UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

A.A. 2021/2022 Sessione Estiva – I Prova Scritta – 28.06.2022

Tempo a disposizione: 2 h e 30'

A

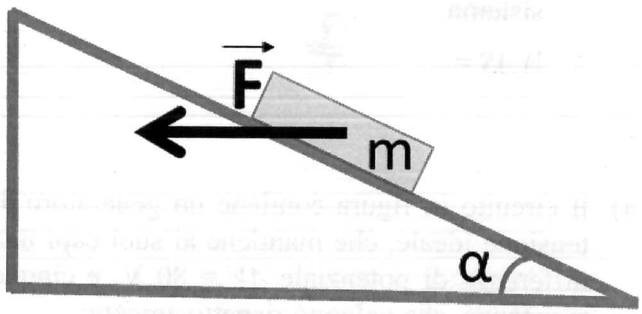
Cognome RIGON **Nome** LUIGI

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 libro di massa m = 800 g è poggiato su un piano, inclinato di α = 30° rispetto all'orizzontale. Il coefficiente di attrito statico tra il libro ed il piano inclinato vale μ_S =0.20. Il libro è tenuto fermo da una forza *orizzontale* $\boldsymbol{F}$ che lo preme contro il piano (vedi figura).



Si noti che se $\boldsymbol{F}$ fosse troppo debole, il libro scivolerebbe giù lungo il piano inclinato. Al contrario, se $\boldsymbol{F}$ fosse troppo intensa, il libro si muoverebbe risalendo il piano inclinato.

Ciò premesso, determinare:

a) Il valore F_{min} del modulo di $\boldsymbol{F}$, al di sotto del quale il libro comincia a scivolare verso il basso:

i) $F_{min} = mg \dfrac{\operatorname{sen}\alpha - \mu_S \cos\alpha}{\cos\alpha + \mu_S \operatorname{sen}\alpha}$ ii) F_{min} = 2,65 N

b) Il valore F_{max} del modulo di $\boldsymbol{F}$, al di sopra del quale il libro comincia a scivolare verso l'alto:

i) $F_{max} = mg \dfrac{\operatorname{sen}\alpha + \mu_S \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu_S \operatorname{sen}\alpha}$ ii) F_{max} = 6,89 N

2) Un tubo per innaffiare ha un diametro interno D = 2.0 cm ed è disteso orizzontalmente su un prato. All'interno del tubo scorre acqua in moto stazionario, con una velocita V = 0.80 m/s. Nella parte finale del tubo, l'acqua esce attraverso n = 48 fori a sezione circolare, ognuno dei quali ha un diametro d = 1.2 mm.

Trascurando la viscosità dell'acqua, determinare la velocità v con cui l'acqua esce da cuascun foro.

i) $v = \dfrac{V}{n}\left(\dfrac{D}{d}\right)^2$ ii) v = 4,63 m/s

3) Una massa d'acqua m = 1.00 kg, che allo stato liquido occupa un volume iniziale V_i = 1.0 l, si trova alla temperatura T = 100 °C ed alla pressione p = 1 atm dentro ad un cilindro chiuso da un pistone mobile. Mantenendo costanti queste condizioni di temperatura e pressione, l'acqua passa lentamente allo stato di vapore. Dopo che tutta l'acqua ha effettuato il passaggio di stato, il sistema si trova nella configurazione finale, in cui pressione e temperatura sono rimaste le stesse, mentre il volulme vale V_f = 1.75 m^3. Ricordando che il calore latente di vaporizzazione dell'acqua vale K_v = 2.26×10^6 J/kg, determinare, nel passaggio dallo stato iniziale i allo stato finale f:

a) Il calore Q che viene fornito al sistema:

i) Q = $m K_v$ ii) Q = $2{,}26 \cdot 10^6$ J

b) Il lavoro L compiuto dal sistema contro le forze esterne:

i) L = $-p\Delta V$ ii) L = $-1{,}77 \cdot 10^5$ J

c) La variazione ΔE_{int} di energia interna del sistema:

i) ΔE_{int} = $Q + L$ ii) ΔE_{int} = $2{,}08 \cdot 10^6$ J

d) Assumendo che il calore sia stato scambiato in modo reversibile, la variazione ΔS di entropia del sistema:

i) ΔS = $\frac{Q}{T}$ ii) ΔS = $6{,}06 \cdot 10^3$ J/K

4) Il circuito in figura contiene un generatore di tensione ideale, che mantiene ai suoi capi una differenza di potenziale ΔV = 80 V, e cinque resistenze, che valgono rispettivamente:

