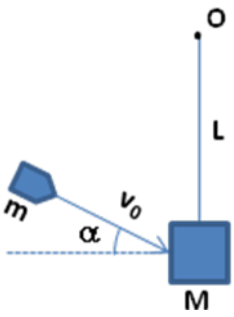
ESAME SCRITTO DI FISICA GENERALE 1 DEL 16 GIUGNO 2014
Prof. Francesco Michelotti

INGEGNERIA DELLE COMUNICAZIONI [L (DM 270/04) - ORDIN. 2010]
INGEGNERIA ELETTRONICA [L (DM 270/04) - ORDIN. 2014]
INGEGNERIA ELETTRONICA [L (DM 270/04) - ORDIN. 2010]

2° TURNO

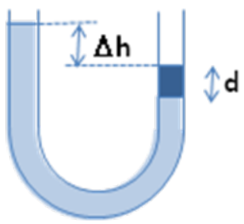
1) Si determini la profondità di un pozzo sapendo che tra l'istante in cui si lascia cadere un sasso (con velocità iniziale nulla) e quello in cui si ode il rumore, in conseguenza dell'urto del sasso con il fondo del pozzo, trascorre un tempo **T**. Si trascuri la resistenza dell'aria e si assuma la velocità del suono pari a $\mathbf{v_s}$.
[Dati: T = 4.8 s, v_s = 340 m/s]

2) Un blocchetto di massa **M** è appeso ad una fune inestensibile di massa trascurabile e di lunghezza **L**, vincolata ad un punto **O**. Il sistema è in quiete (filo verticale). Un proiettile di massa **m**, in moto con velocità di modulo $\mathbf{v_0}$ e con direzione formante un angolo $\boldsymbol{\alpha}$ con l'orizzontale, urta in modo completamente anelastico il blocchetto. Si calcolino:
(a) la velocità del sistema proiettile/blocchetto subito dopo l'urto;
(b) l'impulso fornito dalla tensione del filo all'atto dell'impatto;
(c) il minimo valore di $\mathbf{v_0}$ affinché il pendolo riesca a compiere un giro completo dopo l'urto.
[Dati: M = 500 g, m = 20 g, L = 0.5 m, α = 30°]

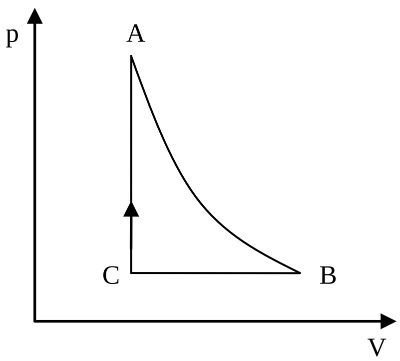


3) Una ruota, costituita di un disco massiccio di massa **M** e raggio **R**, viene posta in movimento su un piano orizzontale scabro (coefficiente di attrito statico $\boldsymbol{\mu_s}$) applicando al suo centro **C** una forza **F** orizzontale costante. Si calcoli il massimo valore della forza **F** che si può applicare affinché la ruota non slitti. Si determini l'accelerazione del centro di massa nella condizione limite. E' data l'espressione del momento d'inerzia della ruota $\mathbf{I_C}$.
[Dati: M = 10 kg, R = 15 cm, μ_s = 0.1, I_C=(1/2)MR^2]

4) Si consideri un tubo ad U, aperto da entrambi i lati, contenente acqua. Successivamente si aggiunge, da un lato del tubo, del liquido immiscibile con l'acqua, di densità incognita. Il liquido forma una colonna alta **d**. Sapendo che la differenza tra le quote delle superfici libere dei liquidi nei due rami è pari a $\boldsymbol{\Delta h}$, si determini la densità del liquido incognito.
[Dati: d = 5 cm, Δh = 3 cm]



