

Esercitazione 12

Fisica Generale 1

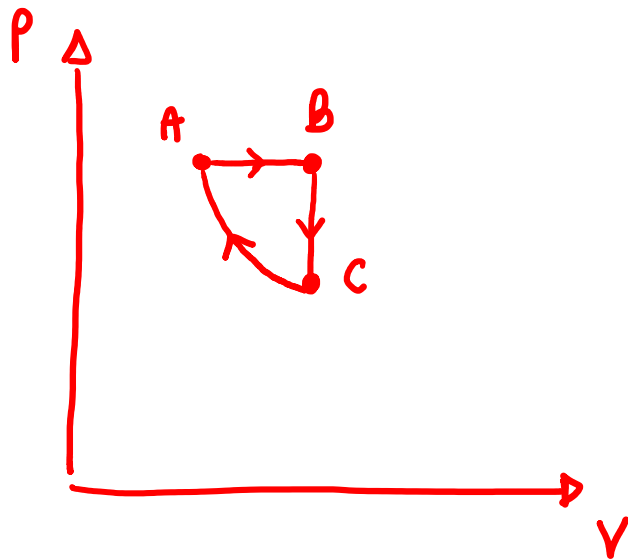
21/05/2026

Paola Perion

Esercizio 1 – Prova scritta del 08/01/2025

Una bombola contiene 1.50 mol di elio a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e 1.00 atm . Nel corso di un processo reversibile il gas viene riscaldato a pressione costante fino a raddoppiarne il volume; poi viene raffreddato a volume costante fino a $0 \text{ }^\circ\text{C}$; infine viene compresso isotermicamente alla pressione di 1.00 atm .

1) Tracciare il diagramma pressione-volume dell'intero processo indicando i valori di pressione, volume e temperatura iniziali per ciascuna delle tre trasformazioni.



$$V_B = 2V_A$$

$$A: T_A = 273 \text{ K}$$

$$P_A = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_A V_A = n R T_A \Rightarrow V_A = \frac{n R T_A}{P_A} =$$
$$= \frac{1.50 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 273 \text{ K}}{1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 3.40 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 34 \text{ l}$$

Esercizio 1 – Prova scritta del 08/01/2025

Una bombola contiene 1.50 mol di elio a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e 1.00 atm . Nel corso di un processo reversibile il gas viene riscaldato a pressione costante fino a raddoppiarne il volume; poi viene raffreddato a volume costante fino a $0 \text{ }^\circ\text{C}$; infine viene compresso isotermicamente alla pressione di 1.00 atm .

1) Tracciare il diagramma pressione-volume dell'intero processo indicando i valori di pressione, volume e temperatura iniziali per ciascuna delle tre trasformazioni.

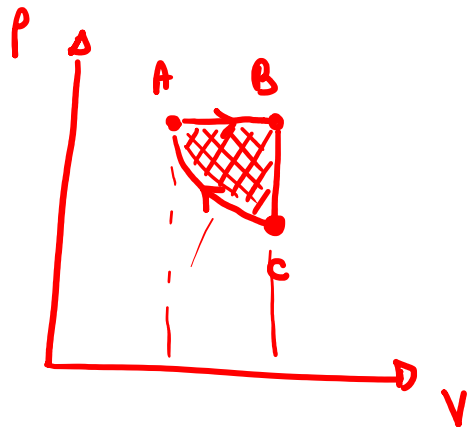
$$\begin{aligned} B: \quad p_B &= p_A = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_B &= 2V_A = 2 \cdot 3.40 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 6.80 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \\ T_B &= \frac{p_B V_B}{nR} = \frac{1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 6.80 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3}{1.50 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \\ &= 552 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C: \quad V_C &= V_B = 6.80 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \\ T_C &= T_A = 273 \text{ K} \\ p_C &= \frac{nRT_C}{V_C} = \\ &= \frac{1.50 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 273 \text{ K}}{6.80 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3} \\ &= 5.00 \cdot 10^4 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Esercizio 1 – Prova scritta del 08/01/2025

Una bombola contiene 1.50 mol di elio a 0°C e 1.00 atm . Nel corso di un processo reversibile il gas viene riscaldato a pressione costante fino a raddoppiarne il volume; poi viene raffreddato a volume costante fino a 0°C ; infine viene compresso isotermicamente alla pressione di 1.00 atm .

