UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

A.A. 2021/2022 Sessione Estiva – I Prova Scritta – 19.06.2023

A

Tempo a disposizione: 2 h e 30'

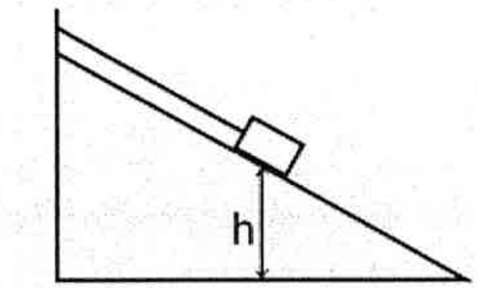
Cognome ....**Nome** ....

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 = 1.0 kg si trova su un piano inclinato di θ = 30° rispetto all'orizzontale, ad un'altezza h =1.50 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 = 0.20, mentre quello di attrito dinamico è μ_d = 0.15.



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

i) $T = mg(\text{sen}\,\vartheta - \mu_s \cos\vartheta)$ ii) $T =$ 3,2 N

Successivamente, la fune si spezza e il blocco inizia a scivolare verso il basso. Trovare:

b) l'accelerazione a del blocco durante la discesa:

i) $a = g(\text{sen}\,\vartheta - \mu_d \cos\vartheta)$ ii) $a =$ 3,6 m/s²

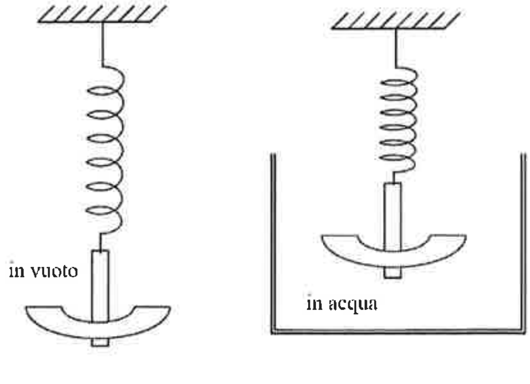
c) il lavoro L_A compiuto dalla forza di attrito dinamico in tutta la discesa:

i) $L_A = -\mu_d\, mgh\, \text{ctg}\,\vartheta$ ii) $L_A =$ − 3,8 J

d) la velocità v del blocco alla fine della discesa:

i) $v = \sqrt{2gh(1 - \mu_d\, \text{ctg}\,\vartheta)}$ ii) $v =$ 4,7 m/s

2) Un'àncora di metallo viene appesa ad una molla verticale, di costante elastica k = 2000 N/m. In vuoto, questo causa un allungamento della molla di Δx = 60 cm rispetto alla posizione di equilibrio. Se invece la stessa esperienza viene compiuta con l'àncora immersa in acqua, l'allungamento rispetto alla posizione di equilibrio è di $\Delta x'$ = 50 cm.



Determinare:

a) Il volume dell'àncora V:

i) $V = \frac{K}{\rho_a\, g}(\Delta x - \Delta x')$ ii) $V = 20\ \ell = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ m^3$

b) La densità dell'àncora ρ

i) $\rho = \frac{m}{V} = \rho_a \frac{\Delta x}{\Delta x - \Delta x'}$ ii) $\rho = 6000\ \frac{kg}{m^3}$

3) Una mole di gas ideale (n = 1.0) si trova in equilibrio termodinamico all'interno di un cilindro mantenuto in contatto termico con un termostato alla temperatura T. Il cilindro è chiuso ermeticamente da un pistone mobile. Inizialmente, la pressione ed il volume del gas valgono rispettivamente p_i = 3.0 atm e V_i = 10.0 l. Successivamente, il gas effettua una espansione isoterma reversibile (a temperatura T), fino a raggiungere il volume V_f = 40.0 l. Calcolare:

a) la temperatura T:

i) $T = \frac{p_i V_i}{nR}$ ii) $T = 366\ K$

b) Il lavoro L compiuto dal gas contro le forze esterne (specificare la convenzione sul segno)

i) $L = -nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$ ii) $L = -4200\ J$

