UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche

A.A. 2017/2018 – Corso di Fisica

Prova Scritta – Sessione Invernale - I Appello - 31.01.2018

Cognome ....Nome ....

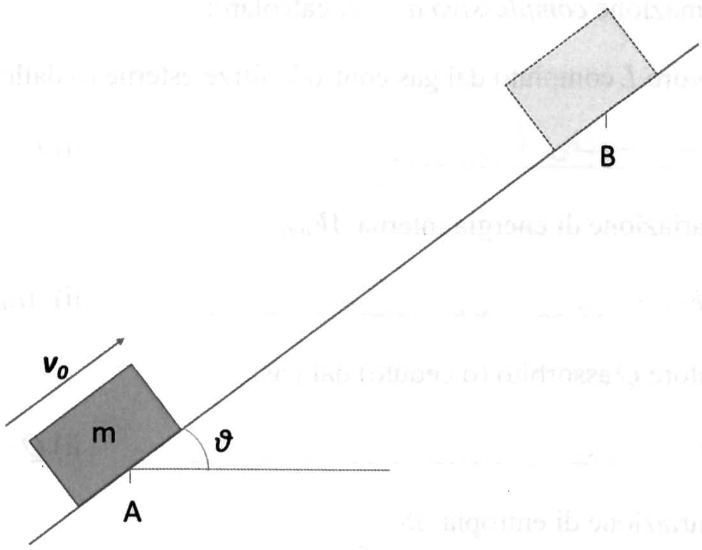
Istruzioni: I problemi vanno svolti per esteso nei fogli protocollo. Successivamente, per ciascuna domanda, si richiede si riportare negli appositi spazi su questo foglio:

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 blocchetto di massa m = 58 g viene lanciato in salita lungo un piano inclinato dalla posizione A alla posizione B con velocità iniziale v_0 parallela al piano inclinato (vedi figura).

Il piano è inclinato di θ = 42° rispetto all'orizzontale ed il coefficiente di attrito dinamico vale μ_d = 0.22. La massa percorre l = 7.4 m sulla superficie del piano, fino a fermarsi nella posizione B. Successivamente, scivola all'indietro fino a raggiungere nuovamente il punto di partenza A.



Calcolare:

a) Il modulo v_0 della velocità iniziale

i) v_0 = $\sqrt{2gl(\text{sen}\vartheta + \mu_d \cos\theta)}$ ii) v_0 = 11,0 m/s

b) Il lavoro L effettuato dalla forza d'attrito nell'intero percorso *ABA* (salita e discesa).

i) L = $-2\mu_d mg\cos\theta \cdot l$ ii) L = −1,38 J

c) Il modulo v_A della velocità con cui il blocco raggiunge nuovamente il punto di partenza A (in discesa)

i) v_A = $\sqrt{\frac{2L}{m} + v_0^2}$ ii) v_A = 8,56 m/s

2) Un globulo rosso può essere approssimato ad una sfera di diametro d = 7.50 μm e densità ρ = 1.30·g/cm^3 immerso nel plasma di densità ρ' = 1.05·g/cm^3 e viscosità η = 1.65 cP. Si calcoli la velocità con cui i globuli rossi si depositano sul fondo della provetta se:

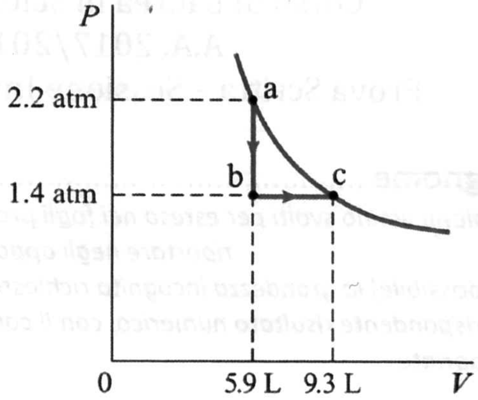
a) La provetta di plasma è tenuta ferma in verticale su un bancone da laboratorio (sedimentazione).

