti si stanno dirigendo verso il punto di intersezione delle due traiettorie e la loro distanza da tale punto è  $d_1$  e  $d_2$ , rispettivamente. Si determini in quale istante sarà minima la distanza tra i due punti.
2. Un cilindro omogeneo di massa  $M$  e raggio  $r$  è appoggiato su un piano orizzontale. L'asse del cilindro è collegato tramite un filo inestensibile e privo di massa, a una massa  $m$  che può muoversi verticalmente. Il filo scorre senza attrito attorno a una puleggia  $P$  priva di massa e libera di ruotare attorno al proprio asse. Supponendo il sistema inizialmente in quiete, si determini il minimo valore del coefficiente di attrito tra piano e cilindro affinché quest'ultimo si muova di moto di puro rotolamento.
3. Una certa quantità di gas perfetto monoatomico subisce una compressione che riduce di 4 volte il volume. Partendo dal medesimo stato iniziale, una prima volta la compressione viene eseguita isotermicamente, mentre una seconda volta viene eseguita adiabaticamente. Si determini il rapporto dei lavori eseguiti.
4. Una macchina frigorifera reversibile lavora scambiando calore con una sorgente termica a temperatura  $T = 290$  K e con una massa d'aria di volume  $V = 0.1$  m<sup>3</sup> avente una temperatura iniziale  $T_I = 300$  K. La massa d'aria viene costantemente tenuta a pressione costante  $p = 10^5$  Pa. Dieci minuti di funzionamento della macchina permettono alla massa d'aria di raggiungere una temperatura  $T_F = 320$  K. Si determini la potenza assorbita dalla macchina considerando l'aria un gas perfetto biatomico.

SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA I DEL 02/07/2020  
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CLINICA

**Esercizio N. 1**

Con riferimento alla figura a lato, le leggi orarie del moto dei due punti sono:

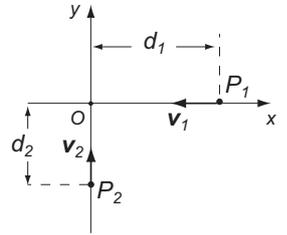
$$x_1(t) = d_1 - v_1 t \quad \text{e} \quad y_2(t) = -d_2 + v_2 t.$$

Se  $\ell$  è la distanza tra i due punti, allora:

$$\ell^2(t) = x_1^2 + y_2^2 = d_1^2 + v_1^2 t^2 - 2v_1 d_1 t + d_2^2 + v_2^2 t^2 - 2v_2 d_2 t.$$

Nell'istante  $\bar{t}$  in cui è minima  $\ell$ , è minima anche  $\ell^2$ ; quindi:

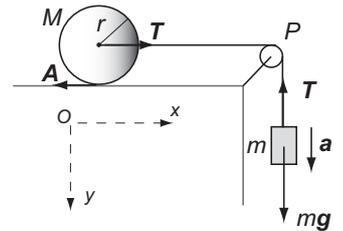
$$\left( \frac{d\ell^2}{dt} \right)_{t=\bar{t}} = 0 \quad \Rightarrow \quad 2v_1^2 \bar{t} - 2v_1 d_1 + 2v_2^2 \bar{t} - 2v_2 d_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad \bar{t} = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2}{v_1^2 + v_2^2}.$$



**Esercizio N. 2**

Se si indica con  $\mathbf{A}$  e  $\mathbf{T}$  la forza di attrito statico e la tensione del filo, la seconda equazione per la massa  $m$  e le due equazioni cardinali della dinamica dei sistemi applicate al cilindro assumono la forma:

$$\begin{cases} mg - T = ma & (1) \\ T - A = Ma & (2) \\ Ar = \frac{1}{2}Mr^2\dot{\omega} = \frac{1}{2}Mr^2\left(\frac{a}{r}\right) & (3) \end{cases}$$



dove nell'ultima equazione si è utilizzata la condizione di puro rotolamento per il cilindro:  $a = \dot{\omega}r$ . Dal sistema delle tre equazioni si ricava:

$$A = \frac{1}{2}Ma \quad \text{e} \quad a = \frac{2m}{3M + m}g.$$

Date le condizioni poste dal problema, si deve avere:

$$\mu_s Mg \geq \frac{1}{2}M \left( \frac{2m}{3M + m}g \right) \quad \Rightarrow \quad \mu_s \geq \frac{m}{3M + m}.$$

**Esercizio N. 3**

Se  $T_I$  è la temperatura alla quale viene compiuta la trasformazione isoterma e  $T_F$  la temperatura dello stato finale nella compressione adiabatica, allora:

$$L_{\text{isot.}} = nRT_I \ln \frac{V_F}{V_I} = -nRT_I \ln 4 \quad \text{e} \quad L_{\text{adiab.}} = nc_V(T_I - T_F).$$

Quindi:

$$\frac{L_{\text{adiab.}}}{L_{\text{isot.}}} = \frac{5}{2 \ln 4} \left( \frac{T_F}{T_I} - 1 \right).$$

Per la trasformazione adiabatica

$$\frac{T_F}{T_I} = \left( \frac{V_I}{V_F} \right)^{\gamma-1} = 4^{5/2} = 32.$$

In conclusione:

$$\frac{L_{\text{adiab.}}}{L_{\text{isot.}}} \simeq 55.9.$$

#### Esercizio N. 4

Il numero di moli d'aria è:

$$n = \frac{pV}{RT_I} = 4.$$

Se  $Q_1$  è il calore complessivamente assorbito dalla sorgente termica e  $Q_2$  il calore complessivamente ceduto all'aria, allora il lavoro della macchina nel tempo  $\Delta t = 600$  s di funzionamento è:

$$L = |Q_1| - |Q_2| < 0$$

dove

$$|Q_2| = nc_p(T_F - T_I) = 1.66 \times 10^3 \text{ J}.$$

Poiché la macchina opera reversibilmente:

$$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{aria}} + \Delta S_{\text{sorgente}} = 0 \quad \Rightarrow \quad nc_p \ln \frac{T_F}{T_I} + \frac{Q_1}{T} = 0$$

da cui

$$|Q_1| = nc_p T \ln \frac{T_F}{T_I} = 1.04 \times 10^3 \text{ J}.$$

La potenza assorbita dalla macchina è:

$$P = \frac{|L|}{\Delta t} \simeq 1 \text{ W}.$$