



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

A.A. 2020/2021 Sessione Estiva – I Prova Scritta – 21.06.2021

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 di riportare negli appositi spazi su questo foglio:

- (ove possibile) la grandezza incognita richiesta espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e
- il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e le unità di misura appropriate

- 1) Un pianoforte di massa  $M = 350$  kg scivola verso il basso per una distanza  $d = 2.8$  m lungo un piano inclinato di  $\theta = 20^\circ$  e viene mantenuto a velocità costante da un uomo che lo frena spingendo indietro parallelamente al piano inclinato. Trascurando l'attrito, calcolare:



- a) L'intensità  $F$  della forza esercitata dall'uomo.

i)  $F = Mg \sin \theta$  ii)  $F = 1170 \text{ N}$

- b) Il lavoro  $L_u$  compiuto dall'uomo sul pianoforte

i)  $L_u = -Mgd \sin \theta$  ii)  $L_u = -3290 \text{ J}$

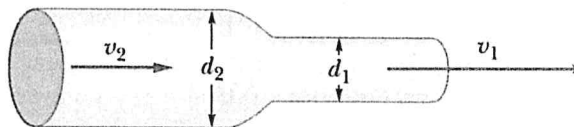
- c) Il lavoro  $L_g$  compiuto dalla forza di gravità sul pianoforte

i)  $L_g = -L_u$  ii)  $L_g = 3290 \text{ J}$

- d) Il lavoro totale  $L$  compiuto sul pianoforte

i)  $L = L_u + L_g = \Delta K$  ii)  $L = 0 \text{ J}$

- 2) Un liquido incompressibile (densità  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>) e di viscosità trascurabile fluisce con flusso stazionario entro un tubo orizzontale, come in figura. I diametri delle sezioni di sinistra e di destra del tubo sono rispettivamente  $d_2 = 5.0$  cm e  $d_1 = 3.0$  cm. Alla fine del tubo, il liquido viene liberato in atmosfera ad una velocità  $v_1 = 1.2$  m/s. Calcolare:



- a) Il volume d'acqua  $V$  liberato in atmosfera in un periodo  $\Delta t = 8$  minuti.

i)  $V = \frac{\pi}{4} d_1^2 v_1 \Delta t$  ii)  $V = 407 \text{ l}$

- b) La velocità  $v_2$  del flusso d'acqua nella sezione sinistra del tubo

i)  $v_2 = v_1 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$  ii)  $v_2 = 0.43 \text{ m/s}$

- c) La differenza tra la pressione  $p_2$  del flusso d'acqua nella sezione sinistra del tubo e la pressione atmosferica  $p_{atm}$ .

i)  $p_2 - p_{atm} = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 \right]$  ii)  $p_2 - p_{atm} = 627 \text{ Pa}$

- 3) Un recipiente termicamente isolato contiene  $m_a = 500$  g d'acqua alla temperatura  $T_a = 20^\circ\text{C}$ . Si immerge nell'acqua un cubetto di ghiaccio di massa  $m_g = 200$  g alla temperatura  $T_g = -40^\circ\text{C}$ . Supponendo che l'isolamento termico del sistema sia perfetto, il ghiaccio non si scioglie completamente, ma nello stato finale una massa residua di ghiaccio  $m_r$  rimane allo stato solido, in equilibrio con l'acqua, alla temperatura  $T_f = 0^\circ\text{C}$ . Ricordando che il calore specifico dell'acqua vale  $c = 4186 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ , quello del ghiaccio approssimativamente  $c/2$ , e che il calore latente di fusione vale  $K_f = 334 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$ , calcolare:

a) Il calore  $Q$  che l'acqua, raffreddandosi, ha ceduto al ghiaccio

i)  $Q = c \cdot m_a (T_f - T_a)$  ii)  $Q = -41,86 \text{ KJ}$

b) Quanto vale la massa residua di ghiaccio  $m_r$

i)  $m_r = m_g - \frac{c}{K_f} [m_a (T_a - T_f) + \frac{1}{2} m_g (T_g - T_f)]$  ii)  $m_r = 0,125 \text{ Kg}$