i) v_s = $\frac{2}{9}(\rho-\rho')\frac{d^2}{4}\frac{g}{\eta}$ ii) v_s = 4,64 μm s^{-1}

b) La provetta è inserita in una centrifuga, in modo da compiere un moto circolare uniforme con raggio r = 18 cm a 3000 giri al minuto.

i) v'_s = $\frac{a_c}{g} v_s$, con $a_c = (2\pi\nu)^2 r$ ii) v'_s = 0,841 cm s^{-1}

3) 0.50 moli di gas monoatomico perfetto subiscono due trasformazioni termodinamiche, passando dallo stato iniziale *a* allo stato intermedio *b* ed infine allo stato finale *c* (vedi figura). La curva passante per *a* e *c* è una curva isoterma, ovvero *a* e *c* si trovano alla stessa temperatura.



Nell'ipotesi in cui tutte le trasformazioni siano quasi-statiche e reversibili, ed esplicitando la convenzione sui segni utilizzata, relativamente alla trasformazione *complessiva* $a \rightarrow c$, calcolare:

a) il lavoro L compiuto dal gas contro le forze esterne (o dalle forze esterne sul gas):

i) $L = -P_b (V_c - V_b)$ ii) $L = -482$ J compiuto dal gas

b) la variazione di energia interna ΔE_{int}:

i) $\Delta E_{int} = 0$ (perché $T_a = T_c$) ii) $\Delta E_{int} = 0$

c) il calore Q assorbito (o ceduto) dal gas:

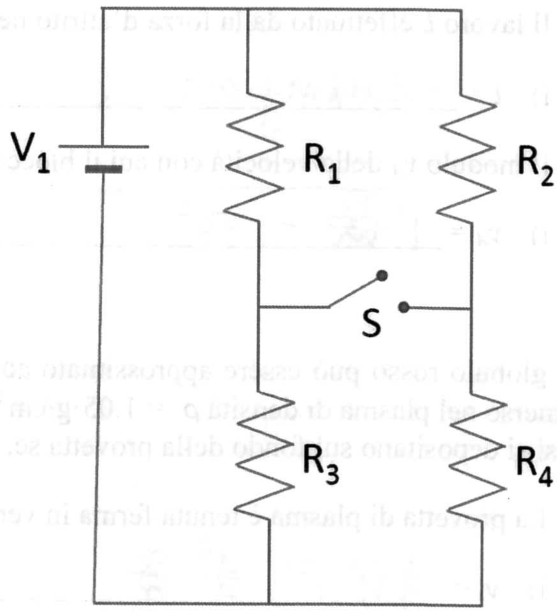
i) $Q = -L$ ii) $Q = 482$ J

d) la variazione di entropia ΔS:

i) $\Delta S = nR\ln\left(\frac{V_c}{V_a}\right)$ ii) $\Delta S = 1{,}89$ J/K

4) Si consideri il circuito in figura, in cui S rappresenta un interruttore e si ha:

- $V_1 = 12$ V
- $R_1 = 10\ \Omega$
- $R_2 = 15\ \Omega$
- $R_3 = 35\ \Omega$
- $R_4 = 20\ \Omega$



Si calcoli l'intensità di corrente I erogata dalla batteria (ovvero che attraversa il generatore di tensione V_1) nei due casi in cui:

a) L'interruttore S è aperto (come in figura)

i) $I_a = \frac{V_1}{R_a^{eq}}$ e $(R_a^{eq})^{-1} = (R_1+R_3)^{-1} + (R_2+R_4)^{-1}$ ii) $I_a = 0{,}61$ A

b) L'interruttore S è chiuso

i) $I_b = \frac{V_1}{R_b^{eq}}$ e $R_b^{eq} = (R_1^{-1}+R_2^{-1})^{-1} + (R_3^{-1}+R_4^{-1})^{-1}$ ii) $I_b = 0{,}64$ A

UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche

A.A. 2017/2018 – Corso di Fisica

Prova Scritta – Sessione Invernale - I Appello - 31.01.2018

B

NOTA: si riportano qui solo i risultati numerici che differiscono dalla soluzione precedente

