UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche – 011SM Fisica

A.A. 2021/2022 Sessione Straordinaria – I Prova Scritta – 01.02.2023

Tempo a disposizione: 2 h e 30'

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

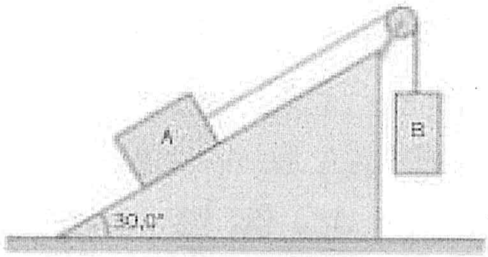
Istruzioni: I problemi vanno dapprima svolti per esteso nei fogli protocollo a quadretti. Successivamente, per ciascuna domanda, si richiede si riportare negli appositi spazi su questo foglio:

i) *(ove possibile) la grandezza incognita richiesta espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e*

ii) *il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e le unità di misura appropriate*

1)

Un blocco A di massa $m_A = 8.0$ kg si muove senza attrito su un piano inclinato di $\alpha = 30°$ rispetto all'orizzontale. Mediante una fune priva di massa, il blocco A è connesso ad un blocco B di massa m_B =22 kg, come mostrato in figura. La carrucola ha massa trascurabile e ruota senza attrito. Calcolare:



a) l'accelerazione a di ciascun blocco:

i) $a = \frac{m_B - \frac{1}{2} m_A}{m_A + m_B} g$ ii) $a = 5,88 \ m/s^2$

b) la tensione T della corda:

i) $T = m_B (g - a)$ ii) $T = 86,2 \ N$

2) All'attaccatura di un idrante, l'acqua scorre in una manichetta antincedio di diametro d_1 = 9.6 cm con v_1 = 1.3 m/s. All'altra estremità del tubo, l'acqua esce attraverso un ugello di diametro d_2 = 2.5 cm.

a) Calcolare la velocità v_{2a} con cui l'acqua esce dall'ugello nel caso in cui l'ugello si trovi alla stessa altezza dell'attaccatura all'idrante:

i) $v_{2a} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$ ii) $v_{2a} = 19,2 \ m/s$

b) Nelle condizioni di cui sopra, calcolare la pressione p_1 dell'acqua all'attaccatura dell'idrante:

i) $p_1 = P_a + \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left[\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4 - 1\right]$ ii) $p_1 = 284200 \ Pa = 2,80 \ atm$

c) Supponendo che la pressione p_1 dell'acqua all'attaccatura dell'idrante non cambi rispetto al punto precedente, calcolare la velocità v_{2c} con cui l'acqua esce dall'ugello, nel caso in cui l'ugello venga spostato ad un'altezza h = 3 m più in alto rispetto all'attaccatura dell'idrante.

i) $v_{2c} = \sqrt{v_{2a}^2 + \frac{2gh}{\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 - 1}}$ ii) $v_{2c} = 17,6 \ m/s$

3) $n = 0.50$ moli di un gas perfetto monoatomico si trovano in uno stato termodinamico A, caratterizzato da una pressione $p_A = 2.0$ kPa e da un volume $V_A = 1.3$ m^3. Il gas subisce prima una trasformazione isocora che lo porta allo stato B, con $p_B = 0.70$ kPa, e successivamente una trasformazione isobara che lo porta allo stato C, con $T_C = 600$ K.