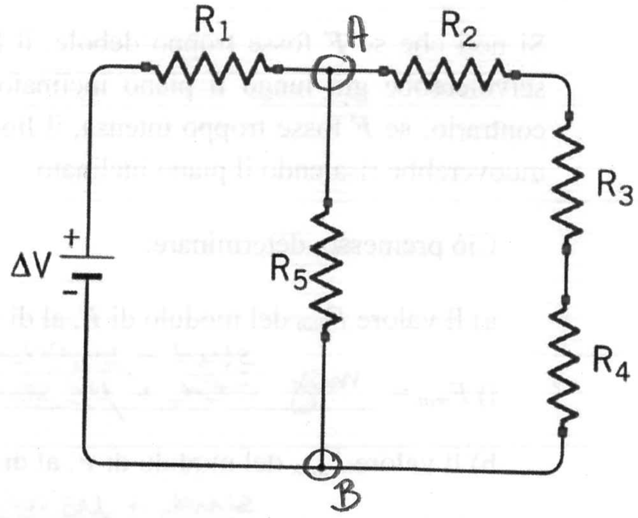
R_1 = 80 Ω

R_2 = R_4 = 10 Ω

R_3 = 20 Ω

R_5 = 40 Ω,

Calcolare:



a) La resistenza R_{eq} equivalente a tutte e cinque le resistenze del circuito:

i) R_{eq} = $R_1 + R_{eq}^{AB} = R_1 + \frac{R_5}{2}$ ii) R_{eq} = 100 Ω

b) Il valore di ciascuna delle correnti i_1, i_2, i_3, i_4 ed i_5, che attraversa rispettivamente le resistenze R_1, R_2, R_3, R_4 ed R_5:

i) i_1 = $\frac{\Delta V}{R_{eq}}$ ii) i_1 = 0,80 A

i) i_2 = $\left.\begin{matrix} \\ \\ \end{matrix}\right\}$ i_5 ii) i_2 = 0,40 A

i) i_3 = ii) i_3 = 0,40 A

i) i_4 = ii) i_4 = 0,40 A

i) i_5 = $i_1/2$ ii) i_5 = 0,40 A

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

A.A. 2021/2022 Sessione Estiva – I Prova Scritta – 28.06.2022

B

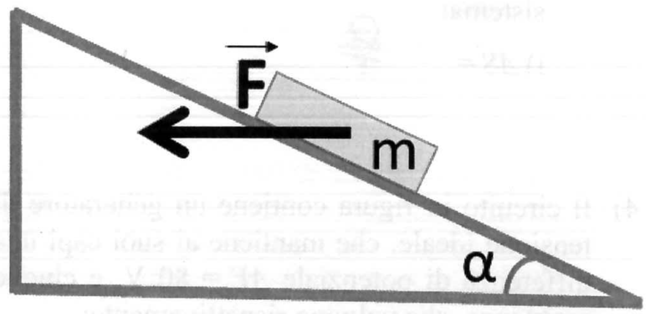
Tempo a disposizione: 2 h e 30'

Cognome RIGON **Nome** LUIGI

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 libro di massa m = 900 g è poggiato su un piano, inclinato di α = 30° rispetto all'orizzontale. Il coefficiente di attrito statico tra il libro ed il piano inclinato vale μ_S =0.15. Il libro è tenuto fermo da una forza *orizzontale* $\boldsymbol{F}$ che lo preme contro il piano (vedi figura).



Si noti che se $\boldsymbol{F}$ fosse troppo debole, il libro scivolerebbe giù lungo il piano inclinato. Al contrario, se $\boldsymbol{F}$ fosse troppo intensa, il libro si muoverebbe risalendo il piano inclinato.

