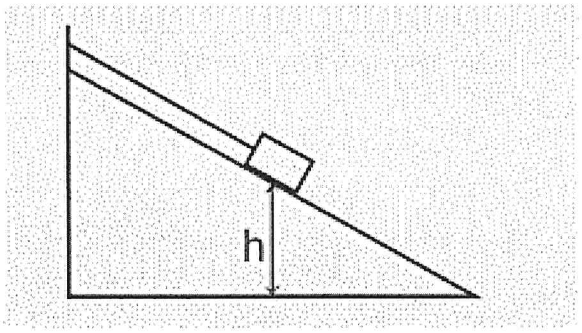
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche – 011SM Fisica
A.A. 2022/2023 Sessione Invernale – V Prova Scritta – 02.02.2024
Tempo a disposizione: 2 h e 30'

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 di massa m = 1.8 kg si trova su un piano inclinato di θ = 30° rispetto all'orizzontale, ad un'altezza h =1.20 m. Esso è legato ad una fune che lo tiene fermo, come mostrato in figura. Il coefficiente di attrito statico tra il blocco e il piano è μ_s = 0.25.



a) In condizioni di equilibrio, trovare il modulo della tensione T della fune.

i) T = $mg(\text{sen}\,\theta - \mu_s \cos\theta)$ ii) T = 5,0 N

Successivamente, la fune si spezza e il blocco inizia a scivolare verso il basso, fino a raggiungere la fine della discesa.

b) quale sarebbe la velocità ideale v_i del blocco alla fine della discesa, se l'attrito dinamico fosse trascurabile?

i) v_i = $\sqrt{2gh}$ ii) v_i = 4,8 m/s

In realtà l'attrito dinamico non è trascurabile, ed infatti alla fine della discesa il blocco raggiunge la velocità v_r = 4.1 m/s < v_i.

c) Quanto vale il lavoro della forza d'attrito dinamico L_a?

i) L_a = $\Delta K - \mathcal{L}_g = -\frac{1}{2}m(v_i^2 - v_r^2)$ ii) L_a = − 6,0 J

d) Quanto vale il coefficiente di attrito dinamico μ_d?

i) μ_d = $\frac{-\mathcal{L}_a}{-2mgh\cos\theta}$ ii) μ_d = 0,16

2) In un impianto di riscaldamento domestico, l'acqua calda al piano terra circola alla velocità di v_t = 0.50 m/s, con una pressione di p_t = 3.0 atm, in un tubo di diametro d_t = 4.0 cm. Al secondo piano, la stessa acqua calda circola in un tubo di diametro d_s = 2.6 cm, che si trova ad un'altezza h = 5.0 m al di sopra del tubo al piano terra. Supponendo che i tubi in questione siano orizzontali, che nell'impianto non vi siano diramazioni, ed approssimando l'acqua ad un liquido ideale,

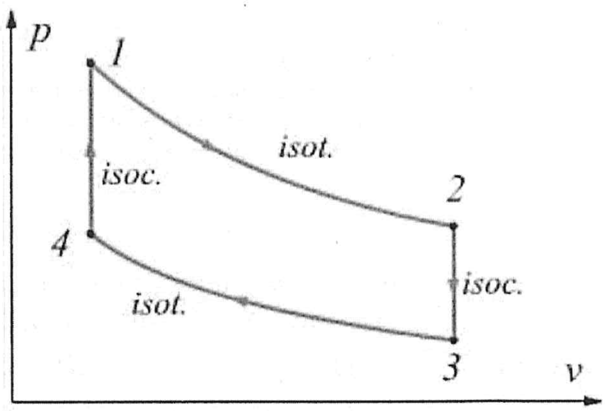
a) Quanto vale la velocità v_s con cui l'acqua circola nel tubo al secondo piano?

i) v_s = $\left(\frac{d_t}{d_s}\right)^2 v_t$ ii) v_s = 1,18 m/s

b) Quanto vale la pressione p_s dell'acqua nel tubo al secondo piano?

i) $p_s = p_t + \frac{1}{2}\rho(v_t^2 - v_s^2) - \rho g h$ ii) $p_s =$ 254 000 Pa = 2,5 atm

3) Un gas, costituito da n = 0.4 moli di gas ideale, compie il cilclo termodinamico indicato in figura, in cui le trasformazioni 1→2 e 3→4 sono isorterme, mentre le trasformazioni 2→3 e 4→ 1 sono isocore.