a) Determinare per ciascuno degli stati A, B e C i valori delle variabili termodinamiche, ovvero:

i) $T_A = \frac{p_A V_A}{nR}$ ii) $T_A = 625$ K

i) $V_B = V_A$ ii) $V_B = 1,3$ m^3

i) $T_B = \frac{p_B V_B}{nR}$ ii) $T_B = 219$ K

i) $p_C = p_B$ ii) $p_C = 0,70$ kPa

i) $V_C = \frac{nRT_C}{p_C}$ ii) $V_C = 3,57$ m^3

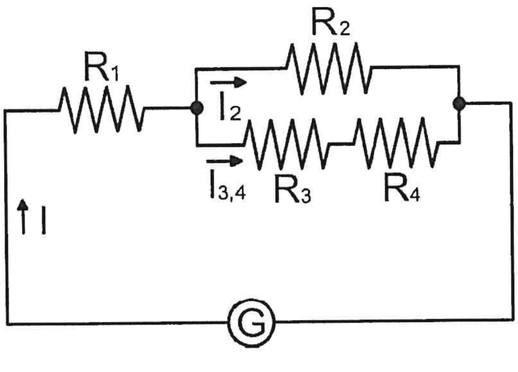
b) Calcolare il lavoro totale compiuto dal gas durante le due trasformazioni da A a C:

i) $L = -p_B(V_C - V_B)$ ii) $L = -1,59$ kJ

c) Calcolare la variazione complessiva di entropia durante le due trasformazioni da A a C:

i) $\Delta S = nc_v \ln\frac{T_B}{T_A} + nc_p \ln\frac{T_C}{T_B}$ ii) $\Delta S = 3,93$ J/K

4) Nel circuito rappresentato in figura, il generatore di tensione ideale (G) fornisce una differenza di potenziale $\Delta V = 26$ V, mentre le resistenze valgono rispettivamente:



$R_1 = 25\ \Omega$

$R_2 = 20\ \Omega$

$R_3 = 15\ \Omega$

$R_4 = 45\ \Omega$

Calcolare:

a) La resistenza R_{eq} equivalente all'intero sistema di resistenze del circuito

i) $R_{eq} = R_1 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3+R_4}\right)^{-1}$ ii) $R_{eq} = 40\ \Omega$

b) La corrente I che attraversa la resistenza R_1

i) $I = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$ ii) $I = 0,65$ A

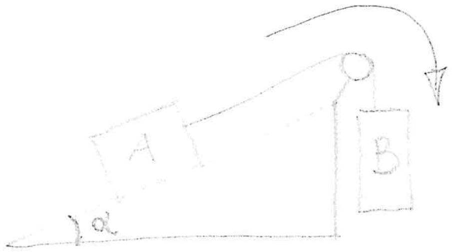
c) La corrente I_2 che attraversa la resistenza R_2

i) $I_2 = \frac{\Delta V_2}{R_2}$, con $\Delta V_2 = \Delta V - R_1 I$ ii) $I_2 = 0,49$ A

d) La corrente $I_{3,4}$ che attraversa le resistenze R_3 ed R_4

i) $I_{3,4} = \frac{\Delta V_2}{R_{3,4}}$ ii) $I_{3,4} = 0,16$ A

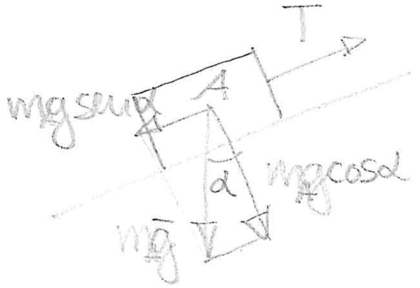
1

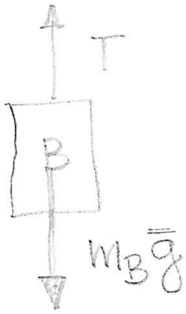


$m_A = 8{,}0\ kg$

$m_B = 22{,}0\ kg$

$\alpha = 30°$





a) L'accelerazione del sistema può essere ricavata considerando che $m_B g$ tende ad accelerare il sistema verso destra, mentre $m_A g \operatorname{sen}\alpha$ si oppone a questo movimento. Applicando la II legge della dinamica a tutto il sistema:

$$F = ma$$

$$(m_B g - m_A g \operatorname{sen}\alpha) = (m_A + m_B)\, a$$

$$(m_B - \tfrac{1}{2} m_A)\, g = (m_A + m_B)\, a$$

$$a = \frac{m_B - \frac{1}{2} m_A}{m_A + m_B}\, g = \frac{22 - 4{,}0}{30} \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} = 0.6 \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2}$$

