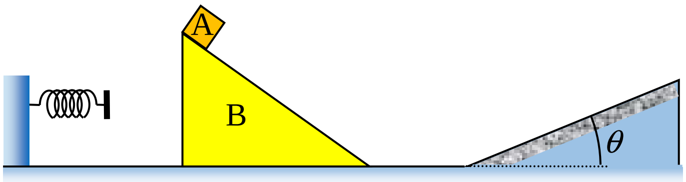
Corsi di Laurea in Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Informatica
Canale 3 (Prof. G. Naletto)
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 6 settembre 2018

Cognome .... **Nome** .... **Matricola** ....

Problema 1



Un corpo A di dimensioni trascurabili e massa $m_A = 0.5$ kg è mantenuto fermo sulla superficie inclinata di un cuneo B di massa $m_B = 4$ kg. Il cuneo può muoversi senza attrito sul piano orizzontale su cui giace, l'attrito tra A e B è trascurabile, e inizialmente entrambi i corpi sono fermi. Ad un certo istante, si lascia A libero di scendere lungo il cuneo; quando A arriva sul piano orizzontale, la sua velocità è $v_A = 1.6$ m/s. Proseguendo nel suo moto, A inizia poi a salire lungo un piano scabro, con coefficienti di attrito statico e dinamico uguali pari a $\mu = 0.25$, inclinato di un angolo $\theta = 25°$ rispetto all'orizzontale (NB questo piano inclinato non si muove rispetto al piano orizzontale); A raggiunge la massima altezza sul piano inclinato e poi ridiscende. Nel frattempo il cuneo B, nel suo moto lungo il piano orizzontale, dopo che A è sceso sul piano orizzontale, urta una molla ideale di costante elastica $k = 120$ N/m e rimbalza. A questo punto i due corpi si avvicinano e A risale lungo il cuneo. Determinare:

a) il modulo v_B della velocità di B quando A si trova sul piano orizzontale;
b) l'altezza h rispetto al piano orizzontale cui si trova inizialmente A;
c) la massima compressione Δx della molla a seguito dell'impatto con il cuneo B;
d) il modulo v_A' della velocità di A quando si trova per la seconda volta sul piano orizzontale;
e) il modulo v_A^* della velocità di A rispetto al piano orizzontale quando A si arresta istantaneamente rispetto al cuneo B al termine della risalita (si assuma che il cuneo sia ancora sul piano orizzontale).

Problema 2

Due moli di gas biatomico si trovano inizialmente in un cilindro con pistone mobile privo di attriti nello stato A, alla pressione $p_A = 10^5$ Pa e volume $V_A = 0.052$ m^3 in contatto termico con un serbatoio alla temperatura T_A. Mantenendo il contatto termico con il serbatoio, il gas è portato in modo molto lento e graduale nello stato B, alla pressione $p_B = 3p_A$. Dallo stato B, tolto il contatto termico e isolando il cilindro rispetto all'ambiente, si porta sempre molto lentamente il gas nello stato C, in cui la pressione è $p_C = 1.2p_A$. Bloccato a questo punto il pistone mobile e tolto l'isolamento, si diminuisce molto gradualmente la pressione del gas fino a portarlo nello stato D in cui $p_D = p_A$. Infine, sbloccato il pistone e messo nuovamente il gas in contatto termico con il serbatorio alla temperatura T_A, il gas ritorna nello stato iniziale A. Disegnare il diagramma pV del ciclo e determinare:

a) il volume V_B del gas nello stato B;
b) la temperatura T_C del gas nello stato C;
c) il lavoro W_{TOT} complessivamente scambiato dal gas nel ciclo, specificando se si tratta di lavoro fatto o subito;
d) il rendimento η del ciclo (se termico) o la sua efficienza ξ (se frigorifero);
e) la variazione di entropia ΔS_{UN} dell'universo nel ciclo.