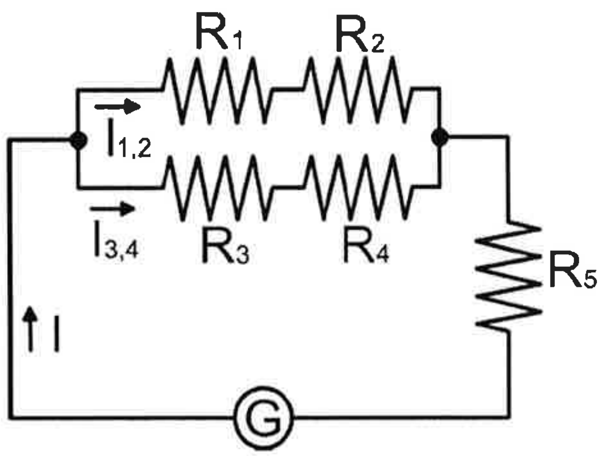
c) la variazione di energia interna ΔE_{int} del gas:

i) $\Delta E_{int} =$ 0 (è isoterma!) ii) $\Delta E_{int} = 0\ J$

d) la variazione di entropia ΔS del gas:

i) $\Delta S = \left.\frac{Q}{T}\right)_{rev} = -\frac{L}{T}$ ii) $\Delta S = 11{,}5\ \frac{J}{K}$

4) Il circuito in figura contiene un generatore di tensione ideale (G), che mantiene ai suoi capi una differenza di potenziale ΔV = 60 V, e cinque resistenze, che valgono rispettivamente:



R_1 = 120 Ω

$R_2 = R_4$ = 180 Ω

R_3 = 90 Ω

R_5 = 300 Ω,

Calcolare:

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

i) $R_{eq} = R_5 + \left((R_1+R_2)^{-1} + (R_3+R_4)^{-1}\right)^{-1}$ ii) $R_{eq} = 442\ \Omega$

b) Il valore di ciascuna delle correnti I, $I_{1,2}$ ed $I_{3,4}$ illustrate in figura:

i) $I = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$ ii) $I = 136\ mA$

i) $I_{1,2} = \frac{R_{eq}^{1234}}{R_{eq}^{12}} \cdot I$ ii) $I_{1,2} = 64\ mA$

i) $I_{3,4} = \frac{R_{eq}^{1234}}{R_{eq}^{34}} \cdot I$ ii) $I_{3,4} = 72\ mA$

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

A.A. 2021/2022 Sessione Estiva – I Prova Scritta – 19.06.2023

B

Tempo a disposizione: 2 h e 30'

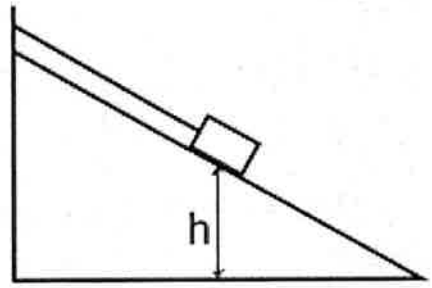
Cognome ....**Nome** ....

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 = 1.5 kg si trova su un piano inclinato di θ = 30° rispetto all'orizzontale, ad un'altezza h =1.0 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 $\mu_s = 0.25$, mentre quello di attrito dinamico è $\mu_d = 0.20$.



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

i) $T = mg(\sin\vartheta - \mu_s \cos\vartheta)$ ii) $T =$ 4,2 N

Successivamente, la fune si spezza e il blocco inizia a scivolare verso il basso. Trovare:

b) l'accelerazione a del blocco durante la discesa:

i) $a = g(\sin\vartheta - \mu_d \cos\vartheta)$ ii) $a =$ 3,2 m/s²

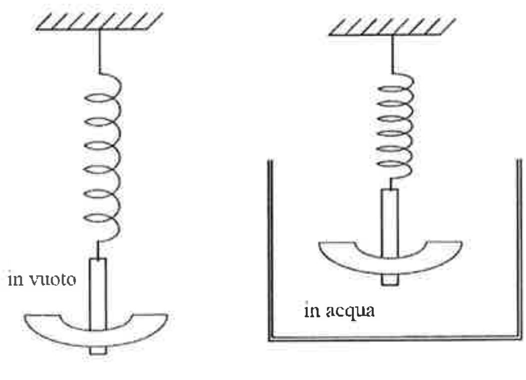
c) il lavoro L_A compiuto dalla forza di attrito dinamico in tutta la discesa:

i) $L_A = -\mu_d \cdot mgh \cdot \mathrm{ctg}\,\vartheta$ ii) $L_A =$ – 5,1 J

d) la velocità v del blocco alla fine della discesa:

i) $v = \sqrt{2gh(1 - \mu_d\,\mathrm{ctg}\,\vartheta)}$ ii) $v =$ 3,6 m/s

2) Un'àncora di metallo viene appesa ad una molla verticale, di costante elastica k = 1500 N/m. In vuoto, questo causa un allungamento della molla di Δx = 60 cm rispetto alla posizione di equilibrio. Se invece la stessa esperienza viene compiuta con l'àncora immersa in acqua, l'allungamento rispetto alla posizione di equilibrio è di $\Delta x'$ = 40 cm.