$$a = 5{,}88\ \frac{m}{s^2}$$

b) T può essere ricavata applicando la II legge ad una delle due masse. Ad esempio m_B:

$$m_B g - T = m_B a$$

$$m_B (g - a) = T$$

$$m_B (1 - 0{,}6)\, g = T$$

$$T = 0{,}4 g \cdot m_B = 0{,}4 \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 22\ Kg = 86{,}2\ N$$

2

$d_1 = 9{,}6$ cm $\quad v_1 = 1{,}3$ m/s
$d_2 = 2{,}5$ cm $\quad v_{2a} = ?$

a) Per il teorema di Leonardo (eq. di continuità):

$$v_1 S_1 = v_{2a} S_2$$

$$v_{2a} = \frac{S_1}{S_2} v_1 = \frac{\cancel{\pi}\left(\frac{d_1}{\cancel{2}}\right)^2}{\cancel{\pi}\left(\frac{d_2}{\cancel{2}}\right)^2} v_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$$

$$= \left(\frac{9{,}6 \text{ cm}}{2{,}5 \text{ cm}}\right)^2 \cdot 1{,}3 \text{ m/s} = 19{,}2 \ \frac{m}{s}$$

b) Per il teorema di Bernoulli applicato al tubo orizzontale:

$$(I) \quad p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_{2a}^2 \qquad \text{con } p_2 = p_a$$

$$p_1 - p_a = \frac{1}{2}\rho\left(v_{2a}^2 - v_1^2\right) = \frac{1}{2}\rho v_1^2\left[\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4 - 1\right]$$

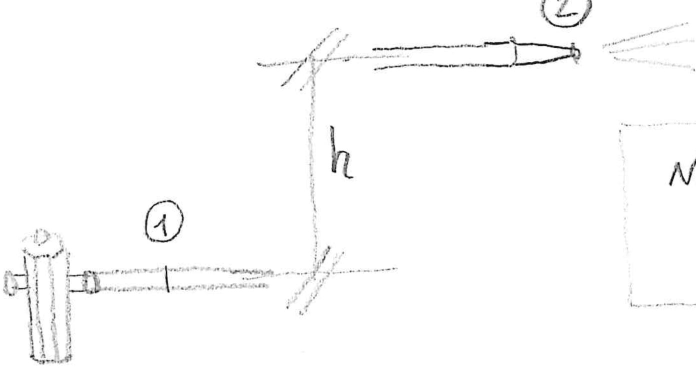
$$p_1 = p_a + \frac{1}{2}\rho v_1^2\left[\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4 - 1\right]$$

$$p_1 = 101300 \text{ Pa} + \frac{1}{2} 10^3 \frac{kg}{m^3}\left(1{,}3 \frac{m}{s}\right)^2\left[\left(\frac{9{,}6}{2{,}5}\right)^4 - 1\right]$$

$$= 101300 \text{ Pa} + 845 \text{ Pa}\,[216] = 284.200 \text{ Pa} = 2{,}80 \text{ atm}$$

c)

$h = 3{,}0$ m



NOTA: v_1 e v_{2a} cambiano in v_{1c} e v_{2c} rispettivamente!

Il teorema di Bernoulli in questo caso impone:

$$(II) \quad p_1 + \frac{1}{2}\rho v_{1c}^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_{2c}^2 + \rho g h$$