Soluzioni

Problema 1

a) $m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{v}_B = -\frac{m_A}{m_B}\vec{v}_A \quad \Rightarrow \quad v_B = \left|-\frac{m_A}{m_B}v_A\right| = 0.20\ \text{m/s}$

b) $m_A gh = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \quad \Rightarrow \quad m_A gh = m_A\frac{1}{2}v_A^2\left(1+\frac{m_A}{m_B}\right) \quad \Rightarrow \quad h = \frac{v_A^2}{2g}\left(1+\frac{m_A}{m_B}\right) = 0.147\ \text{m}$

c) $\frac{1}{2}m_B v_B^2 = \frac{1}{2}k\Delta x^2 \quad \Rightarrow \quad \Delta x = v_B\sqrt{\frac{m_B}{k}} = 0.037\ \text{m}$

d) $\Delta E_m = W_{nc} \quad \Rightarrow \quad m_A g\ell\sin\theta - \frac{1}{2}m_A v_A^2 = -\mu m_A g\cos\theta\cdot\ell \quad \Rightarrow \quad \ell = \frac{v_A^2}{2g(\sin\theta+\mu\cos\theta)} = 0.2\ \text{m}$

$\Delta E_m = W_{nc} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}m_A v'^2_A - m_A g\ell\sin\theta = -\mu m_A g\cos\theta\cdot\ell \quad \Rightarrow \quad v'_A = \sqrt{2g\ell(\sin\theta-\mu\cos\theta)} = 0.88\ \text{m/s}$

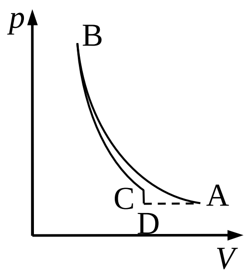
oppure $\quad \frac{1}{2}m_A v'^2_A - \frac{1}{2}m_A v_A^2 = -\mu m_A g\cos\theta\cdot 2\ell \quad \Rightarrow \quad v'_A = \sqrt{v_A^2 - 4\mu g\ell\cos\theta}$

e) Quando A arriva nel punto di massima altezza, si ferma istantaneamente rispetto al cuneo, per cui $v_A^* = v_B^*$.
Per la conservazione della quantità di moto:

$m_A\vec{v}'_A + m_B\vec{v}'_B = \text{cost} = m_A\vec{v}_A^* + m_B\vec{v}_B^* \quad \Rightarrow \quad -m_A v'_A + m_B v_B = (m_A+m_B)v_A^* \quad \Rightarrow$

$\Rightarrow \quad v_A^* = \left|\frac{-m_A v'_A + m_B v_B}{m_A+m_B}\right| = 0.080\ \text{m/s}$

Problema 2



a) $p_A V_A = p_B V_B \quad \Rightarrow \quad V_B = \frac{p_A V_A}{p_B} = \frac{V_A}{3} = 0.0173\text{m}^3$

b) $p_A V_A = nRT_A \quad \Rightarrow \quad T_B = T_A = \frac{p_A V_A}{nR} = 312.7\ \text{K}$

$T_B p_B^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_C p_C^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \quad \Rightarrow \quad T_C = T_B\left(\frac{p_B}{p_C}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 240.7\ \text{K}$

c) $p_D V_D = nRT_D \quad \Rightarrow \quad T_D = \frac{p_D V_D}{nR} = \frac{p_A V_C}{nR} = \frac{p_A T_C}{p_C} = 200.6\ \text{K}$

$W_{AB} = nRT_A\ln\frac{V_B}{V_A} = nRT_A\ln\frac{1}{3} = -5713\text{J}; \quad W_{BC} = -\Delta U_{BC} = -nc_V(T_C - T_B) = 2994\text{J};$

$W_{CD} = 0; \quad W_{DA} = nR(T_A - T_D) = 1865\text{J}; \quad \Rightarrow \quad W_{TOT} = -854\ \text{J};$

Il lavoro è negativo, quindi si tratta di lavoro subito dal gas, ed il ciclo è frigorifero.

d) $Q_{AB} = W_{AB}; \quad Q_{BC} = 0; \quad Q_{CD} = nc_V(T_D - T_C) = -1668\text{J}; \quad Q_{DA} = nc_P(T_D - T_C) = 6527\ \text{J};$

$\xi = \frac{Q_{ASS}}{|W|} = \frac{Q_{DA}}{|W_{TOT}|} = 7.65$

e) $\Delta S_{UN,ciclo} = \Delta S_{UN,DA} = \Delta S_{gas,DA} + \Delta S_{amb,DA} = nc_V\ln\frac{T_A}{T_D} + \frac{-Q_{DA}}{T_A} = 4.98\ \text{J/K}$

oppure

$\Delta S_{UN,ciclo} = \Delta S_{amb,ciclo} = \Delta S_{amb,AB+CD+DA} = \frac{-Q_{AB}}{T_A} - nc_V\ln\frac{T_D}{T_C} + \frac{-Q_{DA}}{T_A}$