A

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche
A.A. 2018/2019 – Corso di Fisica
II Prova Scritta Parziale in Itinere - 7.12.2018

Cognome BROMBAL **Nome** LUCA

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 serbatoio cilindrico S si può vuotare attraverso il tubo T se si apre la valvola V (si veda la Figura 1). Il serbatoio S contiene acqua ed è aperto nella parte superiore. Inoltre, la sezione di S è molto maggiore della sezione di T. Il dislivello tra la superfice libera del liquido (esposta alla pressione atmosferica p_0 = 101.3 kPa) ed il tratto orizzontale AB è pari ad h = 18.0 m.

a) Inizialmente, la valvola V è *chiusa* (ovvero non permette il flusso dell'acqua). In queste condizioni, si calcoli la pressione idrostatica p_c dell'acqua nel tratto orizzontale AB.

i) $p_c = \rho g h + p_0$ ii) $p_c =$ 277,7 KPa

b) La valvola V viene successivamente aperta, permettendo all'acqua di fluire con flusso stazionario nel tratto orizzontale AB. In queste condizioni, si misura che la pressione p_a dell'acqua nel tratto AB è pari a p_a = 251.2 kPa. Si calcoli la velocità v del flusso dell'acqua nel tratto AB:

i) $v = \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_c - P_a)}$ ii) $v =$ 7,28 m/s

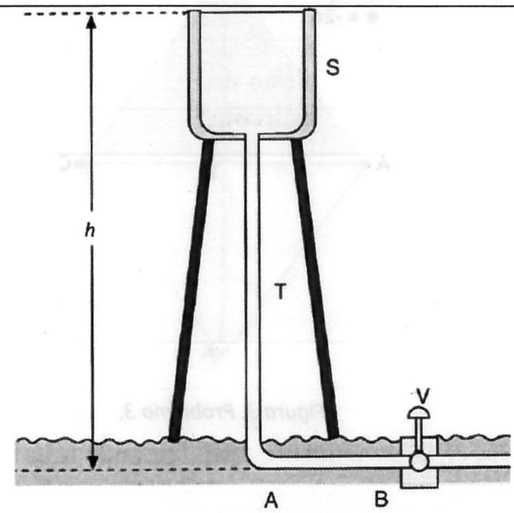


Figura 1, Problema 1.

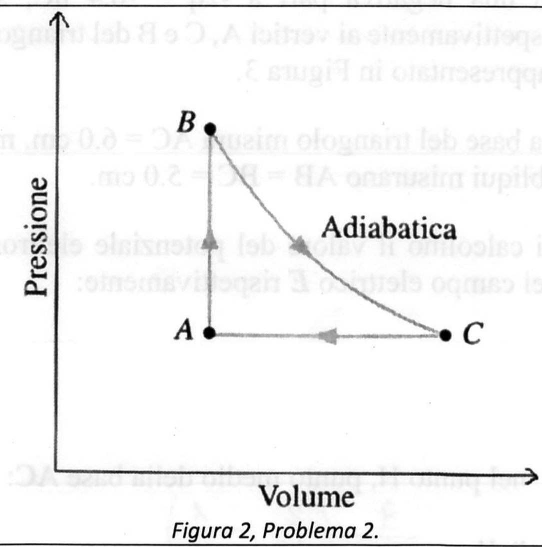


Figura 2, Problema 2.

2) Una macchina termica fa compiere a n = 1,00 mol di gas ideale *monoatomico* il ciclo ABCA illustrato in Figura 2. Sia T_A = 300 K, T_B = 600 K, e T_C = 455 K. Tutte le trasformazioni sono quasi-statiche e reversibili. Per ciascuna delle tre trasformazioni e per l'intero ciclo si calcolino:

- il calore Q (specificando se è *ceduto* o *assorbito* dal gas),
- il lavoro L (specificando se è compiuto *dal* gas o *sul* gas)
- la variazione di energia interna ΔE_{int}.