Ciò premesso, determinare:

a) Il valore F_{min} del modulo di $\boldsymbol{F}$, al di sotto del quale il libro comincia a scivolare verso il basso:

i) $F_{min} = mg \dfrac{\operatorname{sen}\alpha - \mu_S \cos\alpha}{\cos\alpha + \mu_S \operatorname{sen}\alpha}$ ii) F_{min} = 3,47 N

b) Il valore F_{max} del modulo di $\boldsymbol{F}$, al di sopra del quale il libro comincia a scivolare verso l'alto:

i) $F_{max} = mg \dfrac{\operatorname{sen}\alpha + \mu_S \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu_S \operatorname{sen}\alpha}$ ii) F_{max} = 7,02 N

2) Un tubo per innaffiare ha un diametro interno D = 2.0 cm ed è disteso orizzontalmente su un prato. All'interno del tubo scorre acqua in moto stazionario, con una velocita V = 1.20 m/s. Nella parte finale del tubo, l'acqua esce attraverso n = 64 fori a sezione circolare, ognuno dei quali ha un diametro d = 1.6 mm.

Trascurando la viscosità dell'acqua, determinare la velocità v con cui l'acqua esce da cuascun foro.

i) $v = \dfrac{V}{n}\left(\dfrac{D}{d}\right)^2$ ii) v = 2,93 m/s

3) Una massa d'acqua $m = 0.80$ kg, che allo stato liquido occupa un volume iniziale $V_i = 0.8\ l$, si trova alla temperatura $T = 100$ °C ed alla pressione $p = 1$ atm dentro ad un cilindro chiuso da un pistone mobile. Mantenendo costanti queste condizioni di temperatura e pressione, l'acqua passa lentamente allo stato di vapore. Dopo che tutta l'acqua ha effettuato il passaggio di stato, il sistema si trova nella configurazione finale, in cui pressione e temperatura sono rimaste le stesse, mentre il volulme vale $V_f = 1.40$ m^3. Ricordando che il calore latente di vaporizzazione dell'acqua vale $K_v = 2.26 \times 10^6$ J/kg, determinare, nel passaggio dallo stato iniziale *i* allo stato finale *f*:

a) Il calore Q che viene fornito al sistema:

i) $Q = m K_v$ ii) $Q = 1{,}81 \cdot 10^6$ J

b) Il lavoro L compiuto dal sistema contro le forze esterne:

i) $L = -p \Delta V$ ii) $L = -1{,}42 \cdot 10^5$ J

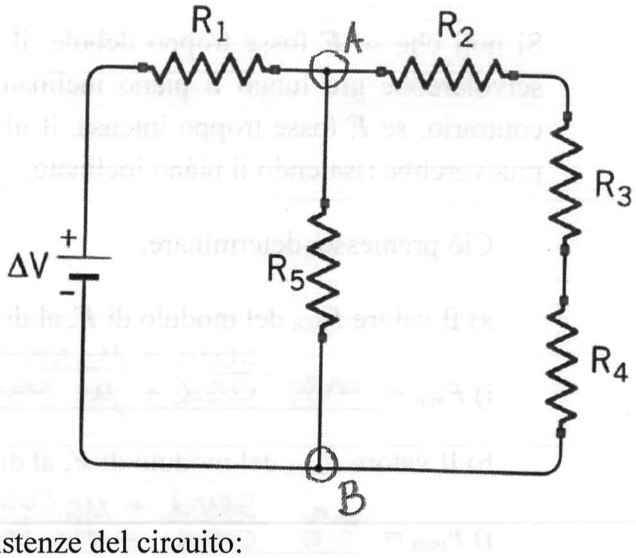
c) La variazione ΔE_{int} di energia interna del sistema:

i) $\Delta E_{int} = Q + \mathcal{L}$ ii) $\Delta E_{int} = 1{,}67 \cdot 10^6$ J

d) Assumendo che il calore sia stato scambiato in modo reversibile, la variazione ΔS di entropia del sistema:

i) $\Delta S = \frac{Q}{T}$ ii) $\Delta S = 4{,}85 \cdot 10^3$ J/K

4) Il circuito in figura contiene un generatore di tensione ideale, che mantiene ai suoi capi una differenza di potenziale $\Delta V = 80$ V, e cinque resistenze, che valgono rispettivamente:



$R_1 = 80\ \Omega$

$R_2 = R_3 = 10\ \Omega$

$R_4 = 20\ \Omega$

$R_5 = 40\ \Omega$,

Calcolare:

a) La resistenza R_{eq} equivalente a tutte e cinque le resistenze del circuito:

i) $R_{eq} = R_1 + R_{eq}^{AB} = R_1 + \frac{R_5}{2}$ ii) $R_{eq} = 100\ \Omega$

b) Il valore di ciascuna delle correnti i_1, i_2, i_3, i_4 ed i_5, che attraversa rispettivamente le resistenze R_1, R_2, R_3, R_4 ed R_5:

i) $i_1 = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$ ii) $i_1 = 0{,}80$ A

i) $i_2 = $ ii) $i_2 = 0{,}40$ A

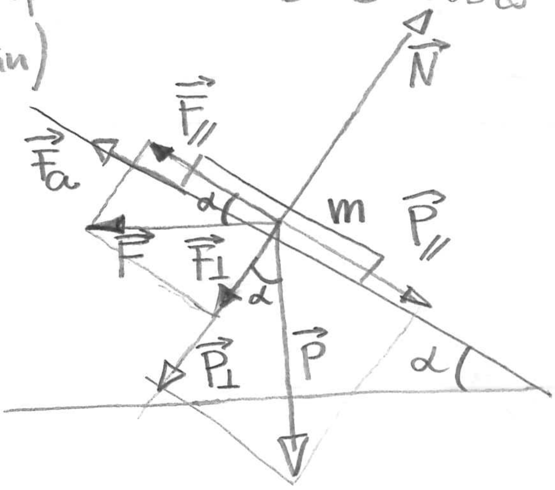
i) $i_3 = i_5$ ii) $i_3 = 0{,}40$ A

i) $i_4 = $ ii) $i_4 = 0{,}40$ A

i) $i_5 = i_1/2$ ii) $i_5 = 0{,}40$ A

(1)

a) Studiamo il caso in cui $\vec{F}$ è appena sufficiente ad impedire che il libro scivoli verso il basso: $(\vec{F} = \vec{F}_{min})$



$P = mg$
$P_\perp = mg\cos\alpha$
$P_{//} = mg\,\text{sen}\alpha$
$F_\perp = F\,\text{sen}\alpha$
$F_{//} = F\cos\alpha$

DATI	A	B
m	800g	900g
μ_s	0,20	0,15

In questo caso la forza d'attrito $\vec{F}_a$, opponendosi al moto, è orientata lungo il piano inclinato e diretta verso l'alto.
Le forze ortogonali al piano hanno risultante nulla:

$$|\vec{N}| = |\vec{P}_\perp| + |\vec{F}_\perp| = mg\cos\alpha + F\,\text{sen}\alpha$$

Da cui l'attrito:

$$|\vec{F}_a| = \mu_s |\vec{N}| = \mu_s (mg\cos\alpha + F\,\text{sen}\alpha)$$

Affinché anche le forze parallele abbiano risultante nulla, deve essere:

$$|\vec{F}_a| + |\vec{F}_{//}| = |\vec{P}_{//}| \qquad (I)$$

$$\mu_s (mg\cos\alpha + F\,\text{sen}\alpha) + F\cos\alpha = mg\,\text{sen}\alpha \qquad (II)$$

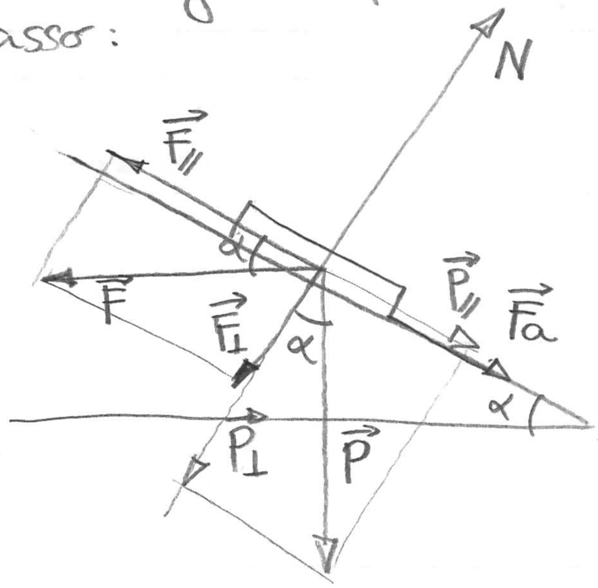
Da cui, isolando i termini in F:

$$F(\mu_s\,\text{sen}\alpha + \cos\alpha) = mg(\text{sen}\alpha - \mu_s\cos\alpha)$$

$$F_{min} = mg\,\frac{\text{sen}\alpha - \mu_s\cos\alpha}{\cos\alpha + \mu_s\,\text{sen}\alpha} = mg\,\frac{1-\mu_s\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\mu_s}$$

$$= \begin{cases} A \quad 0{,}800\text{ kg}\cdot 9{,}8\,\frac{m}{s^2}\,\frac{1-0.2\sqrt{3}}{\sqrt{3}+0{,}2} = 2{,}65\text{ N} \\ B \quad 0{,}900\text{ kg}\cdot 9{,}8\,\frac{m}{s^2}\,\frac{1-0{,}15\sqrt{3}}{\sqrt{3}+0{,}15} = 3{,}47\text{ N} \end{cases}$$

b) Nel secondo caso, $\vec{F}$ è così intensa che rischia di far scivolare il libro verso l'alto ($\vec{F} = \vec{F}_{max}$). La forza d'attrito statico, che si oppone al moto, è orientata lungo il piano inclinato, ma diretta verso il basso:



L'analisi delle forze è analoga a quella fatta in precedenza per il punto a), eccetto per $\vec{F_a}$ che ha verso opposto. Le equazioni (I) e (II) diventano quindi:

$$|\vec{F}_{//}| = |\vec{P}_{//}| + |\vec{F_a}| \qquad (III)$$

$$-|\vec{F_a}| + |\vec{F}_{//}| = |\vec{P}_{//}|$$

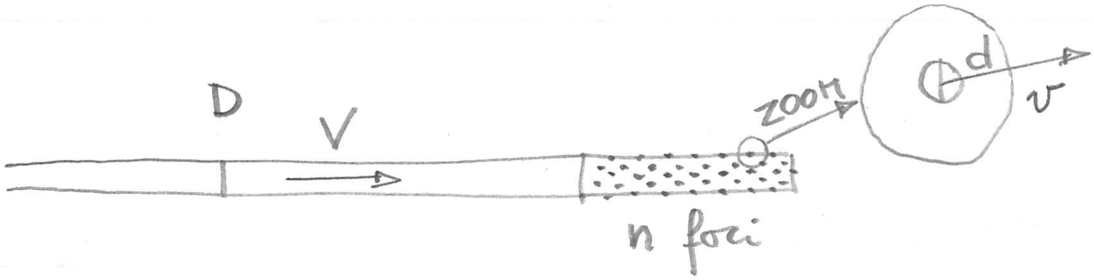
$$-\mu_s (mg\cos\alpha + F\operatorname{sen}\alpha) + F\cos\alpha = mg\operatorname{sen}\alpha \qquad (IV)$$

Confrontando la (IV) con la (II) si nota che l'unica differenza è $(-\mu_s)$ in luogo di μ_s. Si ha quindi

$$F_{max} = mg \frac{\operatorname{sen}\alpha + \mu_s \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu_s \operatorname{sen}\alpha} = mg \frac{1 + \mu_s\sqrt{3}}{\sqrt{3} - \mu_s}$$

$$= \begin{cases} A & 6{,}89 \text{ N} \\ B & 7{,}02 \text{ N} \end{cases}$$

(2)



DATI	A	B
D	2,0 cm	2,0 cm
V	0,80 $\frac{m}{s}$	1,20 $\frac{m}{s}$
n	48	64
d	1,2	1,6