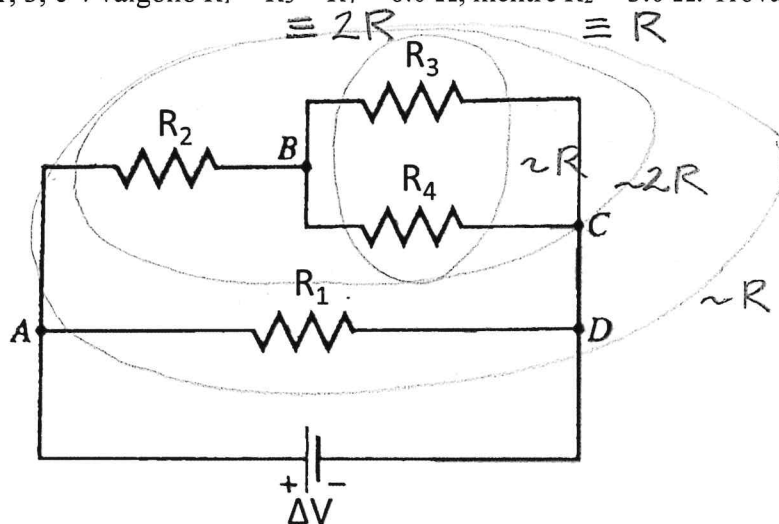
c) La variazione di entropia  $\Delta S_f$  del ghiaccio, associata alla sua fusione

i)  $\Delta S_f = \frac{K_f m_f}{T_f}$ , con  $m_f = m_g - m_r$  ii)  $\Delta S_f = 91,9 \text{ J/K}$

d) La variazione di entropia  $\Delta S_{tot}$  di tutto il sistema, relativa all'intero processo descritto

i)  $\Delta S_{tot} = c m_a \ln \frac{T_f}{T_a} + \Delta S_f + \frac{1}{2} c m_g \ln \frac{T_f}{T_g}$  ii)  $\Delta S_{tot} = 10,3 \text{ J/K}$

- 4) Nel circuito rappresentato in figura, il generatore di tensione (ideale) fornisce una differenza di potenziale  $\Delta V = 9.0 \text{ V}$ . Le resistenze 1, 3, e 4 valgono  $R_1 = R_3 = R_4 = 6.0 \Omega$ , mentre  $R_2 = 3.0 \Omega$ . Trovare:



a) La resistenza equivalente  $R_{AD}$  tra il nodo A ed il nodo D.

i)  $R_{AD} = R$  (vedi foglio) ii)  $R_{AD} = 3 \Omega$

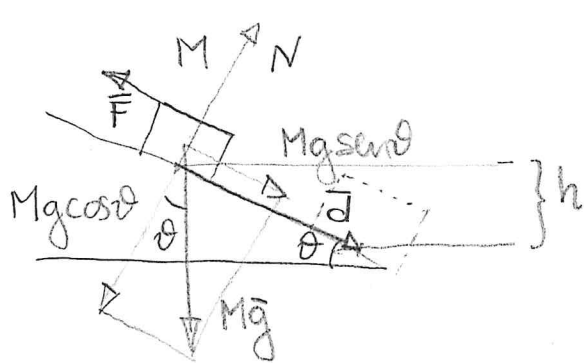
b) La corrente  $I_2$  che attraversa la resistenza  $R_2$

i)  $I_2 = \frac{\Delta V}{2R}$  ii)  $I_2 = 1,5 \text{ A}$

c) La potenza  $P$  trasferita dal generatore alla resistenza  $R_2$

i)  $P = \frac{1}{4} \frac{\Delta V^2}{R}$  ii)  $P = 6,75 \text{ W}$

①



	A	B	
M	350	320	kg
d	2,8	2,5	m
$\vartheta$	20°	25°	

Per prima cosa, conviene scomporre  $M\vec{g}$  nelle componenti parallela ed ortogonale al piano inclinato, come in figura.