5) **n** moli di un gas ideale biatomico compiono il ciclo indicato in figura, formato da una trasformazione adiabatica, una isobara ed una isocora reversibili. Nello stato A il gas occupa un volume $\mathbf{V_A}$ e si trova alla temperatura $\mathbf{T_A}$. Sapendo che nel corso dell'espansione adiabatica il volume quadruplica, calcolare, nel corso di un ciclo, il calore assorbito dal gas, il lavoro prodotto ed il rendimento della macchina termica che sfrutta il gas.
[Dati: n=10, V_A=$10^{-2}$$m^3$, T_A=600K]



ESAME SCRITTO DI FISICA GENERALE 1 DEL 16 GIUGNO 2014
Prof. Francesco Michelotti

2° TURNO
SOLUZIONI

1) Il moto del sasso in caduta è uniformemente accelerato. Il suono risale il pozzo di moto uniforme. Detta h la profondità del pozzo, t_1 il tempo di caduta del sasso e t_2 il tempo di risalita del suono si ha:

$$h = \frac{1}{2} g t_1^2 \qquad h = v_s t_2 \qquad \text{con} \qquad t_1 + t_2 = T$$

Dalle prime due si ottiene:

$$v_s t_2 = \frac{1}{2} g t_1^2 \qquad \text{e} \qquad t_2 = \frac{g}{2v_s} t_1^2 \qquad \text{per cui} \qquad t_1 + \frac{g}{2v_s} t_1^2 = T \qquad \text{e} \qquad t_1^2 + \frac{2v_s}{g} t_1 - \frac{2v_s T}{g} = 0$$

Si ha quindi:

$$t_1^2 + 69.3 t_1 - 332.7 = 0 \qquad \text{e} \qquad t_1 = 4.5\text{s}$$

Dalla prima:

$$h = \frac{1}{2} g t_1^2 = \frac{1}{2} 9.81 \cdot 4.5^2 = 99.7\text{m}$$

2) Durante l'urto il filo esercita una tensione impulsiva. Non si conserva la quantità di moto:

$m\vec{v}_0 \neq (m+M)\vec{V}$ con V velocità del sistema blocchetto/proiettile subito dopo l'urto.

Tuttavia la tensione è diretta lungo il filo e non ha componente orizzontale, quindi si conserva la componente orizzontale della quantità di moto:

$$m v_0 \cos\alpha = (m+M)V \qquad \text{da cui} \qquad V = \frac{m v_0 \cos\alpha}{m+M}$$

La tensione fornisce un impulso, diretto lungo il filo, pari alla variazione della quantità di moto:

$$\vec{I} = \Delta\vec{q} = (m+M)\vec{V} - m\vec{v}_0 \qquad \text{che proiettata lungo il filo dà} \qquad I = m v_0 \sin\alpha$$

La minima velocità V_{MIN} dopo l'urto necessaria affinché il sistema proiettile/blocchetto faccia un giro su traiettoria circolare si trova imponendo che alla sommità del giro la tensione della fune sia nulla:

$$(M+m)\vec{g} + \vec{T} = (M+m)\vec{a} \qquad \text{alla massima quota} \qquad (M+m)g + 0 = (M+m)a_N = (M+m)\frac{V_{SOMM}^2}{L}$$

da cui $\qquad V_{SOMM} = \sqrt{gL}$

Nella salita di M vale la conservazione dell'energia meccanica:

$$\frac{1}{2}(M+m)V_{MIN}^2 = \frac{1}{2}(M+m)V_{SOMM}^2 + (M+m)g2L \qquad \text{e sostituendo}$$

$$\frac{1}{2} V_{MIN}^2 = \frac{1}{2} gL + 2gL = \frac{5}{2} gL \quad \text{e} \qquad V_{MIN} = \sqrt{5gL}$$

Sostituendo la relazione che lega V e v_0 si ha:

$$v_{0,MIN} = \frac{M+m}{m\cos\alpha} V_{MIN} = \frac{M+m}{m\cos\alpha}\sqrt{5gL} = 148.7\text{m/s}$$