Per la costanza della portata, la portata Q del tubo deve essere pari a nq, con q portata di ciascun forellino:

$$Q = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot V$$

$$q = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot v$$

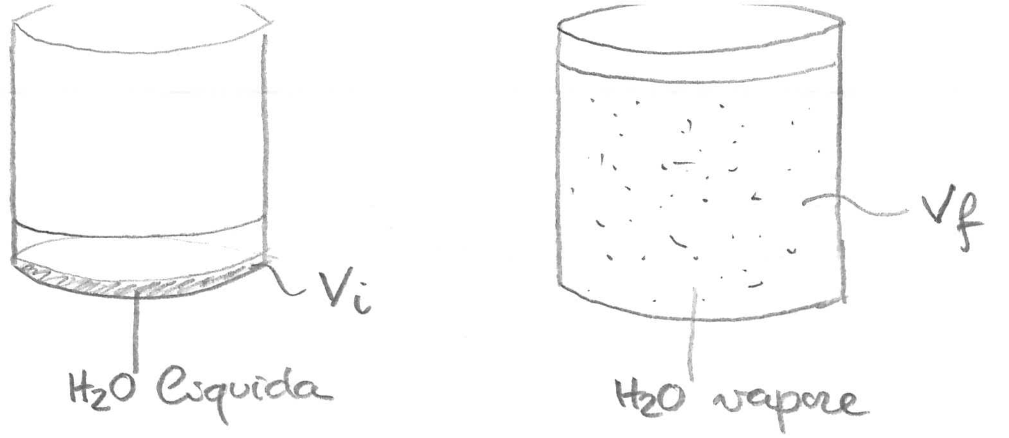
Da $Q = nq$ si ha:

$$\cancel{\pi} \left(\frac{D}{\cancel{2}}\right)^2 V = n\cancel{\pi} \left(\frac{d}{\cancel{2}}\right)^2 \cdot v$$

Da cui $v = \frac{V}{n} \left(\frac{D}{d}\right)^2$

$$= \begin{cases} A \quad \frac{0{,}80 \text{ m/s}}{48} \left(\frac{20 \cancel{\text{mm}}}{1{,}2 \cancel{\text{mm}}}\right)^2 = 4{,}63 \frac{m}{s} \\ B \quad \frac{1{,}20 \text{ m/s}}{64} \left(\frac{20 \cancel{\text{mm}}}{1{,}6 \cancel{\text{mm}}}\right)^2 = 2{,}93 \frac{m}{s} \end{cases}$$

3



$T = 100\ °C$

$p = 1\ atm \doteq 101300\ Pa$

$K_V = 2{,}26 \cdot 10^6\ \frac{J}{kg}$

DATI	A	B	
m	1,00	0,80	kg
V_i	1,0	0,8	ℓ
V_f	1,75	1,40	m^3

a) Il calore Q fornito è quello necessario al passaggio di stato:

$$Q = mK_V = \begin{cases} A & 1{,}00\ \cancel{kg} \cdot 2{,}26 \cdot 10^6\ J/\cancel{kg} = 2{,}26\ MJ \\ B & 0{,}80\ kg \cdot 2{,}26 \cdot 10^6\ J/kg = 1{,}81\ MJ \end{cases}$$

b) Il lavoro compiuto contro le forze esterne è dovuto alla variazione di volume $\Delta V = V_f - V_i \cong V_f$

$$\mathcal{L} = -p\Delta V = \begin{cases} A & -1{,}01 \cdot 10^5\ Pa \cdot 1{,}75\ m^3 = -1{,}77 \cdot 10^5\ J \\ B & -1{,}01 \cdot 10^5\ Pa \cdot 1{,}40\ m^3 = -1{,}42 \cdot 10^5\ J \end{cases}$$

