UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA- Corsi di INGEGNERIA dell' Informazione

Prova scritta di FISICA Generale I (canale 1, prof. Gasparini)

Padova, 25 Giugno 2014

Problema 1

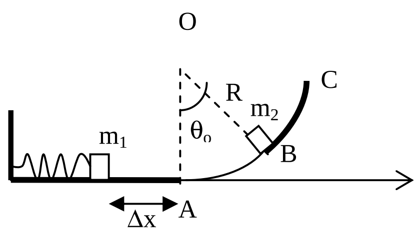
Un blocchetto di massa m_1=0,1 Kg poggia su un piano orizzontale scabro, che termina con una guida circolare ABC di raggioR=0,3 m e centro O, disposta nel piano verticale (vedi figura). Tra il piano e il blocchetto vi e' attrito con coefficiente di attrito dinamico $\mu_D = 0,2$. Il blocchetto, inizialmente fermo, e' sospinto da una molla di costante elastica k = 4 N/m, inizialmente compressa di $\Delta x = 0,3$ m. Quando il blocchetto e' nel punto A all' inizio della guida circolare, la molla assume la sua lunghezza di riposo e termina di agire sul blocchetto (il blocchetto cioe' **non** e' agganciato alla molla). La guida e' liscia nella sua prima parte AB e presenta attrito nella parte superiore BC. L' arco AB sottende l' angolo θ_o=35°. All'inizio del tratto con attrito, e' poggiato sulla guida un secondo blocchetto di massa m_2=0,05 Kg in equilibrio statico, che viene urtato in modo completamente anelastico dal primo blocchetto. Determinare:

a) La velocita' v_A con cui il primo blocchetto raggiunge il punto A:
dall' eq. del bilancio energetico: $k\Delta x^2/2 - \mu_D mg\, \Delta x = mv_A^2/2 \quad \rightarrow \quad v_A = 1,56$ m/s

b) il minimo valore del coefficiente di attrito statico tra la guida e il secondo blocchetto:
$F_{attr}^S = mg \sin\theta_o \leq \mu_S\, mg \cos\theta_o \quad \rightarrow \quad \mu_s^{MIN} = \tan\theta_o = 0,7$

c) la velocita' dei due blocchetti dopo l'urto: $m_1v_1 = (m_1+m_2)\, v_2 = \rightarrow v_2 = 0,77$ m/s
essendo v_1 = 1,17 m/s la velocita' del blocchetto 1 immediatamente prima dell' urto, data dall' eq. di conservazione dell' energia nel tratto AB: $m_1v_A^2/2 = m_1v_1^2/2 + m_1 g\, R\, (1-\cos\theta_0)$

d) il valore della componente normale della reazione vincolare esercitata dalla guida sui blocchetti subito dopo l' urto: $N - (m_1+m_2)\, g \cos\theta_o = (m_1+m_2)\, v_2^2/R \quad \rightarrow \quad N = 1,5$ Newton



Problema 2

Un' asta omogenea di massa m_1 = 0,4 Kg e lunghezza ℓ = 1,5 m puo' ruotare senza attrito intorno all' asse verticale z passante per il suo centro O. Sull' asta e' infilato un manicotto di massa m_2 = 0,1 Kg che puo' scorrere lungo l' asta senza attrito. Il manicotto inizialmente e' collegato al centro dell' asta con un filo teso di lunghezza $\ell/4$, la cui "tensione di rottura" (ossia la massima forza che il filo puo' sostenere senza spezzarsi) e' τ_r = 2 N. Inizialmente l' asta e il manicotto sono fermi e vengono messi in rotazione da un momento motore M_o = 0,2 N·m applicato all' asse. Determinare:

a) l' accelerazione angolare del sistema: $\alpha = M_o/ I_o$= 2,24 rad/s^2 con $I_o = m_1\ell^2/12 + m_2(\ell/4)^2$

b) dopo quanto tempo il filo si spezza e la velocita' angolare del sistema in quell' istante:

$$\tau_r = m_2\omega^2\ell/4 \rightarrow \quad \omega = 7{,}3 \text{ rad/s} , \quad t = \omega/\alpha = 3{,}26 \text{ s}$$

Dall' istante in cui il filo si spezza, il momento motore smette di agire. Calcolare:

c) la velocita' angolare del sistema quando il manicotto raggiunge l' estremo B dell' asta:
per la conservazione del momento angolare: $I_o\omega = I'_o\omega' \rightarrow \omega' = 4{,}96$ rad/s
essendo $I'_o = m_1\ell^2/12 + m_2(\ell/2)^2$

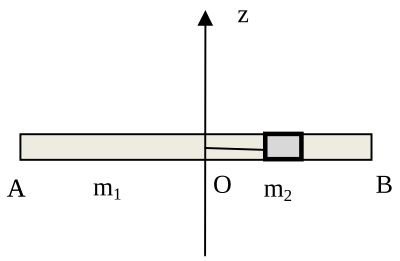
d) l' energia cinetica dell' asta e quella del manicotto in quell' istante:

$$E_k^{asta} = (1/2)\,(m_1\ell^2/12)\,\omega'^2 = 0{,}922 \text{ J}$$
$$E_k^{m} = E_k^{tot} - E_k^{asta} = 1{,}45 \text{ J}$$

essendo: $E_k^{tot} = I_o\omega^2/2$

[si osservi che dall' istante in cui si spezza il filo, non vi e' alcuna forza che compie lavoro sul sistema e quindi l' energia cinetica totale del sistema si conserva]

e) la componente radiale della velocita' (ossia la componente della velocita' lungo l' asta) con cui il manicotto raggiunge l' estremo dell' asta: $v_R=[\,v_2^2 - (\omega\ell/2)^2\,]^{1/2}$ = 3,9 m/s
essendo $v_2 = [\,2\,E_k^m/m_2]^{1/2}$ la velocita' finale del manicotto .