Determinare:

a) Il volume dell'àncora V:

i) $V = \frac{K}{\rho_a g}(\Delta x - \Delta x')$ ii) $V = 31\ \ell = 3{,}1 \cdot 10^{-2}\ m^3$

b) La densità dell'àncora ρ

i) $\rho = \frac{m}{V} = \rho_a \frac{\Delta x}{\Delta x - \Delta x'}$ ii) $\rho = 3000\ kg/m^3$

3) Una mole di gas ideale (n = 1.0) si trova in equilibrio termodinamico all'interno di un cilindro mantenuto in contatto termico con un termostato alla temperatura T. Il cilindro è chiuso ermeticamente da un pistone mobile. Inizialmente, la pressione ed il volume del gas valgono rispettivamente p_i = 10 atm e V_i = 3.0 l. Successivamente, il gas effettua una espansione isoterma reversibile (a temperatura T), fino a raggiungere il volume V_f = 12.0 l. Calcolare:

a) la temperatura T:

i) $T = \frac{p_i V_i}{nR}$ ii) T = 366 K

b) Il lavoro L compiuto dal gas contro le forze esterne (specificare la convenzione sul segno)

i) $L = -nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$ ii) L = − 4200 J

c) la variazione di energia interna ΔE_{int} del gas:

i) ΔE_{int} = 0 (è isoterma) ii) ΔE_{int} = 0 J

d) la variazione di entropia ΔS del gas:

i) $\Delta S = \frac{Q}{T}\Big|_{rev} = -\frac{L}{T}$ ii) $\Delta S = 11{,}5\ \frac{J}{K}$

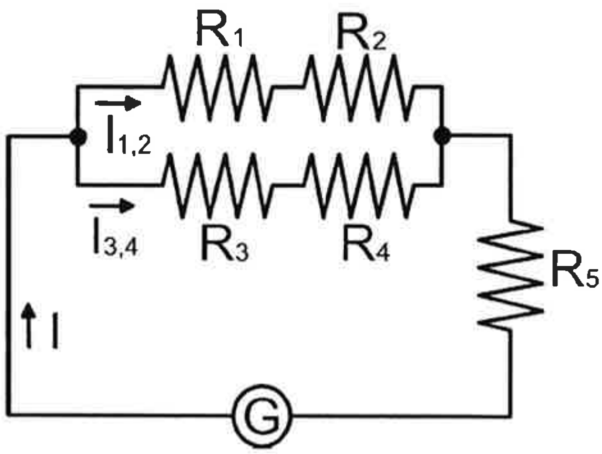
4) Il circuito in figura contiene un generatore di tensione ideale (G), che mantiene ai suoi capi una differenza di potenziale ΔV = 30 V, e cinque resistenze, che valgono rispettivamente:

R_1 = 60 Ω

R_2 = R_4 = 90 Ω

R_3 = 45 Ω

R_5 = 150 Ω,



Calcolare:

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

i) $R_{eq} = R_5 + \left((R_1+R_2)^{-1} + (R_3+R_4)^{-1}\right)^{-1}$ ii) R_{eq} = 221 Ω

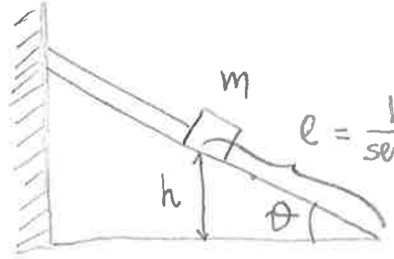
b) Il valore di ciascuna delle correnti I, $I_{1,2}$ ed $I_{3,4}$ illustrate in figura:

i) $I = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$ ii) I = 136 mA

i) $I_{1,2} = \frac{R_{eq}^{1234}}{R_{eq}^{12}}\ I$ ii) $I_{1,2}$ = 64 mA

i) $I_{3,4} = \frac{R_{eq}^{1234}}{R_{eq}^{34}}\ I$ ii) $I_{3,4}$ = 72 mA

1



$\ell = \dfrac{h}{\operatorname{sen}\vartheta}$

	A	B
m	1,0 Kg	1,5 Kg
h	1,5 m	1,0 m
μ_s	0,20	0,25
μ_d	0,15	0,20

a)