a) Poiché  $v$  è costante, deve essere  $F = Mg \sin \vartheta$

$$F = \begin{cases} A & 350 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2} \sin(20^\circ) = 1173 \text{ N} \\ B & 320 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2} \sin(25^\circ) = 1325 \text{ N} \end{cases}$$

b) La forza  $\vec{F}$  è antiparallela allo spostamento  $\vec{d}$ . Pertanto:

$$L_u = \vec{F} \cdot \vec{d} = -Fd = -Mgd \sin \vartheta$$

$$L_u = \begin{cases} A & -350 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2} \cdot 2,8 \text{ m} \cdot \sin(20^\circ) = -3285 \text{ J} \\ B & -320 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2} \cdot 2,5 \text{ m} \sin(25^\circ) = -3313 \text{ J} \end{cases}$$

c) La forza di gravità compie un lavoro positivo, pari alla perdita di energia potenziale gravitazionale

$$L_g = -\Delta U_g = Mgh = Mgd \sin \vartheta = -L_u$$

$$L_g = \begin{cases} A & 3285 \text{ J} \\ B & 3313 \text{ J} \end{cases}$$

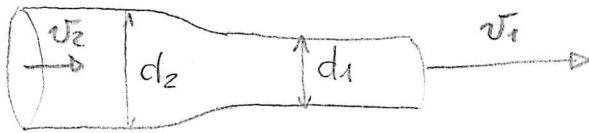
d) Non ci sono altre forze che compiono lavoro, quindi

$$L = L_u + L_g = 0$$

Del resto, per il teorema dell'energia cinetica si poteva concludere sin dall'inizio che  $v \text{ cost} \Rightarrow \Delta K = 0$  e quindi  $L = \Delta K = 0$

②

$$\rho_{H_2O} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$



	A	B	
$d_1$	3,0	2,5	cm
$d_2$	5,0	5,0	cm
$v_1$	1,2	1,8	m/s
$\Delta t$	8	7	min

a) La portata  $Q$  in uscita dal tubo vale:

$$Q = S_1 v_1 = \frac{\pi}{4} d_1^2 \cdot v_1$$

Il volume  $V$  è semplicemente:

$$V = Q \Delta t = \frac{\pi}{4} d_1^2 v_1 \Delta t$$

$$V = \begin{cases} A & \frac{\pi}{4} (3 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \cdot 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (8 \cdot 60 \text{ s}) = 0,407 \text{ m}^3 = 407 \text{ l} \\ B & \frac{\pi}{4} (2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \cdot 1,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (7 \cdot 60 \text{ s}) = 0,371 \text{ m}^3 = 371 \text{ l} \end{cases}$$

b) Per la legge di continuità:  $v_1 S_1 = v_2 S_2$

$$v_2 = v_1 \frac{S_1}{S_2} = v_1 \frac{\pi d_1^2 / 4}{\pi d_2^2 / 4} = v_1 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

$$v_2 = \begin{cases} A & 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left( \frac{3}{5} \right)^2 = 0,432 \text{ m/s} \\ B & 1,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left( \frac{1}{2} \right)^2 = 0,45 \text{ m/s} \end{cases}$$

c) Applicando il teorema di Bernoulli al tubo orizzontale ( $h_1 = h_2$ )

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

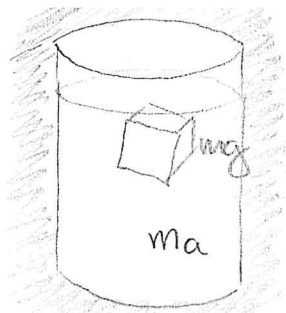
$$\text{con } p_1 = p_{\text{atm}} = 101300 \text{ Pa}$$

$$p_2 = p_{\text{atm}} + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

$$p_2 - p_{\text{atm}} = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 \right]$$

$$p_2 - p_{\text{atm}} = \begin{cases} A & \frac{1}{2} 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left( 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{3}{5} \right)^4 \right] = 627 \text{ Pa} \\ B & \frac{1}{2} 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left( 1,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{1}{2} \right)^4 \right] = 1520 \text{ Pa} \end{cases}$$

3



	A	B
$m_a$	0,500 kg	1,000 kg
$m_g$	0,200 kg	0,200 kg
$T_a$	20°C (293 K)	20°C (293 K)
$T_g$	-40°C (233 K)	-80°C (193 K)
$T_f$	0°C (273 K)	0°C (273 K)

$$T_f = 0^\circ \text{C}$$

$$c = 4186 \text{ J/(K kg)}$$

$$K_f = 334 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

- a) Raffreddandosi da  $T_a$  a  $T_f$ , l'acqua ha ceduto il calore  $Q$  (che risulta negativo in quanto ceduto dall'acqua).

