

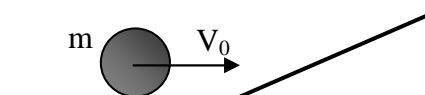
# Fisica Generale LA

Prova Scritta del 9 Settembre 2008

Prof. Nicola Semprini Cesari

1) Una sfera omogenea di massa  $M=1$  kg e raggio  $R=10$  cm rotola senza strisciare su un piano orizzontale con una velocità iniziale del suo centro di massa  $v_0=1$  m/s. Sapendo che la sfera incontra sul suo percorso un piano inclinato, determinare:

- L'energia cinetica iniziale;
- l'altezza massima a cui può arrivare sul piano inclinato;
- La velocità di rotazione della sfera quando il suo centro si è alzato rispetto al piano orizzontale di metà dell'altezza massima raggiungibile.



(Si ricorda che il momento d'inerzia di una sfera rispetto al centro di massa è  $I_o = \frac{2}{5}mR^2$ )

2) Stabilire se il campo di forze  $\vec{F} = -\alpha xy^2 z^2 \hat{i} - \alpha x^2 yz^2 \hat{j} - \alpha x^2 y^2 z \hat{k}$  è conservativo e calcolarne, eventualmente, la funzione energia potenziale; determinare inoltre le unità di misura della costante  $\alpha$ .

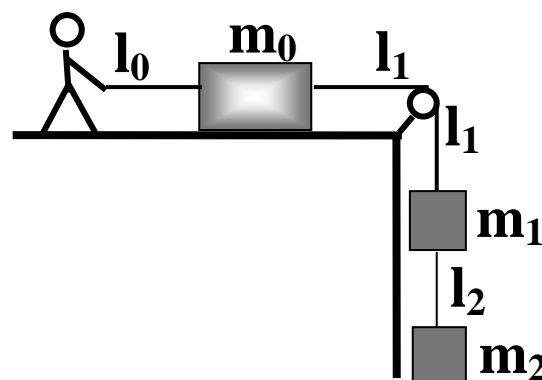
3) Un sistema è costituito da tre masse  $m_0=m_1=m_2=M$  collegate tra loro da due fili inestensibili  $l_1$  ed  $l_2$  di massa trascurabile attraverso una carrucola ideale ed anch'essa di massa trascurabile (vedi figura). Il sistema è inizialmente fermo in quanto tenuto da un ragazzo attraverso il filo  $l_0$ . Determinare:

a) le tensioni dei fili  $l_0$ ,  $l_1$  e  $l_2$ .

Ad un certo punto il ragazzo lascia il filo  $l_0$ , determinare:

b) l'accelerazione del sistema;

c) le tensioni dei fili  $l_0$ ,  $l_1$  e  $l_2$ .



4) Un punto materiale di massa  $m$  si muove su di un piano orizzontale liscio secondo le seguenti equazioni orarie:  $x(t) = At + B$ ,  $y(t) = A + Bt^2$ . Determinare:

a) l'angolo che l'accelerazione del punto forma con la direzione del moto in funzione del tempo;

b) il momento della forza rispetto all'origine del sistema al tempo  $t=0$ ;

c) il raggio di curvatura  $\rho$  al tempo  $t=0$ .

5) Enunciare il teorema di conservazione dell'energia meccanica specificando le condizioni di validità.

# Soluzioni compito A

## Esercizio 1

a) L'energia cinetica iniziale della sfera si può calcolare in due modi differenti:

1) energia cinetica rotazionale del centro di massa (cm) della sfera più l'energia cinetica traslazionale del cm

$$T = \frac{1}{2} I_o \omega_o^2 + \frac{1}{2} m v_o^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m R^2 \omega_o^2 + \frac{1}{2} m R^2 \omega_o^2 = \frac{7}{10} m R^2 \omega_o^2 = \frac{7}{10} m v_o^2 = 0.7 \text{ joule}$$

dove  $I_o$  è il momento d'inerzia rispetto al cm,  $\omega_o$  è la velocità angolare iniziale e  $v_o = \omega_o R$  in quanto la sfera rotola senza strisciare.

2) oppure come rotazione attorno al punto di contatto della sfera con il piano orizzontale senza aggiunta della sua energia cinetica traslazionale perché il punto di contatto è fermo rispetto al piano orizzontale

$$T = \frac{1}{2} I_c \omega_o^2 = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{2}{5} m R^2 + m R^2 \right) \omega_o^2 = \frac{7}{10} m R^2 \omega_o^2 = \frac{7}{10} m v_o^2$$

dove  $I_c$  è il momento d'inerzia rispetto al punto di contatto calcolato utilizzando il teorema di Huygens-Steiner.

b) Dato che le forze in gioco sono la forza peso (forza conservativa) e la reazione del vincolo (che non compie lavoro) si può applicare la conservazione dell'energia:  $E_{ini} = E_{fin}$ .