Scompongo la forza peso $\bar{P} = m\bar{g}$ nelle due componenti $\bar{P}_{/\!/}$ e $\bar{P}_{\perp}$, con $\bar{P}_{/\!/} = mg\operatorname{sen}\vartheta$ e $\bar{P}_{\perp} = mg\cos\vartheta$

Si ha anche che

$$\bar{N} = -\bar{P}_{\perp}$$

e che $f_{as} = \mu_s N = \mu_s mg\cos\vartheta$

Per trovare T considero le forze parallele al piano:

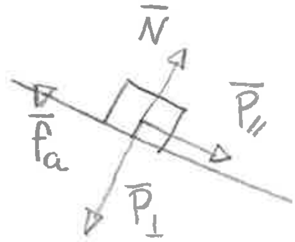
$$T + f_{as} = P_{/\!/}$$

$$T = P_{/\!/} - f_{as} = mg\operatorname{sen}\vartheta - \mu_s mg\cos\vartheta$$

$$\overset{!}{=} mg(\operatorname{sen}\vartheta - \mu_s\cos\vartheta)$$

$$\overset{!}{=} \begin{cases} 1{,}0\ \text{Kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \left(\frac{1}{2} - 0{,}2\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 3{,}2\ N \\ 1{,}5\ \text{Kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \left(\frac{1}{2} - 0{,}25\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 4{,}2\ N \end{cases}$$

b) Venuta meno $\bar{T}$, la situazione si riduce a:



dove $\bar{f_a}$ è ora la forza di attrito dinamico:

$$f_a = \mu_d N = \mu_d mg\cos\vartheta$$

L'accelerazione, per il secondo principio, è $\bar{a} = \dfrac{\Sigma\bar{F}}{m}$:

$$a = \frac{P_{/\!/} - f_a}{m} = \frac{\cancel{m}g\operatorname{sen}\vartheta - \mu_d \cancel{m}g\cos\vartheta}{\cancel{m}} = g(\operatorname{sen}\vartheta - \mu_d\cos\vartheta)$$

$$\overset{!}{=} \begin{cases} 9{,}8\ \text{m/s}^2 \left(\frac{1}{2} - 0{,}15\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 3{,}6\ \text{m/s}^2 \\ 9{,}8\ \text{m/s}^2 \left(\frac{1}{2} - 0{,}20\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 3{,}2\ \text{m/s}^2 \end{cases}$$

c) $L_A = -f_a \cdot \ell = -\mu_d\, mg \cos\vartheta \cdot \frac{h}{\operatorname{sen}\vartheta} = -\mu_d\, mgh \operatorname{ctg}\vartheta$

$$\overset{!}{=} \begin{cases} -0{,}15 \cdot 1{,}0\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 1{,}5\ m \cdot \sqrt{3} = -3{,}8\ J \\ -0{,}20 \cdot 1{,}5\ \text{kg}\ 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 1{,}0\ m \cdot \sqrt{3} = -5{,}1\ J \end{cases}$$

d) Si utilizza il teorema lavoro energia, tra la posizione iniziale (oggetto fermo ad altezza h e libero di scivolare) e posizione finale (in fondo al piano inclinato, con v):

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

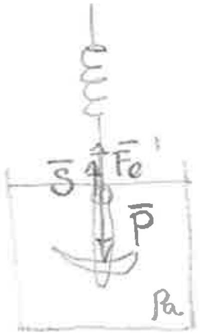
$$\mathcal{L}_g + L_A = \Delta K$$

$$\cancel{m}gh - \mu_d \cancel{m}gh \operatorname{ctg}\vartheta = \frac{1}{2}\cancel{m}v^2$$

$$v = \sqrt{2gh(1-\mu_d \operatorname{ctg}\vartheta)}$$

$$\overset{!}{=} \sqrt{\begin{cases} 2 \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 1{,}5\ m\,(1-0{,}15\sqrt{3}) \\ 2 \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 1{,}0\ m\,(1-0{,}20\sqrt{3}) \end{cases}} = \begin{cases} 4{,}7\ m/s \\ 3{,}6\ m/s \end{cases}$$