$$Q = c \cdot m_a (T_f - T_a)$$

$$Q = \begin{cases} A & 4186 \frac{\text{J}}{\text{K kg}} \cdot 0,500 \text{ kg} \cdot (0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = -41860 \text{ J} \\ B & 4186 \frac{\text{J}}{\text{K kg}} \cdot 1,000 \text{ kg} \cdot (0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = -83720 \text{ J} \end{cases}$$

- b) Tale calore (cambiato di segno, in quanto viene assorbito dal ghiaccio), serve innanzitutto a scaldare il ghiaccio da  $T_g$  a  $T_f$ . Successivamente, la parte residua va a sciogliere una massa  $m_f < m_g$  di ghiaccio:

$$(II) -Q = \frac{c}{2} m_g (T_f - T_g) + K_f m_f$$

Sostituendo (I) in (II) trovo  $m_f$ :

$$-c m_a (T_f - T_a) = \frac{c}{2} m_g (T_f - T_g) + K_f m_f$$

$$-c \left[ m_a (T_f - T_a) + \frac{1}{2} m_g (T_f - T_g) \right] = K_f m_f$$

$$m_f = + \frac{c}{K_f} \left[ m_a (T_a - T_f) + \frac{1}{2} m_g (T_g - T_f) \right]$$

$$m_f = \begin{cases} A & \frac{4186 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}}{334 \cdot 10^3 \text{ J/kg}} \left[ 0,5 \text{ kg} (20 \text{ K}) + \frac{1}{2} 0,2 \text{ kg} (-40 \text{ K}) \right] = 0,075 \text{ kg} \\ B & \text{"} \left[ 1,0 \text{ kg} (20 \text{ K}) + \frac{1}{2} 0,2 \text{ kg} (-80 \text{ K}) \right] = 0,150 \text{ kg} \end{cases}$$

$$\text{Infine, } m_r = m_g - m_f = \begin{cases} A & 0,200 - 0,075 = 0,125 \text{ kg} \\ B & 0,200 - 0,150 = 0,050 \text{ kg} \end{cases}$$

- c) Durante la fusione, la quantità di calore  $K_f m_f$  viene scambiata alla temperatura  $T_f$ , per cui:

$$\Delta S_f = \frac{K_f m_f}{T_f} = \begin{cases} A & \frac{334 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \cdot 0,075 \text{ kg}}{273 \text{ K}} = 91,9 \frac{\text{J}}{\text{K}} \\ B & \frac{334 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \cdot 0,150 \text{ kg}}{273 \text{ K}} = 183,9 \frac{\text{J}}{\text{K}} \end{cases}$$

(è positiva perché il ghiaccio assorbe calore)

d) Per tenere conto della variazione di entropia dell'intero processo, a  $\Delta S_f$  appena calcolato dobbiamo aggiungere:

$\Delta S_a$  variazione di entropia dell'acqua e

$\Delta S_g$  variazione di entropia del ghiaccio.

Il calcolo è lo stesso in entrambi i casi. Prendiamo ad esempio  $\Delta S_a$ . Poiché la temperatura dell'acqua varia continuamente da  $T_a$  a  $T_f$ , si ha:

$$\Delta S_a = \int_{T_a}^{T_f} \frac{dQ}{T} = \int_{T_a}^{T_f} \frac{c m_a dT}{T} = c m_a \int_{T_a}^{T_f} \frac{dT}{T}$$

$$= c m_a \ln \frac{T_f}{T_a}$$

$$\Delta S_a = \begin{cases} A & 4186 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1} \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot \ln \left( \frac{273}{293} \right) = -148 \frac{\text{J}}{\text{K}} \\ B & 4186 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1} \cdot 1,0 \text{ kg} \cdot \ln \left( \frac{273}{293} \right) = -296 \frac{\text{J}}{\text{K}} \end{cases}$$

È negativa poiché l'acqua si raffredda.