a) Per la trasformazione isocora AB:

i) Q_{AB} = $m c_v (T_B - T_A)$ ii) Q_{AB} = 3,74 kJ

i) L_{AB} = 0 ii) L_{AB} = 0

i) $\Delta E_{int\,AB}$ = Q_{AB} ii) $\Delta E_{int\,AB}$ = 3,74 kJ

b) Per la trasformazione adiabatica BC:

i) Q_{BC} = 0 ii) Q_{BC} = 0

i) L_{BC} = $m c_v (T_C - T_B) = \Delta E_{int\,BC}$ ii) L_{BC} = − 1,81 kJ

i) $\Delta E_{int\,BC}$ = $m c_v (T_C - T_B)$ ii) $\Delta E_{int\,BC}$ = − 1,81 kJ

c) Per la trasformazione isobara CA:

i) Q_{CA} = $m c_p (T_A - T_C)$ ii) Q_{CA} = − 3,22 kJ

i) L_{CA} = $- m R (T_A - T_C)$ ii) L_{CA} = − 1,29 kJ

i) $\Delta E_{int\,CA}$ = $m c_v (T_A - T_C)$ ii) $\Delta E_{int\,CA}$ = − 1,93 kJ

d) Per l'intero ciclo ABCA:

i) Q_{ABCA} = $Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA}$ ii) Q_{ABCA} = 0,52 kJ

i) L_{ABCA} = $- Q_{ABCA}$ ii) L_{ABCA} = − 0,52 kJ

i) $\Delta E_{int\,ABCA}$ = 0 ii) $\Delta E_{int\,ABCA}$ = 0

e) Infine, si calcolino le variazioni di entropia ΔS per ciascuna delle tre trasformazioni e per l'intero ciclo:

i) ΔS_{AB} = $m c_v \ln(T_B/T_A)$ ii) ΔS_{AB} = 8,64 J/K

i) ΔS_{BC} = 0 ii) ΔS_{BC} = 0

i) ΔS_{CA} = $-\Delta S_{AB}$ ii) ΔS_{CA} = − 8,64 J/K

i) ΔS_{ABCA} = 0 ii) ΔS_{ABCA} = 0

3)

Tre cariche puntiformi, due positive pari a q = 3.2 nC, ed una negativa pari a -2q = -6.4 nC, sono poste rispettivamente ai vertici A, C e B del triangolo *isoscele* rappresentato in Figura 3.

La base del triangolo misura AC = 6.0 cm, mentre i lati obliqui misurano AB = BC = 5.0 cm.

Si calcolino il valore del potenziale elettrostatico V e del campo elettrico $\boldsymbol{E}$ rispettivamente:

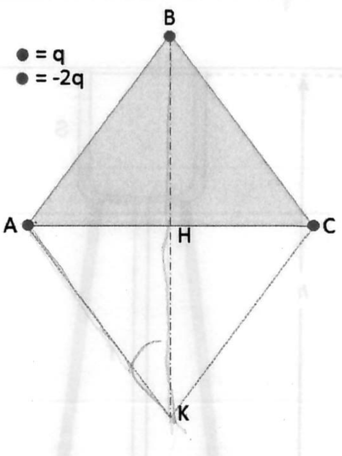


Figura 3, Problema 3.

a) nel punto H, punto medio della base AC:

i) $V_H = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2}{AC} - \frac{1}{HB}\right)$ ii) V_H = 479 V

i) $\boldsymbol{E}_H = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{(HB)^2} [\hat{j}]$ ii) $\boldsymbol{E}_H$ = 35,9 $\frac{kV}{m}$ $[\hat{j}]$ (verso l'alto)

b) e nel punto K, simmetrico del punto B rispetto alla retta che contiene la base AC:

i) $V_K = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2}{AB} - \frac{1}{HB}\right)$ ii) V_K = 431 V

i) $\boldsymbol{E}_K = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{8}{5} \cdot \frac{1}{(AK)^2} + \frac{1}{2}\frac{1}{(HB)^2}\right)[\hat{j}]$ ii) $\boldsymbol{E}_K$ = − 9,42 $\frac{kV}{m}$ $[\hat{j}]$ (verso il basso)

B

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche
A.A. 2018/2019 – Corso di Fisica
II Prova Scritta Parziale in Itinere - 7.12.2018

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 serbatoio cilindrico S si può vuotare attraverso il tubo T se si apre la valvola V (si veda la Figura 1). Il serbatoio S contiene acqua ed è aperto nella parte superiore. Inoltre, la sezione di S è molto maggiore della sezione di T. Il dislivello tra la superfice libera del liquido (esposta alla pressione atmosferica p_0 = 101.3 kPa) ed il tratto orizzontale AB è pari ad h = 16.0 m.

a) Inizialmente, la valvola V è *chiusa* (ovvero non permette il flusso dell'acqua). In queste condizioni, si calcoli la pressione idrostatica p_c dell'acqua nel tratto orizzontale AB.