(2)



	A	B
K	$2000\ \frac{N}{m}$	$1500\ \frac{N}{m}$
Δx	60 cm	60 cm
$\Delta x'$	50 cm	40 cm

Nel caso in cui l'ancora è in vuoto, la forza peso $\overline{P}$ è equilibrata da $\overline{F_e}$, con $F_e = k\Delta x$.
In acqua, invece, $\overline{P}$ viene equilibrato dalla somma della spinta di Archimede $\overline{S}$ e di $\overline{F_e}'$, con $F_e' = k\Delta x'$.
In simboli:

$$\begin{cases} P = k\Delta x \quad (I) \\ P = S + k\Delta x' \end{cases} \Rightarrow \quad k\Delta x = S + k\Delta x'$$

$$S = k(\Delta x - \Delta x')$$

a) Ricordando che $S = \rho_a V g$, si ha:

$$\rho_a V g = k(\Delta x - \Delta x')$$

$$V = \frac{k}{\rho_a g}(\Delta x - \Delta x') \quad (II)$$

$$= \begin{cases} \dfrac{2000\ \frac{N}{m}}{1000\ \frac{kg}{m^3}\cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2}}\cdot(0{,}60 - 0{,}50)\,m = 2{,}0\cdot 10^{-2}\ m^3 \\[2ex] \dfrac{1500\ \frac{N}{m}}{1000\ \frac{kg}{m^3}\cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2}}(0{,}60 - 0{,}40)\,m = 3{,}1\cdot 10^{-2}\ m^3 \end{cases}$$

b) Essendo ora noto V, per trovare ρ è sufficiente trovare m:
Dalla (I): $P = k\Delta x$

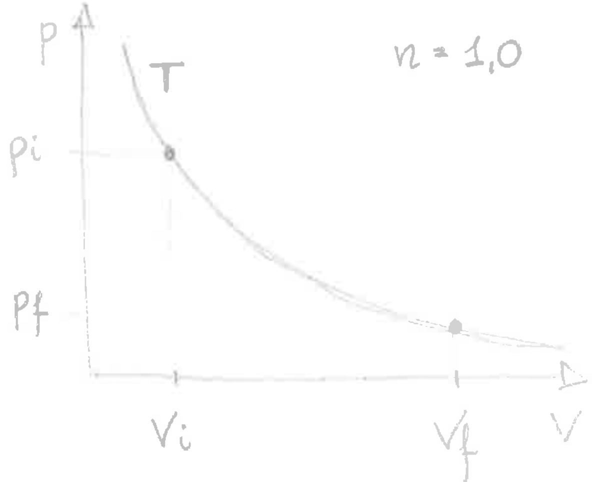
$$mg = k\Delta x$$

$$m = \frac{k\Delta x}{g}$$

Unendo alla (II): $\rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{\frac{k\Delta x}{g}}{\frac{k}{\rho_a g}(\Delta x - \Delta x')} = \rho_a \dfrac{\Delta x}{\Delta x - \Delta x'}$

$$= \begin{cases} 1000\ \frac{kg}{m^3}\ \frac{60\ cm}{10\ cm} = 6000\ \frac{kg}{m^3} \\[2ex] 1000\ \frac{kg}{m^3}\ \frac{60\ cm}{20\ cm} = 3000\ \frac{kg}{m^3} \end{cases}$$

③



$n = 1{,}0$

	A	B
p_i	3,0 atm	10 atm
V_i	10,0 ℓ	3,0 ℓ
V_f	40,0 ℓ	12,0 ℓ

a) Dall' equazione di stato dei gas perfetti:

$$p_i V_i = nRT$$

$$T = \frac{p_i V_i}{nR} = \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{3{,}0\,\text{atm} \cdot 10\,\ell}{1{,}0\,\text{mol} \cdot 0{,}082\,\frac{\text{atm}\,\ell}{\text{mol}\,K}} = \\[2ex] \dfrac{10\,\text{atm} \cdot 3{,}0\,\ell}{1{,}0\,\text{mol} \cdot 0{,}082\,\frac{\text{atm}\cdot\ell}{\text{mol}\,K}} = \end{array} \right\} = 366\ K$$