Analogamente per il ghiaccio

$$\Delta S_g = \frac{1}{2} c m_g \ln \frac{T_f}{T_g}$$

$$\Delta S_g = \begin{cases} A & \frac{1}{2} 4186 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot \ln \left( \frac{273}{233} \right) = 66,3 \frac{\text{J}}{\text{K}} \\ B & \text{"} \text{"} \text{"} \ln \left( \frac{273}{193} \right) = 145,1 \frac{\text{J}}{\text{K}} \end{cases}$$

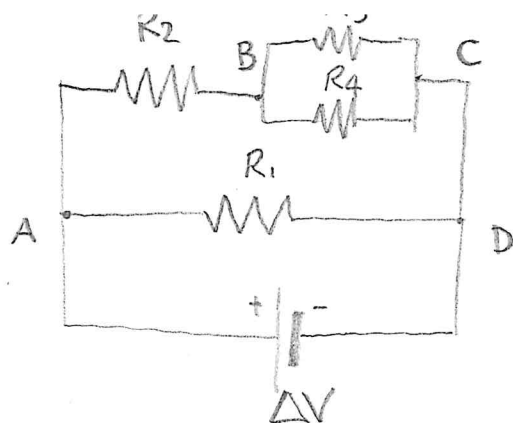
È positiva poiché il ghiaccio si riscalda.

Ed infine  $\Delta S_{\text{TOT}} = \Delta S_f + \Delta S_a + \Delta S_g$

$$\Delta S_{\text{TOT}} = \begin{cases} A & (91,9 - 148 + 66,3) \frac{\text{J}}{\text{K}} = 10,3 \frac{\text{J}}{\text{K}} \\ B & (183,9 - 296 + 145,1) \frac{\text{J}}{\text{K}} = 33,2 \frac{\text{J}}{\text{K}} \end{cases}$$

Si noti che  $\Delta S_{\text{TOT}}$ , relativa all'intero processo, è positiva, in quanto abbiamo descritto un processo naturale in un sistema isolato.

(4)



Il circuito proposto è equivalente a quello disegnato qui a fianco

	A	B	
$\Delta V$	9	24	✓
$R$	3	5	$\Omega$

Notiamo innanzitutto che  $R_1 = R_3 = R_4 = 2R$ , mentre  $R_2 = R$ .

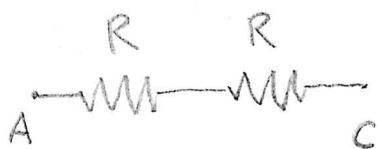
- a) Cominciamo a trovare  $R_{BC}$ , la resistenza equivalente al parallelo tra  $R_3$  e  $R_4$



$$\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R}$$

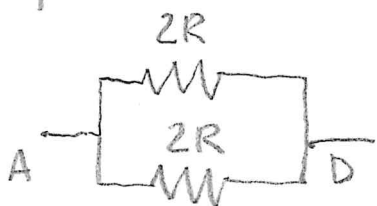
$$R_{BC} = R$$

Quindi  $R_{AC}$ , equivalente alla serie tra  $R_2$  e  $R_{BC}$



$$R_{AC} = R + R = 2R$$

Infine  $R_{AD}$  è equivalente al parallelo tra  $R_1$  e  $R_{AC}$



$$\frac{1}{R_{AD}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R}$$

$$R_{AD} = R = \begin{cases} A & 3 \Omega \\ B & 5 \Omega \end{cases}$$

- b) Riferendoci a questo schema, la corrente che attraversa  $R_2$  è quella che percorre il ramo superiore del parallelo. Tuttavia, i due rami sono equivalenti, e quindi le correnti sono uguali. In altre parole  $I_2 = I_1$ , la corrente che attraversa  $R_1$ :

$$I_2 = I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} = \begin{cases} A & \frac{9V}{2 \cdot 3 \Omega} = 1,5 \text{ A} \\ B & \frac{24V}{2 \cdot 5 \Omega} = 2,4 \text{ A} \end{cases}$$

c)

$$P = R_2 I_2^2 = R_2 \frac{\Delta V^2}{R_1^2} = R \frac{\Delta V^2}{4R^2} = \frac{1}{4} \frac{\Delta V^2}{R} = \begin{cases} A & 6,75 \text{ W} \\ B & 28,8 \text{ W} \end{cases}$$