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

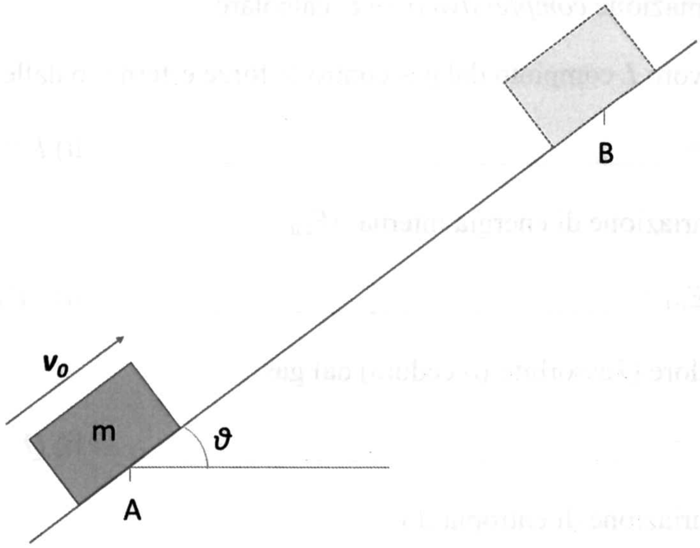
Istruzioni: I problemi vanno svolti per esteso nei fogli protocollo. Successivamente, per ciascuna domanda, si richiede si riportare negli appositi spazi su questo foglio:

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 blocchetto di massa m = 42 g viene lanciato in salita lungo un piano inclinato dalla posizione A alla posizione B con velocità iniziale $\boldsymbol{v_0}$ parallela al piano inclinato (vedi figura).

Il piano è inclinato di θ = 58° rispetto all'orizzontale ed il coefficiente di attrito dinamico vale μ_d = 0.24. La massa percorre l = 7.4 m sulla superficie del piano, fino a fermarsi nella posizione B. Successivamente, scivola all'indietro fino a raggiungere nuovamente il punto di partenza A.



Calcolare:

a) Il modulo v_0 della velocità iniziale

i) v_0 = ________________ ii) v_0 = 11,9 m/s

b) Il lavoro L effettuato dalla forza d'attrito nell'intero percorso *ABA* (salita e discesa).

i) L = ________________ ii) L = − 0,775 J

c) Il modulo v_A della velocità con cui il blocco raggiunge nuovamente il punto di partenza A (in discesa)

i) v_A = ________________ ii) v_A = 10,2 m/s

2) Un globulo rosso può essere approssimato ad una sfera di diametro d = 6.50 μm e densità ρ = 1.35·g/cm^3 immerso nel plasma di densità ρ' = 1.10·g/cm^3 e viscosità η = 1.60 cP. Si calcoli la velocità con cui i globuli rossi si depositano sul fondo della provetta se:

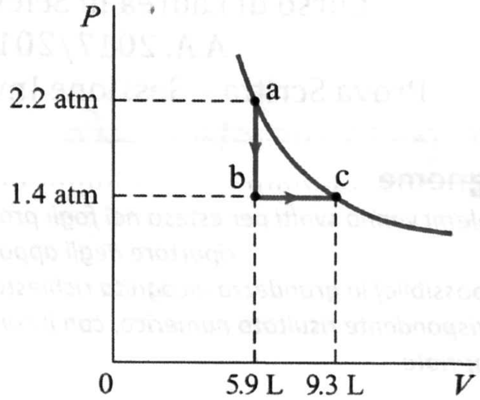
a) La provetta di plasma è tenuta ferma in verticale su un bancone da laboratorio (sedimentazione).

i) v_s = ________________ ii) v_s = 3,59 μm s^{-1}

b) La provetta è inserita in una centrifuga, in modo da compiere un moto circolare uniforme con raggio r = 18 cm a 3000 giri al minuto.

i) v'_s = ________________ ii) v'_s = 0,652 cm s^{-1}

3) 0.50 moli di gas monoatomico perfetto subiscono due trasformazioni termodinamiche, passando dallo stato iniziale *a* allo stato intermedio *b* ed infine allo stato finale *c* (vedi figura). La curva passante per *a* e *c* è una curva isoterma, ovvero *a* e *c* si trovano alla stessa temperatura.