i) p_c = $\rho g h + P_0$ ii) p_c = 258,2 kPa

b) La valvola V viene successivamente aperta, permettendo all'acqua di fluire con flusso stazionario nel tratto orizzontale AB. In queste condizioni, si misura che la pressione p_a dell'acqua nel tratto AB è pari a p_a = 231.2 kPa. Si calcoli la velocità v del flusso dell'acqua nel tratto AB:

i) v = $\sqrt{\frac{2}{\rho}(P_c - P_a)}$ ii) v = 7,35 m/s

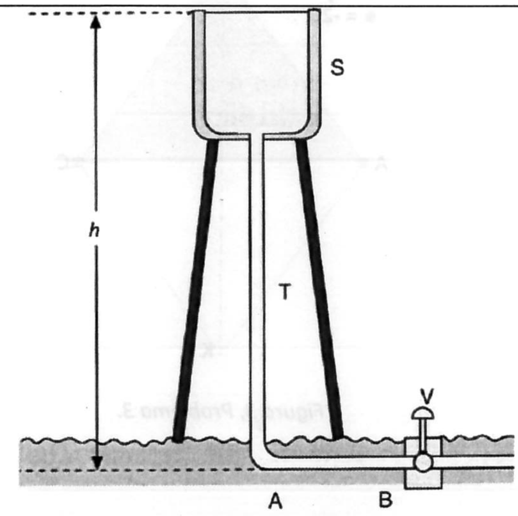


Figura 1, Problema 1.

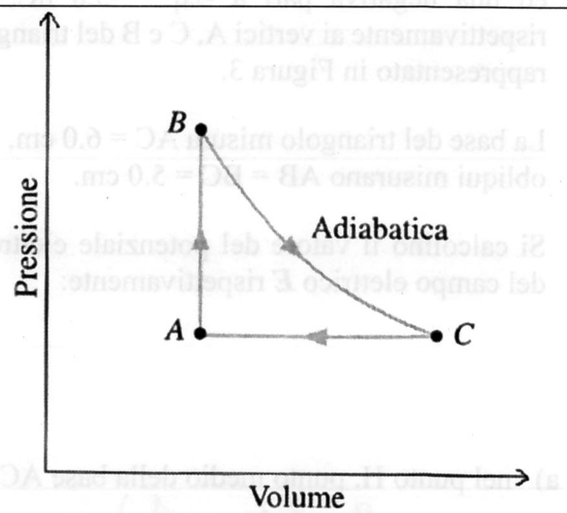


Figura 2, Problema 2.

2) Una macchina termica fa compiere a n = 1,00 mol di gas ideale *monoatomico* il ciclo ABCA illustrato in Figura 2. Sia T_A = 400 K, T_B = 800 K, e T_C = 606 K. Tutte le trasformazioni sono quasi-statiche e reversibili. Per ciascuna delle tre trasformazioni e per l'intero ciclo si calcolino:
- il calore Q (specificando se è *ceduto* o *assorbito* dal gas),
- il lavoro L (specificando se è compiuto *dal* gas o *sul* gas)
- la variazione di energia interna ΔE_{int}.

a) Per la trasformazione isocora AB:

i) $Q_{AB} = n c_v (T_B - T_A)$ ii) $Q_{AB} = 4{,}99$ kJ

i) $L_{AB} = 0$ ii) $L_{AB} = 0$

i) $\Delta E_{int\,AB} = Q_{AB}$ ii) $\Delta E_{int\,AB} = 4{,}99$ kJ

b) Per la trasformazione adiabatica BC:

i) $Q_{BC} = 0$ ii) $Q_{BC} = 0$

i) $L_{BC} = n c_v (T_C - T_B) = \Delta E_{int\,BC}$ ii) $L_{BC} = -2{,}42$ kJ

i) $\Delta E_{int\,BC} = n c_v (T_C - T_B)$ ii) $\Delta E_{int\,BC} = -2{,}42$ kJ

c) Per la trasformazione isobara CA:

i) $Q_{CA} = n c_p (T_A - T_C)$ ii) $Q_{CA} = -4{,}28$ kJ

i) $L_{CA} = -nR(T_A - T_C)$ ii) $L_{CA} = 1{,}71$ kJ

i) $\Delta E_{int\,CA} = n c_v (T_A - T_C)$ ii) $\Delta E_{int\,CA} = -2{,}57$ kJ

d) Per l'intero ciclo ABCA:

i) $Q_{ABCA} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA}$ ii) $Q_{ABCA} = 0{,}71$ kJ

i) $L_{ABCA} = -Q_{ABCA}$ ii) $L_{ABCA} = -0{,}71$ kJ

i) $\Delta E_{int\,ABCA} = 0$ ii) $\Delta E_{int\,ABCA} = 0$

e) Infine, si calcolino le variazioni di entropia ΔS per ciascuna delle tre trasformazioni e per l'intero ciclo:

i) $\Delta S_{AB} = n c_v \ln(T_B/T_A)$ ii) $\Delta S_{AB} = 8{,}64$ J/K

i) $\Delta S_{BC} = 0$ ii) $\Delta S_{BC} = 0$

i) $\Delta S_{CA} = -\Delta S_{AB}$ ii) $\Delta S_{CA} = -8{,}64$ J/K

i) $\Delta S_{ABCA} = 0$ ii) $\Delta S_{ABCA} = 0$

3)

Tre cariche puntiformi, due positive pari a q = 2.9 nC, ed una negativa pari a -2q = -5.8 nC, sono poste rispettivamente ai vertici A, C e B del triangolo *isoscele* rappresentato in Figura 3.

La base del triangolo misura AC = 6.0 cm, mentre i lati obliqui misurano AB = BC = 5.0 cm.

Si calcolino il valore del potenziale elettrostatico V e del campo elettrico $\boldsymbol{E}$ rispettivamente:

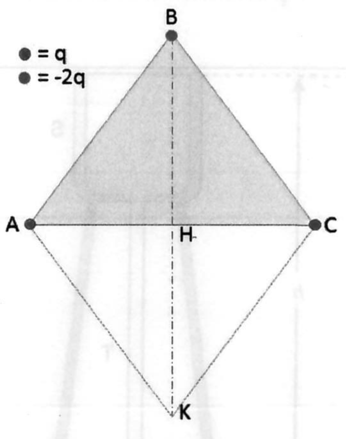


Figura 3, Problema 3.

a) nel punto H, punto medio della base AC:

i) $V_H = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2}{AC} - \frac{1}{HB}\right)$ ii) $V_H = 434$ V

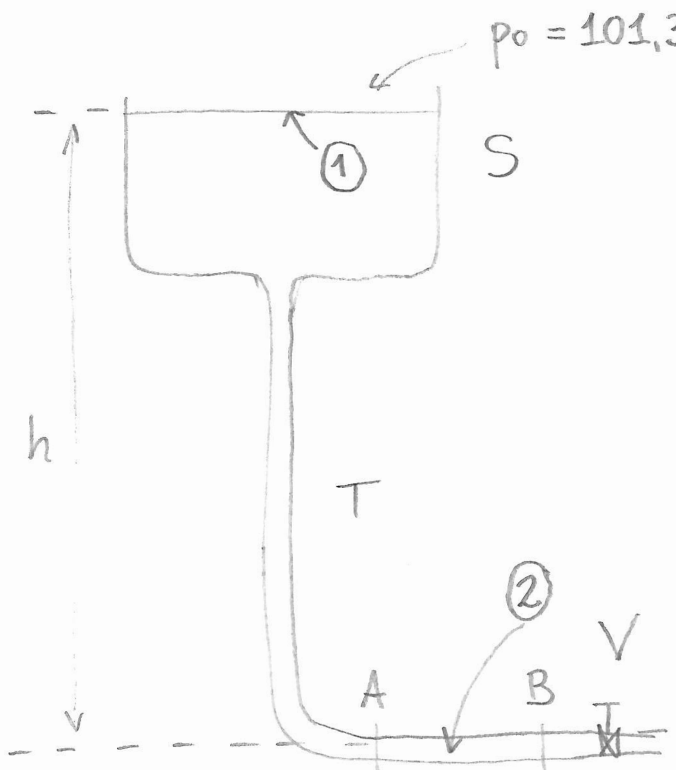
i) $\boldsymbol{E}_H = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{(HB)^2} [\hat{j}]$ ii) $\boldsymbol{E}_H = 32{,}5$ kV/m $[\hat{j}]$ (verso l'alto)

b) e nel punto K, simmetrico del punto B rispetto alla retta che contiene la base AC:

i) $V_K = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2}{AB} - \frac{1}{HB}\right)$ ii) $V_K = 391$ V

i) $\boldsymbol{E}_K = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{8}{5}\frac{1}{(AK)^2} + \frac{1}{2}\frac{1}{(HB)^2}\right) [\hat{j}]$ ii) $\boldsymbol{E}_K = -8{,}54$ kV/m $[\hat{j}]$ (verso il basso)