2) Determinare il lavoro totale compiuto dal gas, la variazione totale di energia interna e la quantità totale di calore assorbita.



$$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} \Rightarrow W = 3.4 \cdot 10^3 \text{ J} + 0 \text{ J} - 2.36 \cdot 10^3 \text{ J} = 1.04 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$W_{BC} = 0 \text{ J}$$

$$W_{AB} = P_A (V_B - V_A) = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa} (6.80 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 - 3.40 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3) = 3.4 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$W_{CA} = nRT_C \ln\left(\frac{V_A}{V_C}\right) = 1.50 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 273 \text{ K} \ln\left(\frac{3.40 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3}{6.80 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3}\right) = -2.36 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$$

$$Q - W = \Delta U \Rightarrow Q = W + \Delta U = W = 1.04 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Esercizio 2 – Prova scritta del 17/01/2022

In $m_1 = 1.00 \text{ kg}$ di acqua a 80.0°C vengono versati $m_2 = 100 \text{ g}$ di ghiaccio fondente e $m_3 = 200 \text{ g}$ di ghiaccio a -40.0°C .

1) Si verifichi che la massa di acqua è in grado di sciogliere completamente il ghiaccio.

$$Q_a = m_1 c_a \Delta T_a = m_1 c_a (273 \text{ K} - T_a) = 1.00 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} (273 \text{ K} - 353 \text{ K}) =$$
$$\underset{!}{=} -3.34 \cdot 10^5 \text{ J}$$

ghiaccio fondente: $Q_{Gf} = m_2 \lambda_f = 0.1 \text{ kg} \cdot 3.35 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1} = 3.35 \cdot 10^4 \text{ J}$

ghiaccio a -40°C : $Q_G = m_3 c_g (273 \text{ K} - 233 \text{ K}) + m_3 \lambda_f =$

$$= 0.2 \text{ kg} \cdot 2093 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} (40 \text{ K}) + 0.2 \text{ kg} \cdot 3.35 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1} =$$
$$= 8.37 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_{Gf} + Q_G = 1.17 \cdot 10^5 \text{ J} < |Q_a| = 3.34 \cdot 10^5 \text{ J}$$

→ si può sciogliere tutto

Esercizio 2 – Prova scritta del 17/01/2022

In $m_1 = 1.00 \text{ kg}$ di acqua a 80.0°C vengono versati $m_2 = 100 \text{ g}$ di ghiaccio fondente e $m_3 = 200 \text{ g}$ di ghiaccio a -40.0°C .

2) Si calcoli la temperatura T_e della miscela all'equilibrio termico.

calore ceduto = calore assorbito

$$Q_{\text{ced}} = -m_1 c_a (T_e - T_a)$$

$$Q_{\text{ass}} = Q_{Gf} + Q_G + (m_2 + m_3) c_a (T_e - 273\text{K})$$

$$-m_1 c_a (T_e - T_a) = Q_{Gf} + Q_G + (m_2 + m_3) c_a (T_e - 273\text{K})$$

$$T_e (-m_1 c_a - (m_2 + m_3) c_a) = -m_1 c_a T_a + Q_{Gf} + Q_G - (m_2 + m_3) c_a 273\text{K}$$

$$T_e = \frac{-m_1 c_a T_a + Q_{Gf} + Q_G - (m_2 + m_3) c_a 273\text{K}}{-m_1 c_a - (m_2 + m_3) c_a} = \frac{-1.00 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} 353\text{K} + 3.34 \cdot 10^5 \text{ J} - 0.3 \text{ kg}}{-1.00 \text{ kg} 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} - (0.3 \text{ kg}) 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}} = 313\text{K} = 40^\circ\text{C}$$

Esercizio 2 – Prova scritta del 17/01/2022

In $m_1 = 1.00 \text{ kg}$ di acqua a 80.0°C vengono versati $m_2 = 100 \text{ g}$ di ghiaccio fondente e $m_3 = 200 \text{ g}$ di ghiaccio a -40.0°C .

3) Si calcolino le variazioni di entropia ΔS_1 , ΔS_2 e ΔS_3 relative alle trasformazioni subite dalle masse m_1 , m_2 e m_3 rispettivamente. I valori ottenuti sono in accordo con il Secondo Principio della Termodinamica (e in particolare l'enunciato relativo all'entropia)?

$$\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T} = \int_{T_i}^{T_f} \frac{m c dT}{T} = m c \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T} = m c \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right)$$
$$\Delta S_1 = m_1 c_a \ln \left(\frac{T_e}{T_a} \right) = 1.00 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \ln \left(\frac{313 \text{ K}}{353 \text{ K}} \right) = -503 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T} = \int \left(\frac{m c dT}{T} \right) + m \lambda = m c \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right) + \frac{m \lambda}{T}$$

$$\Delta S_2 = m_2 c_a \ln \left(\frac{T_e}{273 \text{ K}} \right) + \frac{m_2 \lambda_f}{273 \text{ K}} = 180 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Esercizio 2 – Prova scritta del 17/01/2022

In $m_1 = 1.00 \text{ kg}$ di acqua a 80.0°C vengono versati $m_2 = 100 \text{ g}$ di ghiaccio fondente e $m_3 = 200 \text{ g}$ di ghiaccio a -40.0°C .