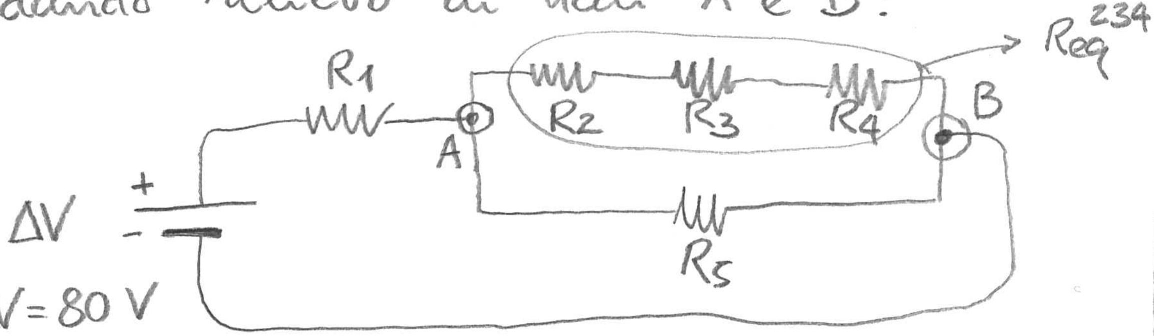
c) Per il primo principio:

$$\Delta E_{int} = Q + \mathcal{L} = \begin{cases} A & (2{,}26 - 0{,}177)\ MJ = 2{,}08\ MJ \\ B & (1{,}81 - 0{,}142)\ MJ = 1{,}67\ MJ \end{cases}$$

d) Poiché la trasformazione avviene a T costante, si ha:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \begin{cases} A & \frac{2{,}26 \cdot 10^6\ J}{373\ K} = 6{,}06 \cdot 10^3\ \frac{J}{K} \\ B & \frac{1{,}81 \cdot 10^6\ J}{373\ K} = 4{,}85 \cdot 10^3\ \frac{J}{K} \end{cases}$$

④ Le resistenze R_2, R_3 ed R_4 sono in serie, in quanto attraversate dalla stessa corrente ($i_2 = i_3 = i_4$). Tale serie è in parallelo a R_5, ed il parallelo a sua volta è in serie rispetto a R_1. Tali considerazioni possono essere rese più evidenti ridisegnando il circuito dando rilievo ai nodi A e B:

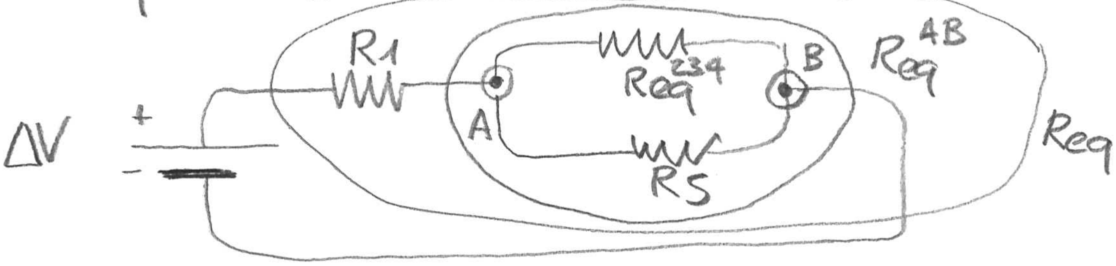


$\Delta V = 80\ V$

	A	B
R_1	$8R$	
R_2	R	
R_3	$2R$	R
R_4	R	$2R$
R_5	$4R$	

Detta $R = 10\ \Omega$ abbiamo i seguenti dati: (Sia per il compito A che per il compito B)

$$R_{eq}^{234} = R_2 + R_3 + R_4 = 4R = R_5$$



$$\frac{1}{R_{eq}^{AB}} = \frac{1}{R_{eq}^{234}} + \frac{1}{R_5} = \frac{2}{R_5}, \quad \text{da cui} \quad R_{eq}^{AB} = \frac{R_5}{2} = 2R$$

Infine:

a) $$R_{eq} = R_1 + R_{eq}^{AB} = 8R + 2R = 10\ R = 100\ \Omega$$

b) La corrente che attraversa R_1 è la stessa che attraversa R_{eq}, ovvero:

$$i_1 = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{80\ V}{100\ \Omega} = 0{,}80\ A$$

In Ⓐ, tale corrente si divide esattamente a metà, in quanto $R_{eq}^{234} = R_5$, quindi

$$i_5 = \frac{i_1}{2} = 0{,}40\ A$$

$$i_2 = i_3 = i_4 = 0{,}40\ A = i_5$$