Problema (1)



Sezione (S) >> Sezione (T) (*)

h = 18,0 m

pa = 251,2 kPa

a) A valvola V chiusa, la pressione idrostatica pc è data dalla legge di Stevino:

$$p_c = p_0 + \rho g h$$
$$\overset{!}{=} 101{,}3\,\text{kPa} + 10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\cdot 9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot 18\,\text{m}$$
$$\overset{!}{=} (101{,}3 + 176{,}4)\,\text{kPa} = 277{,}7\ \text{kPa}$$

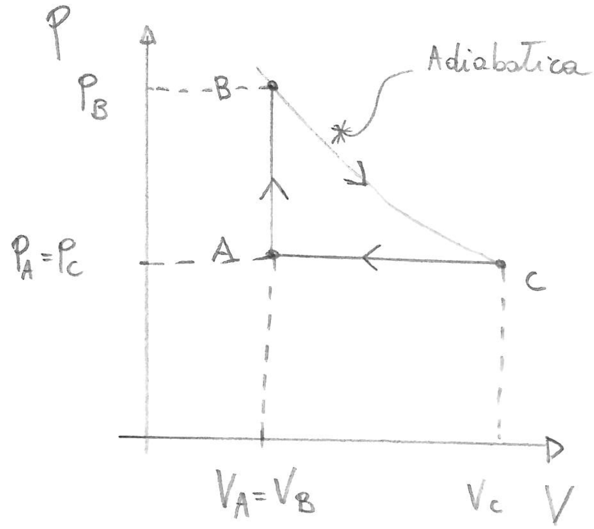
b) A valvola V aperta, si assiste ad un flusso stazionario per cui si può applicare il teorema di Bernoulli, con riferimento a: (1) superficie libera del liquido
(2) tratto AB

$$(1)\quad \underbrace{p_0 + \rho g h}_{p_c} + \cancel{\frac{1}{2}\rho v_1^2} = p_a + \frac{1}{2}\rho v^2 \quad (2)$$

trascurabile per (*)

$$\frac{1}{2}\rho v^2 = p_c - p_a \qquad v \overset{!}{=} \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_c - p_a)} = \sqrt{\frac{2\cdot(277{,}7 - 251{,}2)\,\text{kPa}}{10^3\,\text{kg}\,\text{m}^{-3}}}$$
$$\overset{!}{=} 7{,}28\ \text{m/s}$$

Problema ②



$n = 1{,}00 \text{ mol}$

$T_A = 300 \text{ K}$

$T_B = 600 \text{ K}$

$T_C = 455 \text{ K}$

$V_A = V_B = 27{,}0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

a) Nella trasformazione AB si ha:

$Q_{AB} = n c_V (T_B - T_A) = 3{,}74 \text{ kJ}$

$L_{AB} = 0$

$\Delta E_{int\,AB} = Q_{AB} + L_{AB} = Q_{AB} = n c_V (T_B - T_A) = 3{,}74 \text{ kJ}$

b) Nella trasformazione BC si ha:

$Q_{BC} = 0 \leftarrow$ (è adiabatica)

$\Delta E_{int\,BC} = L_{BC} = n c_V (T_C - T_B) \leftarrow$ (sempre vera in quanto $E_{int} = E_{int}(T)$ è funzione di stato della temperatura)

$= -1{,}81 \text{ kJ}$

c) Nella trasformazione CA si ha

$Q_{CA} = n c_p (T_A - T_C) = -3{,}22 \text{ kJ}$

$\Delta E_{int\,CA} = Q_{CA} + L_{CA} = n c_V (T_A - T_C) = -1{,}93 \text{ kJ}$

$\Rightarrow L_{CA} = n c_V (T_A - T_C) - n c_p (T_A - T_C) = n (T_A - T_C)(c_V - c_p) = -nR(T_A - T_C) = 1{,}29 \text{ kJ}$

d) Nell'intero ciclo si ha:

$Q_{ABCA} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = 0{,}52 \text{ kJ}$