Nell'ipotesi in cui tutte le trasformazioni siano quasi-statiche e reversibili, ed esplicitando la convenzione sui segni utilizzata, relativamente alla trasformazione *complessiva* $a \rightarrow c$, calcolare:

a) il lavoro L compiuto dal gas contro le forze esterne (o dalle forze esterne sul gas):

i) $L =$ ____________________ ii) $L =$ ____________________

b) la variazione di energia interna ΔE_{int}:

i) $\Delta E_{int} =$ ____________________ ii) $\Delta E_{int} =$ ____________________

c) il calore Q assorbito (o ceduto) dal gas:

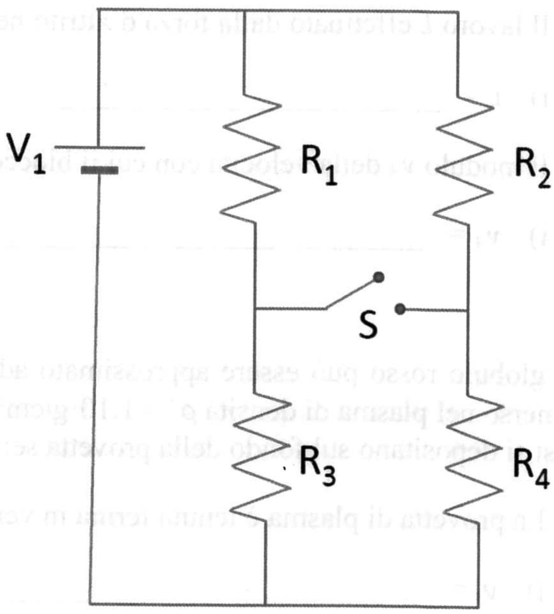
i) $Q =$ ____________________ ii) $Q =$ ____________________

d) la variazione di entropia ΔS:

i) $\Delta S =$ ____________________ ii) $\Delta S =$ ____________________

4) Si consideri il circuito in figura, in cui S rappresenta un interruttore e si ha:

- $V_1 = 24$ V
- $R_1 = 5\ \Omega$
- $R_2 = 15\ \Omega$
- $R_3 = 25\ \Omega$
- $R_4 = 35\ \Omega$



Si calcoli l'intensità di corrente I erogata dalla batteria (ovvero che attraversa il generatore di tensione V_1) nei due casi in cui:

a) L'interruttore S è aperto (come in figura)

i) $I_a =$ ____________________ ii) $I_a =$ 1,28 A

b) L'interruttore S è chiuso

i) $I_b =$ ____________________ ii) $I_b =$ 1,31 A

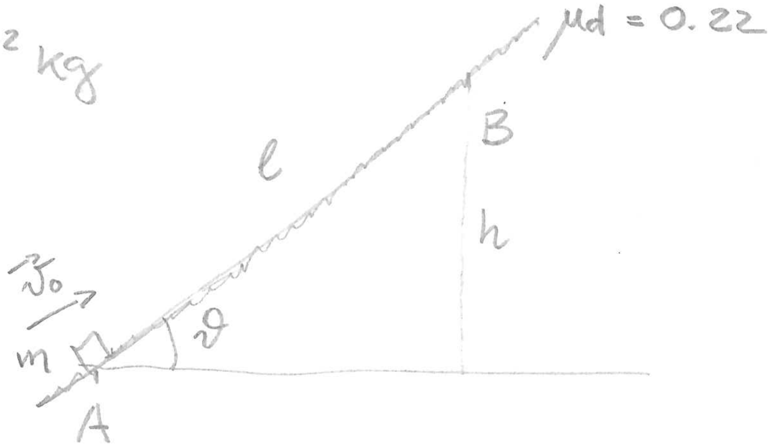
Prova Scritta 31.01.2018
soluzione

1) $m = 58\ g = 5{,}8 \cdot 10^{-2}\ kg$

$\vartheta = 42°$

$\mu_d = 0.22$

$\ell = \overline{AB} = 7{,}4\ m$



a) Uso il teorema lavoro - energia tra A e B:

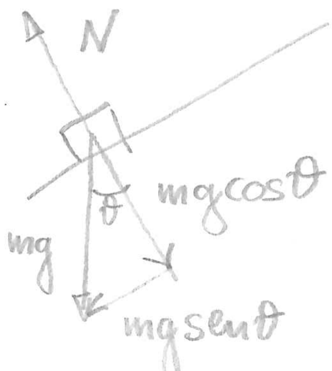
$$\mathcal{L} = \Delta K = K_B - K_A = -K_A = -\frac{1}{2} m v_0^2$$

$\mathcal{L} = \mathcal{L}_c + \mathcal{L}_{nc}$, con

$\mathcal{L}_c = -mgh = -mg\ell\,\mathrm{sen}\vartheta$ lavoro forza peso

$\mathcal{L}_{nc} = -F_a \cdot \ell$ lavoro attrito

con $F_a = \mu_d N$ ed $N = mg\cos\vartheta$ (vedi diagramma qui sotto)



Quindi: $\mathcal{L} = \Delta K$

$$-\frac{1}{2}\cancel{m} v_0^2 = -\cancel{m}g\ell\,\mathrm{sen}\vartheta - (\mu_d \cancel{m}g\cos\vartheta)\cdot\ell$$

$$v_0^2 = 2g(\mathrm{sen}\vartheta + \mu_d\cos\vartheta)\cdot\ell$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 9.8\ \frac{m}{s^2}\,(0{,}669 + 0{,}22 \cdot 0{,}743)\ 7{,}4\ m}$$

$$= \sqrt{121\ \frac{m^2}{s^2}} = 11{,}0\ m/s$$

(b) Per motivi di simmetria il lavoro L effettuato dalla forza d'attrito nell'intero percorso (salita e discesa) è il doppio del lavoro L_{nc} calcolato nel punto (a) per il solo percorso di salita (infatti in discesa sia la forza che lo spostamento cambiano di verso, ma restano costanti in modulo).

$$L = 2 \cdot L_{nc} = -2\, F_a l = -2 \mu_d mg \cos\vartheta \cdot l$$

$$= -2 \cdot 0{,}22 \cdot 5{,}8 \cdot 10^{-2}\,\text{Kg} \cdot 9{,}8\,\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}743 \cdot 7{,}4\,m$$

$$= -1{,}375\ J$$

(c) Il modulo v_a può essere trovato utilizzando $\mathcal{L} = \Delta K$ sull'intero percorso ABA. Si noti che la forza peso non compie lavoro su ABA in quanto è conservativa

$$\mathcal{L} = \Delta K$$

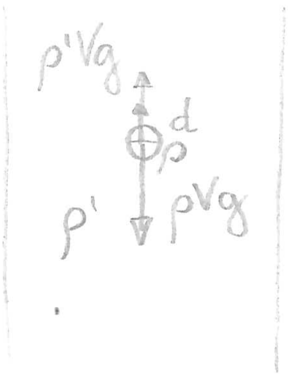
$$\mathcal{L} = 2 L_{nc} = L = -1{,}375\ J$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} m (v_a^2 - v_0^2)$$

Quindi $v_a^2 = \dfrac{2L}{m} + v_0^2$

$$v_a = \sqrt{\frac{-2 \cdot 1{,}375\ J}{0{,}058\ kg} + 121\ \frac{m^2}{s^2}} = 8{,}56\ \frac{m}{s}$$

②



$d = 7{,}50\,\mu m = 7{,}50 \cdot 10^{-4}\,cm$

$\rho = 1{,}30\ g\,cm^{-3}$

$\rho' = 1{,}05\ g\,cm^{-3}$

$\eta = 1.65 \cdot 10^{-2}\ P$

a) Durante la normale sedimentazione (provetta ferma in verticale) sul globulo rosso agiscono:

forza peso $= \rho V g$ (verso il basso)

spinta Archimede $= \rho' V g$

attrito viscoso $= 6\pi\eta r v_s$ } (verso l'alto)