Dati:
$V_1 = V_4 = 3.0\ l$
$V_2 = V_3 = 7.0\ l$
$p_1 = 600$ kPa
$p_3 = 150$ kPa

Calcolare:

a) le pressioni p_2 e p_4 degli stati 2 e 4:

i) $p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2}$ ii) $p_2 =$ 257 kPa

i) $p_4 = p_3 \frac{V_3}{V_4}$ ii) $p_4 =$ 350 kPa

b) le temperature $T_1 = T_2$ e $T_3 = T_4$ dei quattro stati:

i) $T_1 = T_2 = \frac{p_1 V_1}{nR}$ ii) $T_1 = T_2 =$ 541 K

i) $T_3 = T_4 = \frac{p_3 V_3}{nR}$ ii) $T_3 = T_4 =$ 316 K

c) Il lavoro L compiuto dal gas contro le forze esterne nella trasformazione isoterma 1→2:

i) $L = nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ ii) $L =$ − 1520 J

d) la variazione di entropia ΔS del gas nella trasformazione isoterma 1→2:

i) $\Delta S = \frac{Q}{T_1} = -\frac{L}{T_1} = nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ ii) $\Delta S =$ 2,82 J/K

4) Un circuito è formato da un generatore di tensione ideale e da due resistori collegati in parallelo, le cui resistenze sono rispettivamente uguali a R_1 = 300 Ω ed R_2 = 450 Ω. Il generatore eroga una corrente I = 100 mA. Calcolare:

a) La resistenza R_{eq} equivalente a questo insieme di resistenze:

i) $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ii) $R_{eq} =$ 180 Ω

b) La tensione ΔV erogata dal generatore:

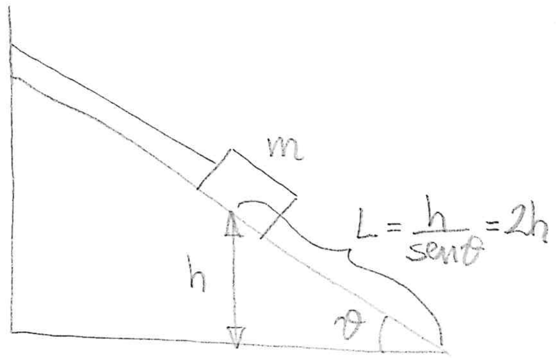
i) $\Delta V = R_{eq} \cdot I$ ii) $\Delta V =$ 18 V

c) Il valore di ciascuna delle correnti I_1 ed I_2 che attraversano rispettivamente R_1 ed R_2

i) $I_1 = \frac{\Delta V}{R_1}$ ii) $I_1 =$ 60 mA

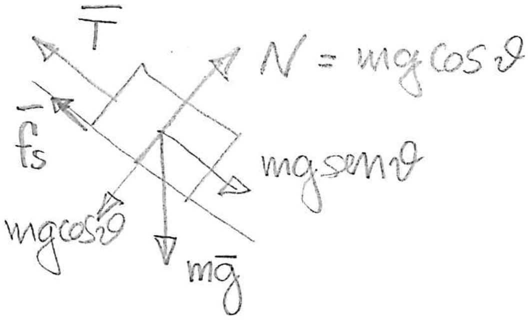
i) $I_2 = \frac{\Delta V}{R_2}$ ii) $I_2 =$ 40 mA

(1)



$m = 1,8\ kg$
$\vartheta = 30°$
$h = 1,20\ m$
$\mu_S = 0.25$
$v_r = 4,1\ m/s$

a) Forze agenti sul blocco in condizioni di equilibrio:



$$f_s = \mu_s N = \mu_s mg\cos\vartheta$$

Affinché il blocco non scivoli:

$$mg\,sen\vartheta = f_s + T = \mu_s mg\cos\vartheta + T$$

Da cui:

$$T = mg\,sen\vartheta - \mu_s mg\cos\vartheta = mg\,(sen\vartheta - \mu_s\cos\vartheta) = 1,8\ kg \cdot 9,8\ \frac{m}{s^2} \cdot \left(\frac{1}{2} - 0,25 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 5,0\ N$$

b) Nel caso ideale in cui non c'é attrito, si ha:

(I) $\frac{1}{2}\cancel{m}v_i^2 = \cancel{m}gh$ (conservazione energia meccanica)

$$v_i = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9.8\frac{m}{s^2} \cdot 1,20\ m} = 4,8\ \frac{m}{s}$$

c) Nel caso reale, l'energia meccanica! non si conserva a causa del lavoro della forza d'attrito; vale però il teorema dell'energia cinetica:

$$\mathcal{L} = \Delta K \quad , \text{ con}$$

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_g + \mathcal{L}_a$$

$\mathcal{L}_a$ ← lavoro della forza d'attrito

$\mathcal{L}_g$ ← lavoro della forza peso

Quindi: $\mathcal{L}_a = \mathcal{L} - \mathcal{L}_g = \Delta K - \mathcal{L}_g = \frac{1}{2} m v_2^2 - mgh$

$= \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = -\frac{1}{2} m \left(v_i^2 - v_2^2\right) =$

$= -0{,}9\ \text{kg} \cdot \left[\left(4{,}85\ \frac{m}{s}\right)^2 - \left(4{,}1\ \frac{m}{s}\right)^2\right] = -6{,}0\ \text{J}$

d) Il coefficiente d'attrito μ_d può essere trovato osservando che:

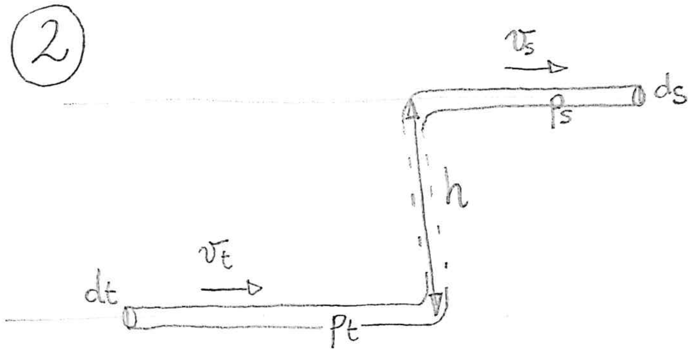
$$\mathcal{L}_a = -f_d \cdot L = -\mu_d N \cdot L = -\mu_d mg\cos\theta \cdot L = -2\mu_d mgh\cos\theta$$

Da cui:

$$\mu_d = \frac{-\mathcal{L}_a}{-2mgh\cos\theta} = \frac{6{,}0\ \cancel{J}}{\cancel{2} \cdot 1{,}8\ \cancel{kg} \cdot 9{,}8\ \frac{\cancel{m}}{\cancel{s^2}} \cdot 1{,}2\ \cancel{m} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\cancel{2}}}$$

$= 0{,}16$

(2)



$v_t = 0,50$ m/s $\qquad v_s = ?$

$p_t = 3,0$ atm $\qquad p_s = ?$

$d_t = 4,0$ cm $\qquad d_s = 2,6$ cm

$h = 5,0$ m

a) Non essendoci diramazioni, vale la legge di Leonardo:

$$v_t S_t = v_s S_s \qquad \text{con } S = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$\cancel{\frac{\pi}{4}} v_t d_t^2 = \cancel{\frac{\pi}{4}} v_s d_s^2$$

$$v_s = \left(\frac{d_t}{d_s}\right)^2 v_t = \left(\frac{4,0 \text{ cm}}{2,6 \text{ cm}}\right)^2 \cdot 0,50 \text{ m/s} = 1,18 \text{ m/s}$$

b) Approssimando l'acqua ad un liquido ideale, possiamo applicare l'eq. di Bernoulli:

$$p_t + \frac{1}{2}\rho v_t^2 + \rho g h_t = p_s + \frac{1}{2}\rho v_s^2 + \rho g h_s$$

$$p_s = p_t + \frac{1}{2}\rho\left(v_t^2 - v_s^2\right) + \rho g \underbrace{(h_t - h_s)}_{-h}$$

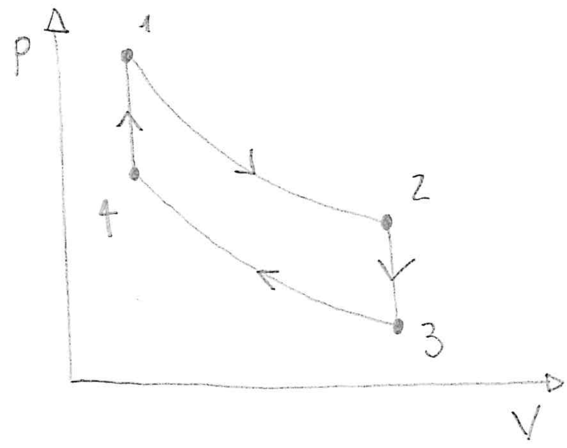
$$= p_t + \frac{1}{2}\rho v_t^2 \left[1 - \left(\frac{d_t}{d_s}\right)^4\right] - \rho g h$$