$L_{ABCA} = -Q_{ABCA} = -0{,}52 \text{ kJ}$

$\Delta E_{int\,ABCA} = 0$

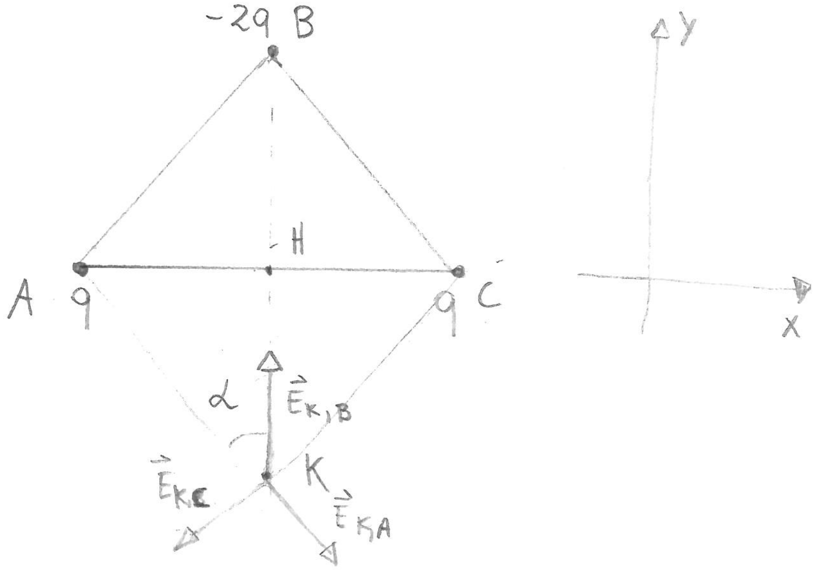
e) $\Delta S_{AB} = \int_A^B \frac{\partial Q}{T} = n c_v \int_A^B \frac{dT}{T} = n c_v \ln\left(\frac{T_B}{T_A}\right) = 8{,}64 \ \frac{J}{K}$

$\Delta S_{BC} = 0$ (non c'é scambio di calore)

$\Delta S_{ABCA} = \Delta S_{AB} + \cancel{\Delta S_{BC}} + \Delta S_{CA} = 0$ (l'entropia é una funzione di stato e quindi la sua variazione é nulla in un ciclo).

$\Rightarrow \quad \Delta S_{CA} = -\Delta S_{AB}$

Problema 3



$q = 3{,}2\ nC$

$-2q = -6{,}4\ nC$

$AC = 6{,}0\ cm$

$AB = BC = 5{,}0\ cm$

$\Rightarrow \quad HB = \sqrt{AB^2 - \left(\frac{AC}{2}\right)^2} = 4{,}0\ cm$

a) $V_H = V_{H,A} + V_{H,C} + V_{H,B}$

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{\frac{AC}{2}} + \frac{q}{\frac{AC}{2}} - \frac{2q}{HB}\right)$

in generale, il potenziale generato da una carica puntiforme q in un punto posto a distanza r è: $V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$

$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{4}{AC} - \frac{2}{HB}\right) = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2}{AC} - \frac{1}{HB}\right) = 479\ V$

$\vec{E}_H = \vec{E}_{H,A} + \vec{E}_{H,B} + \vec{E}_{H,C}$

$= \vec{E}_{H,B}$

Per simmetria i campi prodotti da A e B si annullano a vicenda

$= \frac{2q}{4\pi\varepsilon_0 (HB)^2} \cdot [\hat{j}] = 35{,}9\ \frac{kV}{m} \cdot [\hat{j}]$ (verso l'alto)

b) Si ripete il procedimento del punto a)

$V_K = V_{K,A} + V_{K,C} + V_{K,B} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{AB} + \frac{q}{AB} - \frac{2q}{2HB}\right) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2}{AB} - \frac{1}{HB}\right) = 431V$

$\vec{E}_K = \vec{E}_{K,A} + \vec{E}_{K,B} + \vec{E}_{K,C}$

↳ prossima pagina

Per simmetria le componenti dirette lungo x prodotte da A e C si annullano.

$$\vec{E}_k = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(AK)^2}\cdot\cos\alpha\,[-\hat{j}] + \frac{1}{(CK)^2}\cdot\cos\alpha\,[-\hat{j}] + \frac{2}{(2HB)^2}\,[\hat{j}]\right)$$

ricordo che $\cos\alpha = \frac{HK}{AK} = \frac{4}{5}$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{2}{(AK)^2}\cdot\frac{4}{5} + \frac{1}{2(HB)^2}\right)[\hat{j}] =$$

$$= -\ 9{,}42\ \frac{kV}{m}\,[\hat{j}]$$ (verso il basso)