Scegliendo un sistema di riferimento con l'asse x sovrapposto al piano orizzontale e l'asse y perpendicolare ad esso, risulta:

$$E_{ini} = T_{ini} + V_{ini} = \frac{7}{10} m v_o^2 \text{ dove l'energia potenziale } V \text{ sul piano orizzontale (ad altezza 0) è nulla.}$$

$$E_{fin} = T_{fin} + V_{fin} = m g h_{max} \text{ in quanto nel punto di massima altezza la velocità della sfera è nulla.}$$

$$\text{Dalla conservazione dell'energia risulta: } \frac{7}{10} m v_o^2 = m g h_{max} \rightarrow h_{max} = \frac{7}{10} \frac{v_o^2}{g} \cong 0.07 m = 7 \text{ cm}$$

c) Utilizzando ancora la conservazione dell'energia  $E_{ini} = E_{fin}$  si ottiene:

$$E_{ini} = T_{ini} + V_{ini} = \frac{7}{10} m v_o^2 = \frac{7}{10} m R^2 \omega_o^2 \text{ valutata precedentemente e}$$

$$E_{fin} = \frac{1}{2} I_o \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2 + m g \frac{h_{max}}{2} = \frac{1}{2} \frac{2}{5} m R^2 \omega^2 + \frac{1}{2} m R^2 \omega^2 + \frac{7}{10} \frac{m R^2 \omega_o^2}{2} = \frac{7}{10} m R^2 \omega^2 + \frac{7}{20} m R^2 \omega_o^2$$

ricavata sommando l'energia cinetica rotazionale rispetto al cm, l'energia cinetica traslazionale del cm e l'energia potenziale della sfera a metà altezza ottenuta dal punto b ( $\omega$  è la velocità angolare della sfera a metà altezza). Svolgendo i calcoli si ottiene:  $\omega^2 = \frac{1}{2} \omega_o^2 \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{2}} \omega_o$

## Esercizio 2

Il rotore del campo è nullo, dunque il campo è conservativo. Calcolando il lavoro su un cammino rettilineo a tratti tra l'origine e il punto generico C(x,y,z) si ottiene l'energia potenziale

$$V = -\frac{\alpha}{2} x^2 y^2 z^2. \text{ La costante } \alpha \text{ ha le dimensioni } [M L^{-2} T^{-2}] \text{ e unità di misura } N/m^3 \text{ (o } Kg/m^2 s^2).$$

### Esercizio 3

Per risolvere il problema bisogna applicare la  $\vec{F} = m\vec{a}$  separatamente sui 3 corpi. Scegliamo un sistema di riferimento unidimensionale diretto come il moto del sistema con il verso positivo verso destra per il corpo  $m_0$  e verso il basso per i corpi  $m_1$  e  $m_2$ . Chiamiamo  $T_0$ ,  $T_1$  e  $T_2$  rispettivamente le tensioni dei fili  $l_0$ ,  $l_1$  e  $l_2$ ; omettiamo di mettere il simbolo di vettore sulle tensioni in quanto tutte dirette lungo l'asse di riferimento scelto.

a) In questo caso il sistema è fermo dunque l'accelerazione dei 3 corpi è 0. Scriviamo la  $\vec{F} = m\vec{a}$  lungo l'asse di riferimento per tutti e tre i corpi; sul corpo  $m_0$  agiscono anche la forza peso e la reazione del vincolo che omettiamo di scrivere in quanto le due forze sono perpendicolari all'asse di riferimento scelto (equilibrandosi) e non danno alcuna informazione per la soluzione del problema.

$$\begin{cases} m_0 \rightarrow T_1 - T_0 = 0 \\ m_1 \rightarrow T_2 + m_1 g - T_1 = 0 \\ m_2 \rightarrow m_2 g - T_2 = 0 \end{cases} \quad \text{da cui} \quad \begin{cases} T_0 = T_1 \\ T_1 = m_1 g + m_2 g \\ T_2 = m_2 g \end{cases}$$

b,c) Il sistema è in movimento. Si deve riscrivere la  $\vec{F} = m\vec{a}$  separatamente per i tre corpi considerando che l'accelerazione  $\vec{a}$  è la stessa per tutti i corpi (in quanto collegati tra loro da fili inestensibili) e che la tensione  $T_0$  è nulla.

$$\begin{cases} m_0 \rightarrow T_1 = m_0 a \\ m_1 \rightarrow T_2 + m_1 g - T_1 = m_1 a \\ m_2 \rightarrow m_2 g - T_2 = m_2 a \end{cases} \quad \text{da cui} \quad \begin{cases} a = \frac{(m_1 + m_2)g}{m_0 + m_1 + m_2} \\ T_1 = m_0 \cdot \frac{(m_1 + m_2)g}{m_0 + m_1 + m_2} \text{ e naturalmente } T_0 = 0 \\ T_2 = \frac{m_0 m_2 g}{m_0 + m_1 + m_2} \end{cases}$$

### Esercizio 4

$$a) \begin{cases} \dot{x}(t) = A \\ \dot{y}(t) = 2Bt \end{cases} \quad \text{e} \quad \begin{cases} \ddot{x}(t) = 0 \\ \ddot{y}(t) = 2B \end{cases} \quad \rightarrow \quad \cos \alpha = \frac{\vec{a} \cdot \vec{v}}{|\vec{a}| |\vec{v}|} = \frac{4B^2 t}{\sqrt{A^2 + 4B^2 t} \sqrt{4B^2}} = \frac{2Bt}{\sqrt{A^2 + 4B^2 t}}$$

$$b) \vec{F} = m\vec{a} \rightarrow \vec{F}(t=0) = \vec{F}_0 = m(a_x + a_y) = 2mB\hat{j} \quad \text{e} \quad \vec{r}(t=0) = \vec{r}_0 = B\hat{i} + A\hat{j} \\ \rightarrow \vec{M}(t=0) = \vec{r}_0 \wedge \vec{F}_0 = (B\hat{i} + A\hat{j}) \wedge 2mB\hat{j} = 2mB^2\hat{k}$$

$$c) r = v^2 / |\vec{a}| \quad \text{dove} \quad v^2(t=0) = v_x^2 + v_y^2 = A^2 \quad \text{ed} \quad |\vec{a}(t=0)| = 2B \quad \text{da cui} \quad r = A^2 / 2B$$