Queste tre forze si equilibriano:

$$\rho V g = \rho' V g + 6\pi\eta r V_s$$

$$(\rho-\rho')\frac{\cancel{4}^{\,2}}{3}\cancel{\pi} r^{\cancel{3}\,2} g = \cancel{6}^{\,3}\cancel{\pi}\eta \cancel{r} V_s$$

$$V_s = \frac{2}{9}\frac{(\rho-\rho')r^2 g}{\eta}$$

$$= \frac{2}{9}\frac{(0{,}25\ \cancel{g}\,cm^{\cancel{-3}\,-2})(3{,}75\cdot10^{-4}\ cm)^2\ 980\ cm\,s^{\cancel{-2}\,-1}}{1{,}65\cdot10^{-2}\ \cancel{g\,cm^{-1}s^{-1}}}$$

$$= 4{,}64\cdot10^{-4}\ cm\,s^{-1} = 4{,}64\ \mu m\,s^{-1}$$

b) Se la provetta viene messa nella centrifuga, allora nella formula precedente g viene rimpiazzato da a_c

$$V_s' = V_s\,\frac{a_c}{g}$$

Dove $a_c = \omega^2 r = (2\pi\nu)^2 r$

e $\nu = \frac{3000 \text{ giri}}{\text{minuto}} = 50 \frac{\text{giri}}{s}$

$$a_c = (2\pi 50\ s^{-1})^2\ 18\ cm$$
$$= 10^4 \pi^2 \cdot 18\ cm\,s^{-2}$$
$$= 1{,}78 \cdot 10^6\ cm\,s^{-2}$$

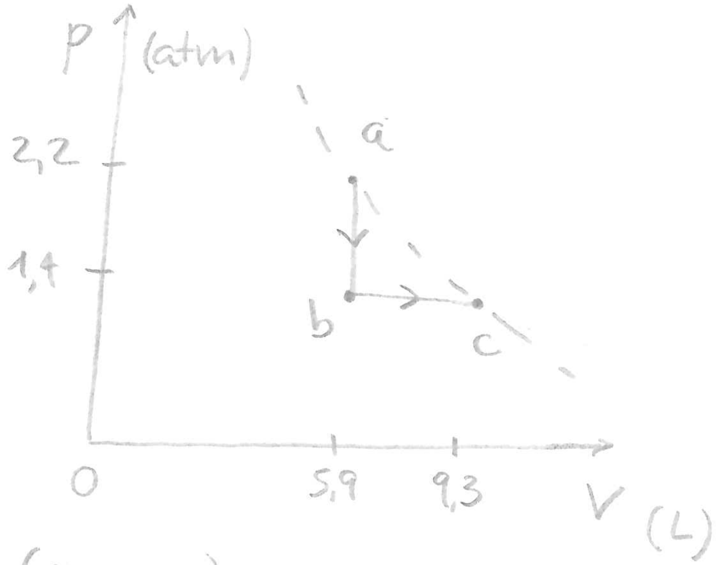
Risulta quindi $\frac{a_c}{g} = \frac{1{,}78 \cdot 10^{\cancel{6}\,3}\ cm\,s^{-2}}{0{,}98 \cdot \cancel{10^3}\ cm\,s^{-2}} = 1813$

ed infine $v_s' = 1{,}813 \cdot 10^3 \cdot 4{,}64 \cdot 10^{-4}\ cm\,s^{-1} = 0{,}841\,cm\,s^{-1}$

(3) $T_a = T_c \qquad n = 0{,}5$

$p_a V_a = p_c V_c = 13 \text{ atm L}$

$$T_a = \frac{p_a V_a}{nR} = \frac{13 \text{ atm L}}{0{,}5 \cdot 0{,}082 \frac{\text{atm L}}{\text{K}}} = 317 \text{ K}$$



a) Il lavoro è nullo $a \to b$ (isocora)