$$= 3,0 \cdot 101300 \text{ Pa} + \left\{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \frac{m^2}{s^2}\left[1 - \left(\frac{4,0}{2,6}\right)^4\right] - 9,8 \frac{m}{s^2}\, 5,0 \text{ m}\right\} 10^3 \frac{k}{m}$$

$$= 3,0 \cdot 101300 \text{ Pa} \underbrace{- 575 \text{ Pa}}_{\substack{\text{termine dovuto} \\ \text{al restringimento} \\ \text{del diametro} \\ \sim \text{trascurabile}}} \underbrace{- 49.000 \text{ Pa}}_{\substack{\text{termine dovuto ai 5 m} \\ \text{di dislivello} \\ \text{non trascurabile!}}}$$

$$= 254\,000 \text{ Pa} = 2,5 \text{ atm}$$

3



$n = 0{,}4$ mol

$V_1 = V_4 = 3{,}0$ l

$V_2 = V_3 = 7{,}0$ l

$p_1 = 600$ kPa

$p_3 = 150$ kPa

a) Poiché $1 \to 2$ è isoterma, $pV = \text{cost.}$ In particolare:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2} = 600\ \text{kPa}\ \frac{3{,}0\ \text{l}}{7{,}0\ \text{l}} = 257\ \text{kPa}$$

Analogamente, poiché $3 \to 4$ è isoterma, si ha:

$$p_4 = p_3 \frac{V_3}{V_4} = 150\ \text{kPa}\ \frac{7{,}0\ \text{l}}{3{,}0\ \text{l}} = 350\ \text{kPa}$$

b) Dalla eq. di stato dei gas ideali:

$$T_1 = T_2 = \frac{p_1 V_1}{nR} = \frac{600\ \text{kPa} \cdot 3{,}0 \cdot \cancel{10}^{-3}\ \text{m}^3}{0{,}4\ \text{mol} \cdot 8{,}314\ \frac{\text{J}}{\text{K mol}}} = 541\ \text{K}$$

$$T_3 = T_4 = \frac{p_3 V_3}{nR} = \frac{150 \cdot 10^3\ \text{Pa} \cdot 7{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3}{0{,}4\ \text{mol} \cdot 8{,}314\ \text{J}/\text{K} \cdot \text{mol}} = 316\ \text{K}$$

c) $$\mathcal{L} = -\int_1^2 p\,dV = -\int_1^2 \frac{nRT_1}{V}\,dV = -nRT_1 \ln\frac{V_2}{V_1} = nRT_1 \ln\frac{V_1}{V_2}$$

$$= 0{,}4\ \text{mol} \cdot 8{,}314\ \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \cdot 541\ \text{K} \cdot \ln\left(\frac{3}{7}\right) = -1520\ \text{J}$$

$\mathcal{L}$ è negativo in quanto compiuto dal gas contro le forze esterne

d) Per una trasformazione isoterma vale:

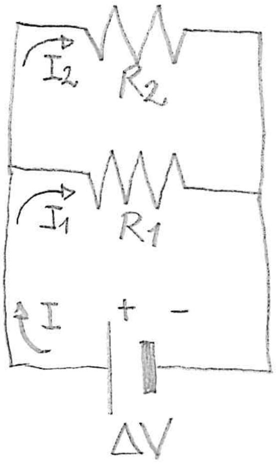
$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Inoltre, per il primo principio si ha anche $Q = -\mathcal{L}$

$$\Delta S = -\frac{\mathcal{L}}{T_1} = nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 0{,}4\ \text{mol} \cdot 8{,}314\ \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot \ln\left(\frac{7}{3}\right)$$

$$= 2{,}82\ \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

4



$R_1 = 300\ \Omega$

$R_2 = 450\ \Omega$

$I = I_1 + I_2 = 100\ mA = 0{,}100\ A$

a) $$R_{eq} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{300 \cdot 450\ \Omega^{\cancel{2}}}{750\ \cancel{\Omega}} = 180\ \Omega$$

b) $$\Delta V = R_{eq} \cdot I = 180\ \Omega \cdot 0{,}100\ A = 18\ V$$

c) $$I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{18\ V}{300\ \Omega} = 60\ mA$$

$$I_2 = \frac{\Delta V}{R_2} = \frac{18\ V}{450\ \Omega} = 40\ mA$$

Infatti, la tensione ai capi di ciascuna resistenza è la stessa ΔV. Si noti anche che $I_1 + I_2 = I$.