3) Nella condizione di puro rotolamento l'accelerazione del cm a_{CM} e l'accelerazione angolare sono legate da:

$$a_{CM} = \alpha \cdot R$$

Dalla prima e seconda equazione cardinale si ha rispettivamente :

$$a_{CM} = \frac{F - F_A}{M} \qquad \alpha = \frac{RF_A}{I_C}$$

Accoppiando le ultime due relazioni tramite la prima si ha:

$$\frac{R^2 F_A}{I_C} = \frac{F - F_A}{M} \qquad \text{da cui} \qquad F = F_A\left(1 + \frac{MR^2}{I_C}\right) \quad \text{con } F_A \le \mu_s N = \mu_s Mg$$

Imponendo la condizione limite sulla forza di attrito statico si ottiene:

$$F \le \mu_s Mg\left(1 + \frac{MR^2}{I_C}\right) = 29.4\text{N}$$

Nella condizione limite si ha:

$$a_{CM} = \frac{29.4 - 0.1 \cdot 10 \cdot 9.81}{10} \S = 1.96\text{m}/\text{s}^2$$

4) La pressione in un liquido (la cui superficie sia libera in atmosfera) ad una profondità x è data dalla legge di Stevino:

$$p(x) = p_0 + \rho g x \qquad \text{con} \qquad p_0 = 1\text{atm} \approx 10^5\,\text{Pa} \qquad \text{e} \qquad \rho = \text{densità\_del\_liquido}$$

La pressione nei due bracci del tubo al livello dell'interfaccia tra acqua e liquido di densità incognita è data da:

braccio di sinistra $\quad p_{SIN} = p_0 + \rho_{ACQUA} g(d + \Delta h)$

braccio di destra $\quad p_{DES} = p_0 + \rho_{LIQUIDO} gd$

In condizioni statiche le due pressioni devono essere uguali:

$$p_{SIN} = p_{DES} \qquad \text{da cui} \qquad p_0 + \rho_{ACQUA} g(d + \Delta h) = p_0 + \rho_{LIQUIDO} gd$$

Si ricava quindi:

$$\rho_{LIQUIDO} = \frac{\rho_{ACQUA}(d + \Delta h)}{d} = \frac{10^3\,\text{kg}/\text{m}^3 \cdot (0.05 + 0.03)}{0.05} = 1.6 \cdot 10^3\,\text{kg}/\text{m}^3 = 1.6\text{kg}/\text{litro}$$

5) $\quad V_A = 10^{-2}\,\text{m}^3 \qquad V_B = 4V_A = 4 \cdot 10^{-2}\,\text{m}^3 \qquad V_C = V_A = 10^{-2}\,\text{m}^3$

$$T_A = 600\text{K} \qquad T_B = T_A\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma - 1} = T_A\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{2/5} = 345\text{K} \qquad T_C = \frac{p_C V_C}{nR} = 86\text{K}$$

$$p_A = 4.98 \cdot 10^6\,\text{Pa} \qquad p_B = \frac{nRT_B}{V_B} = 7.15 \cdot 10^5\,\text{Pa} \qquad p_C = p_B = 7.15 \cdot 10^5\,\text{Pa}$$

adiabatica $\quad Q_{AB} = 0 \qquad L_{AB} = -\Delta U = -nC_V(T_B - T_A) = 5.3 \cdot 10^4\,\text{J}$

isobara $\quad Q_{BC} = nC_P(T_C - T_B) = -7.5 \cdot 10^4\,\text{J} \qquad L_{BC} = p_B(V_C - V_B) = -2.15 \cdot 10^4\,\text{J}$

isocora $\quad Q_{CA} = nC_V(T_A - T_C) = 1.07 \cdot 10^5\,\text{J} \qquad L_{CA} = 0\text{J}$

$$Q_{ASS,CICLO} = Q_{CA} = 1.07 \cdot 10^5\,\text{J} \qquad L_{CICLO} = L_{AB} + L_{BC} = 3.15 \cdot 10^4\,\text{J} \qquad \eta = \frac{L_{CICLO}}{Q_{ASS,CICLO}} = 0.29 = 29\%$$