Problema 3:

n=2 moli di gas ideale biatomico alla temperatura iniziale T_A=300 K sono contenute in un recipiente cilindrico di sezione S = 10 dm^2, chiuso superiormente da un pistone di massa trascurabile. Sul pistone e' poggiato un blocco di piombo (densita' del piombo: ρ_{Pb}= 11,35· 10^3 Kg/m^3) anch'esso di forma cilindrica, con la stessa sezione di base S e con altezza h = 0,5 m. La pressione esterna e' uguale alla pressione atmosferica: p_o=1,01· 10^5 Pa. Il blocco viene fatto sollevare di Δy= 0,4 m facendo espandere il gas (trasformazione A→B), ponendo il gas a contatto termico con un serbatoio a temperatura T_B . Determinare:

a) la pressione ed il volume iniziali del gas: $p_A = p_o + mg/S = 1{,}566{\cdot}10^5$ Pa
essendo $m = \rho_{Pb} S{\cdot}h$ = 567 kg la massa del blocco di piombo.
$V_A = nRT_A/p_A = 31{,}8\ dm^3$

b) la temperatura del serbatoio necessaria per ottenere il sollevamento dato del blocco ed il calore che deve essere fornito al gas: $T_B = p_B V_B/nR$ = 677 K
essendo $p_B=p_A$ e $V_B= S(y_o+h) =71{,}8\ dm^3$, con yo = V_A/S .
$Q_{AB}= n\, c_P(T_B-T_A) = 21\ 930\ J = Q_{ass}$, con $c_P = (5/2)R$.

Il pistone viene quindi bloccato, il blocco di piombo viene rimosso ed il gas viene raffreddato mettendolo a contatto termico con un serbatoio a temperatura T_C, finche' la sua pressione si riporta alla pressione atmosferica esterna (trasformazione B→C). Calcolare:

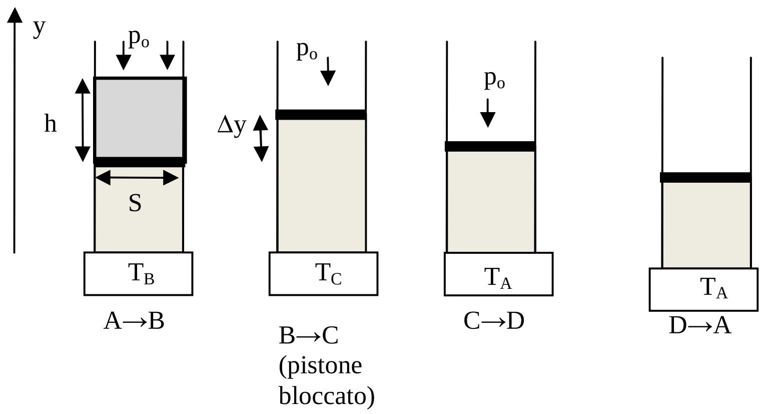
c) La temperatura T_C del nuovo serbatoio: $T_C = p_o V_C/nR$ = 436.6 K, con $V_C=V_B$.
A questo punto il pistone viene nuovamente sbloccato, e si raffredda il gas mettendolo a contatto termico con un serbatoio a temperatura T_A, fino a riportare il gas alla sua temperatura iniziale (trasformazione C→D). Infine si chiude il ciclo aumentando gradatamente la pressione, compiendo una compressione isoterma **reversibile** D→A mantenendo il contatto termico con quest'ultimo serbatoio.
Si disegni il ciclo ABCDA nel piano di Clapeyron e si calcoli:

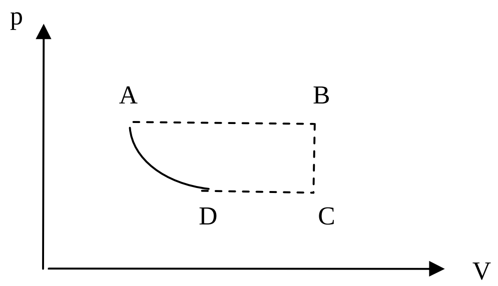
d) Il calore ceduto nel ciclo e il rendimento del ciclo:
$Q_{ced} = Q_{BC}+Q_{CD}+Q_{DA}$ = -20121 J
essendo $Q_{BC} = nc_V(T_C-T_B)$= -9989 J, $Q_{CD} = nc_p(T_D-T_C)$= -7946 J
$Q_{DA} = W_{DA} = nRT_A \ln(V_A/V_D)$= -2186 J

$\eta = 1 + Q_{ced}/Q_{ass} = 0{,}086$

e) La variazione di entropia del gas nel riscaldamento AB:
$\Delta S_{AB}^{gas} = nc_P \ln(T_B/T_A)$ = 47,3 J/K

f) La variazione di entropia dell' Universo nel ciclo:
$\Delta S^{UN}_{ciclo} = \Delta S^{serb} = - Q_{AB}/T_B - Q_{BC}/T_C - (Q_{CD}+Q_{DA}) / T_A$ = 24,3 J/K


y
p_o
h
S
T_B
A→B
p_o
Δy
T_C
B→C
(pistone
bloccato)
p_o
T_A
C→D
T_A
D→A


p
A
B
D
C
V