Sottraendo membro a membro (II) − (I) e ricordando che p_1 e $p_2 = p_a$ non cambiano, si ha

$$\frac{1}{2}\rho\left(v_{1c}^2 - v_1^2\right) = \frac{1}{2}\rho\left(v_{2c}^2 - v_{2a}^2\right) + \rho g h \qquad \cdot 2$$

$$v_{1c}^2 - v_1^2 = v_{2c}^2 - v_{2a}^2 + 2gh$$

$$v_{1c}^2 - v_{2c}^2 = v_1^2 - v_{2a}^2 + 2gh$$

Per il teorema di Leonardo si ha che $v_{1c} = v_{2c}\dfrac{S_2}{S_1}$ e $v_{1a} = \ldots$

$$v_{2c}^2\left(\frac{S_2^2}{S_1^2} - 1\right) = v_{2a}^2\left(\frac{S_2^2}{S_1^2} - 1\right) + 2gh$$

$$v_{2c}^2 = v_{2a}^2 + \frac{2gh}{\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 - 1} = v_{2a}^2 + \frac{2gh}{\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 - 1}$$

$$v_{2c}^2 = \left(19{,}2\ \frac{m}{s}\right)^2 + \frac{2 \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 3m}{\left(\frac{2{,}5}{9{,}6}\right)^4 - 1}$$

$4{,}6 \cdot 10^{-3}$, trascurabile

$$\cong \left(19{,}2\ \frac{m}{s}\right)^2 - 2 \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 3m = 309{,}84\ \frac{m^2}{s^2}$$

$$v_{2c} = \sqrt{309{,}84\ \frac{m^2}{s^2}} = 17{,}6\ \frac{m}{s}$$

③ $n = 0{,}50$

a) A) $p_A = 2{,}0\ \text{kPa}$

$V_A = 1{,}3\ m^3$

$$T_A = \frac{p_A V_A}{nR} = \frac{2{,}0 \cdot 10^3\ Pa \cdot 1{,}3\ m^3}{0{,}50 \cdot 8{,}314\ J/K} = 625\ K$$

B) $A \to B$ isocora

$V_B = V_A = 1{,}3\ m^3$

$p_B = 0{,}70\ \text{kPa}$

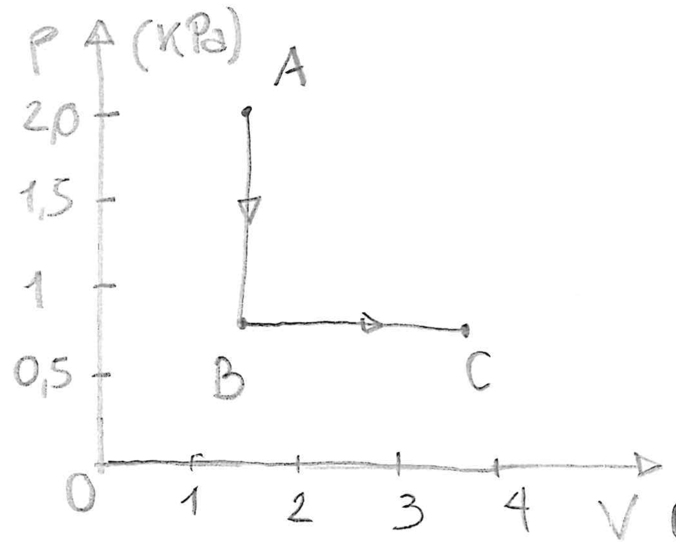
$$T_B = \frac{p_B V_B}{nR} = \frac{p_B}{p_A} T_A = \frac{0{,}7}{2{,}0}\ 625\ K = 219\ K$$

C) $B \to C$ isobara

$p_C = p_B = 0{,}70\ \text{kPa}$

$$V_C = \frac{nRT_C}{p_C} = \frac{nR}{p_B} T_C = \frac{V_B}{T_B} \cdot T_C = 1{,}3\ m^3 \cdot \frac{600}{219} = 3{,}57\ m^3$$

Le trasformazioni $A \to B \to C$ possono essere rappresentate in un piano pV



b) In $A \to B$ non c'è lavoro, quindi L viene compiuto da $B \to C$, che è isobara

$$L = -p_B(V_C - V_B) = -0{,}70\ \text{kPa} \cdot 2{,}27\ m^3 = -1{,}59\ \text{kJ}$$