b) $$\mathcal{L} = -\int_i^f p\,dV = -\int_i^f \frac{nRT}{V}\,dV = -nRT\int_i^f \frac{1}{V}\,dV$$

$$= -nRT\left(\ln\frac{V_f}{V_i}\right) = -1{,}0\,\cancel{\text{mol}} \cdot 8{,}314\,\frac{J}{K\,\cancel{\text{mol}}} \cdot 366\,K \cdot \ln 4 = -4200\ J$$

il segno negativo indica appunto un lavoro fatto contro le forze esterne

c) Poiché la trasformazione è isoterma $T = \text{cost} \Rightarrow \Delta E_{int} = 0$

d) Nelle trasformazioni isoterme e reversibili si ha:

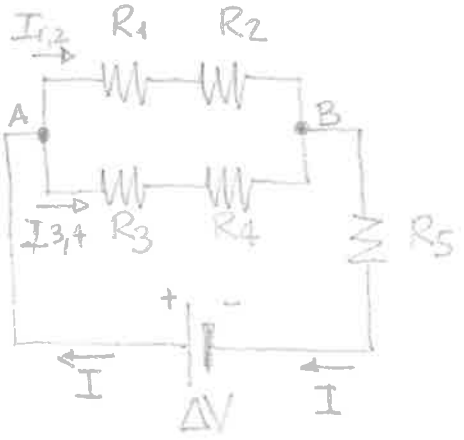
$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

con $Q = \Delta E_{int} - \mathcal{L} = 0 + nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

quindi $$\Delta S = \frac{Q}{T} = nR\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 1{,}0\,\cancel{\text{mol}} \cdot 8{,}314\,\frac{J}{K\,\cancel{\text{mol}}} \cdot \ln 4$$

$$= 11{,}5\ \frac{J}{K}$$

4



	A	B
ΔV	60 V	30 V
R_1	120 Ω	60 Ω
$R_2 = R_4$	180 Ω	90 Ω
R_3	90 Ω	45 Ω
R_5	300 Ω	150 Ω
R	30 Ω	15 Ω

Si nota che $R_1 = 4R$ con
$R_4 = R_2 = 6R$
$R_3 = 3R$
$R_5 = 10R$

a) R_1 e R_2 sono in serie: $R_{eq}^{12} = R_1 + R_2 = 4R + 6R = 10R$

R_3 e R_4 " " " : $R_{eq}^{34} = R_3 + R_4 = 3R + 6R = 9R$

R_{eq}^{12} e R_{eq}^{34} sono in parallelo:

$$\frac{1}{R_{eq}^{1234}} = \frac{1}{R_{eq}^{12}} + \frac{1}{R_{eq}^{34}} = \frac{1}{10R} + \frac{1}{9R} = \frac{9+10}{90R} = \frac{19}{90R}$$

$$R_{eq}^{1234} = \frac{90}{19} R$$

Infine, R_{eq}^{1234} e R_5 sono in serie:

$$R_{eq} = R_{eq}^{1234} + R_5 = \frac{90}{19} R + 10R = \frac{280}{19} R = \begin{cases} 442\ \Omega \\ 221\ \Omega \end{cases}$$

b) Per la I legge di Ohm, $I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \begin{pmatrix} \frac{60\ V}{442\ \Omega} \\ \frac{30\ V}{221\ \Omega} \end{pmatrix} = 0{,}136\ A$

c-d) Inoltre, per la conservazione della carica elettrica, $I = I_{12} + I_{3,4}$

Poiché inoltre: $\Delta V_{AB} = R_{eq}^{12} \cdot I_{1,2}$
$\Delta V_{AB} = R_{eq}^{34} \cdot I_{3,4}$

si ha: $\frac{I_{12}}{I_{3,4}} = \frac{R_{eq}^{34}}{R_{eq}^{12}} = \frac{9R}{10R} = \frac{9}{10}$, da cui:

$$\begin{cases} I_{1,2} + I_{3,4} = I \\ I_{1,2} = \frac{9}{10} I_{3,4} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{9}{10} I_{3,4} + I_{3,4} = I \\ - \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{19}{10} I_{3,4} = I \\ \end{cases} \quad \begin{cases} I_{3,4} = \frac{10}{19} I \\ I_{1,2} = \frac{9}{19} I \end{cases}$$

$I_{3,4} = 0{,}072\ A = 72\ mA$

$I_{1,2} = 0{,}064\ A = 64\ mA$