$L = -p_b (V_c - V_b)$ (isobara)

$= -1{,}4 \cancel{\text{atm}} \cdot \frac{101300 \text{ Pa}}{\cancel{\text{atm}}} \cdot 3.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$= -482 \text{ J}$ (negativo: L fatto dal gas contro le forze esterne)

b) Poiché $T_a = T_c$ $\quad \Delta E_{int} = 0$

c) Da $Q + L = \Delta E_{int} = 0$ si ha

$Q = -L = 482 \text{ J}$ (positivo: Q assorbito dal gas)

d) Essendo S funzione di stato, ΔS può essere calcolata lungo una ipotetica isoterma reversibile da $a \to c$.

$$\Delta S = \int_a^c \left(\frac{dQ}{T}\right)_{rev} =$$

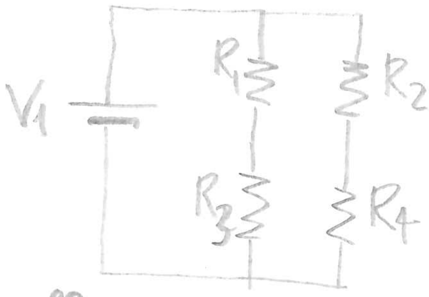
$T \text{ cost} \Rightarrow \Delta E_{int} = 0 \qquad dQ = -dL = p\,dV$

$$= \frac{1}{T_a}\int_a^c p\,dV = \frac{1}{T_a}\int_a^c \frac{nRT_a}{V}dV = nR\ln\left(\frac{V_c}{V_a}\right)$$

$$= 0{,}5 \cancel{\text{mol}} \, 8{,}314 \frac{\text{J} \, \cancel{\text{mol}^{-1}}}{\text{K}} \cdot \ln\left(\frac{9{,}3}{5{,}9}\right) = 1{,}89 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

④

a) Con S aperto si ha:



ovvero R_1 e R_3 in serie e $R_{13}^{eq} = R_1 + R_3 = 45\ \Omega$

R_2 e R_4 in serie e $R_{24}^{eq} = R_2 + R_4 = 35\ \Omega$

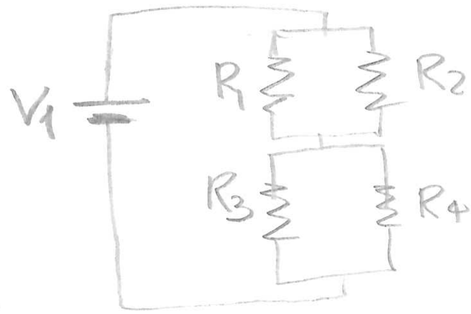
ed infine R_{13}^{eq} ed R_{24}^{eq} sono in parallelo, per cui

$$1/R_a^{eq} = 1/R_{13}^{eq} + 1/R_{24}^{eq} = \frac{1}{45\Omega} + \frac{1}{35\Omega} = 0{,}0508\ \Omega^{-1}$$

$$R_a^{eq} = 19{,}7\ \Omega$$

Infine poiché $I_a = \frac{V_1}{R_a^{eq}} = \frac{12\,V}{19{,}7\,\Omega} = 0{,}61\ A$

b) Con S chiuso invece si ha:



ovvero R_1 ed R_2 in parallelo e

$$\left(R_{12}^{eq}\right)^{-1} = 1/R_1 + 1/R_2 = 0{,}167\ \Omega^{-1}$$

analogamente R_3 ed R_4 in parallelo e

$$\left(R_{34}^{eq}\right)^{-1} = 1/R_3 + 1/R_4 = 0{,}0786\ \Omega^{-1}$$

ed infine R_{12}^{eq} ed R_{34}^{eq} sono in serie, per cui

$$R_b^{eq} = R_{12}^{eq} + R_{34}^{eq} = 18{,}7\ \Omega$$

Infine, poiché $I_b = \frac{V_1}{R_b^{eq}} = \frac{12\,V}{18{,}7\,\Omega} = 0{,}64\ A$