(negativo in quanto compiuto dal gas contro le forze esterne)

c) Entrambe le trasformazioni contribuiscono a ΔS

$$\Delta S = \Delta S_{AB} + \Delta S_{BC}, \quad \text{con:}$$

$$\Delta S_{AB} = \int_A^B \frac{dQ}{T}\bigg|_{rev} = \int_A^B \frac{n c_v\, dT}{T} = n c_v \ln \frac{T_B}{T_A}$$

$$\Delta S_{BC} = \int_B^C \frac{dQ}{T}\bigg|_{rev} = \int_B^C \frac{n c_p\, dT}{T} = n c_p \ln \frac{T_C}{T_B}$$

Il gas è monoatomico, per cui

$$c_v = \frac{3}{2} R$$

$$c_p = \frac{5}{2} R$$

Quindi: $\Delta S = \Delta S_{AB} + \Delta S_{BC}$

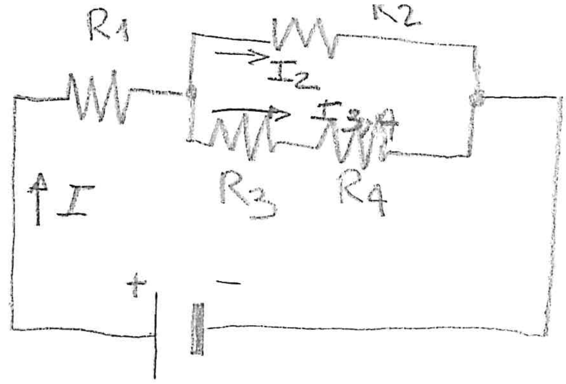
$$= n \frac{3}{2} R \ln \frac{T_B}{T_A} + n \frac{5}{2} R \ln \frac{T_C}{T_B}$$

$$= R \left(\frac{3}{2} n \ln \frac{T_B}{T_A} + \frac{5}{2} n \ln \frac{T_C}{T_B} \right)$$

$$= 8{,}314 \frac{J}{K} \left(\frac{3}{4} \ln \frac{219}{625} + \frac{5}{4} \ln \frac{600}{219} \right)$$

$$= 3{,}93 \frac{J}{K}$$

4



$R_1 = 25\ \Omega$

$R_2 = 20\ \Omega$

$R_3 = 15\ \Omega$

$R_4 = 45\ \Omega$

a) R_3 ed R_4 sono in serie $R_{3,4} = R_3 + R_4 = 60\ \Omega$

$R_{3,4}$ e R_2 sono in parallelo:

$$\frac{1}{R_{2,3,4}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{3,4}} = \frac{1}{20\ \Omega} + \frac{1}{60\ \Omega} = \frac{4}{\cancel{60}\ \Omega}\ 15$$

$R_{2,3,4} = 15\ \Omega$

R_1 e $R_{2,3,4}$ sono in serie: $R_{eq} = R_1 + R_{2,3,4} = (25 + 15)\ \Omega$

$R_{eq} = 40\ \Omega$

b) Per la legge di Ohm, $I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{26\ V}{40\ \Omega} = 0{,}65\ A$

c) Nell'attraversare R_1, I determina un calo di tensione di $\Delta V_1 = R_1 \cdot I$

$$\stackrel{!}{=} R_1 \cdot \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{25}{40} \cdot 26\ V = 16{,}25\ V$$

Quindi ai capi di R_2 (e di $R_{3,4}$) ci sono $\Delta V_2 = \Delta V - \Delta V_1$

$\stackrel{!}{=} 9{,}75\ V$

Da cui $I_2 = \frac{\Delta V_2}{R_2} = \frac{9{,}75\ V}{20\ \Omega} = 0{,}49\ A$

d) Allo stesso modo,

$$I_{3,4} = \frac{\Delta V_2}{R_{3,4}} = \frac{9{,}75\ V}{60\ \Omega} = \frac{1}{3} I_2 = 0{,}16\ A$$