3) Si calcolino le variazioni di entropia ΔS_1 , ΔS_2 e ΔS_3 relative alle trasformazioni subite dalle masse m_1 , m_2 e m_3 rispettivamente. I valori ottenuti sono in accordo con il Secondo Principio della Termodinamica (e in particolare l'enunciato relativo all'entropia)?

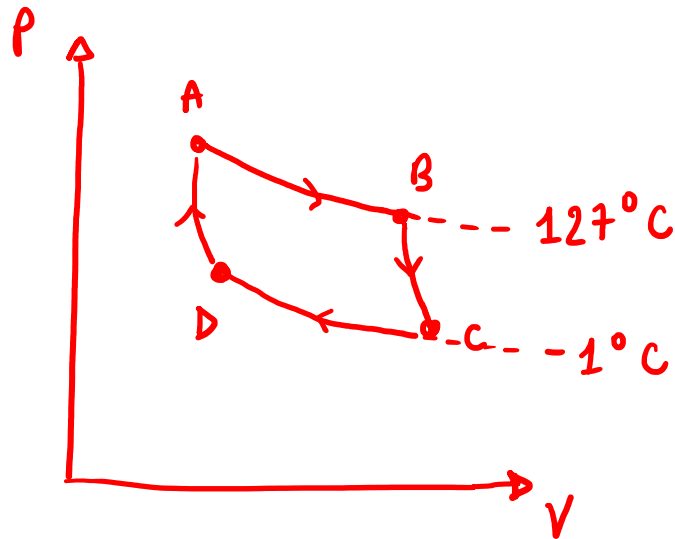
$$\begin{aligned}\Delta S_3 &= m_3 c_g \ln\left(\frac{273\text{K}}{233\text{K}}\right) + \frac{m_3 \lambda_f}{273\text{K}} + m_3 c_a \ln\left(\frac{T_e}{273\text{K}}\right) = \\ &= 66.3 \frac{\text{J}}{\text{K}} + 245.4 \frac{\text{J}}{\text{K}} + 114.3 \frac{\text{J}}{\text{K}} = 426 \frac{\text{J}}{\text{K}}\end{aligned}$$

$\Delta S_{\text{tot}} > 0 \rightarrow$ in accordo con 2° principio

Esercizio 3 – Prova scritta del 03/06/2025

Una macchina di Carnot che usa come fluido di lavoro 58 g di aria, assorbe 500 J di calore a 127 °C per ciclo e cede il suo calore a -1 °C. Tenendo presente che il peso molecolare dell'aria è 29 g/mol, determinare:

1) il rendimento termico, il calore ceduto e il lavoro totale compiuto dalla macchina;



$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{272 \text{ K}}{400 \text{ K}} = 0.32 \quad 32\%$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ced}|}{Q_{ass}} \Rightarrow \frac{|Q_{ced}|}{Q_{ass}} = \frac{T_f}{T_c}$$

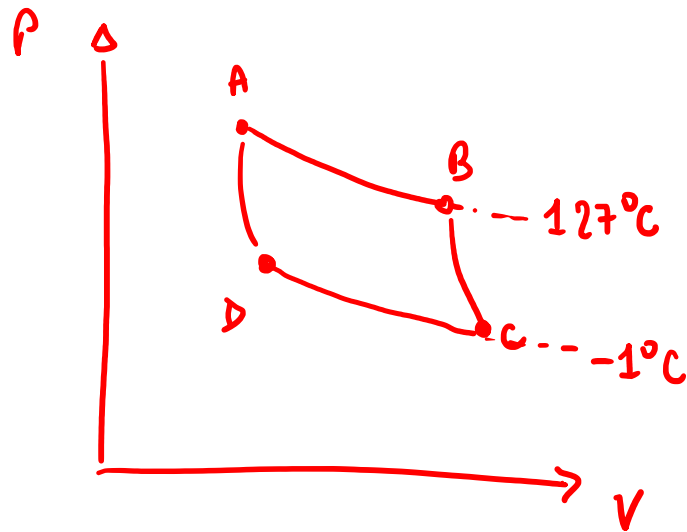
$$|Q_{ced}| = \frac{T_f}{T_c} Q_{ass} = \frac{272 \text{ K}}{400 \text{ K}} 500 \text{ J} = 340 \text{ J}$$

$$W = Q_{ass} - |Q_{ced}| = 500 \text{ J} - 340 \text{ J} = 160 \text{ J}$$

Esercizio 3 – Prova scritta del 03/06/2025

Una macchina di Carnot che usa come fluido di lavoro 58 g di aria, assorbe 500 J di calore a 127 °C per ciclo e cede il suo calore a -1 °C. Tenendo presente che il peso molecolare dell'aria è 29 g/mol, determinare:

2) la variazione dell'energia interna dell'aria in ognuno dei quattro processi del ciclo e nell'intero ciclo;



$$\Delta U_{AB} = 0$$

$$\Delta U_{CD} = 0$$

$$\Delta U_{BC} = n C_V \Delta T_{BC} = n \frac{5}{2} R (272\text{K} - 400\text{K}) =$$

$$= \frac{m}{M} \frac{5}{2} R (272\text{K} - 400\text{K}) = \frac{58\text{g}}{29\text{g mol}^{-1}} \frac{5}{2} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} (272 - 400)\text{K}$$

$$= -5321\text{J}$$

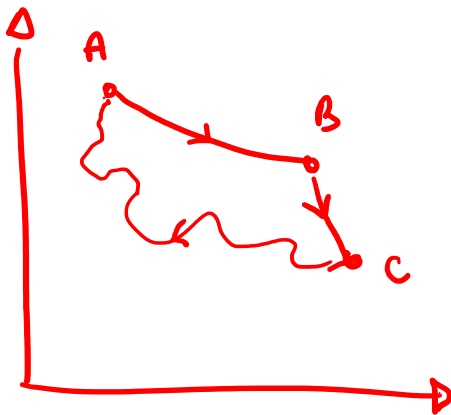
$$\Delta U_{DA} = n C_V \Delta T_{DA} = n C_V (400\text{K} - 272\text{K}) = 5321\text{J}$$

$$\Delta U_{\text{tot}} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD} + \Delta U_{DA} = 0 - 5321\text{J} + 0 + 5321\text{J} = 0$$

Esercizio 3 – Prova scritta del 03/06/2025

Una macchina di Carnot che usa come fluido di lavoro 58 g di aria, assorbe 500 J di calore a 127 °C per ciclo e cede il suo calore a -1 °C. Tenendo presente che il peso molecolare dell'aria è 29 g/mol, determinare:

3) si assuma ora che in un certo ciclo, a seguito dei due processi di espansione della macchina di Carnot, seguano due processi di compressione non reversibili che riportano il sistema allo stato iniziale; calcolare la variazione di entropia durante tali processi di compressione e spiegare se il risultato è in accordo con il secondo principio della termodinamica e in particolare con l'enunciato relativo all'entropia.



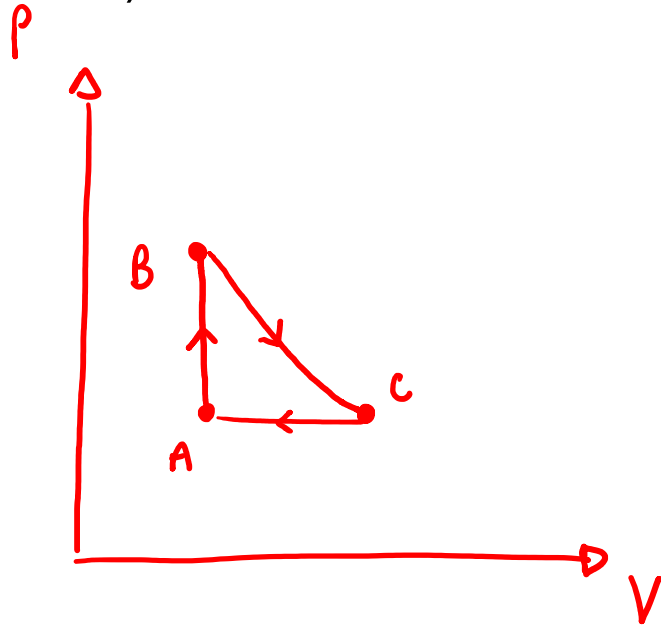
$$\Delta S_{\text{ciclo}} = 0 = \Delta S_{ABC} + \Delta S_{CA}$$

$$\Delta S_{CA} = -\Delta S_{ABC} = -\frac{Q_{\text{ass}}}{T_c} = -\frac{500\text{J}}{400\text{K}} = -1.25 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Esercizio 4

Una mole di un gas ideale monoatomico ha inizialmente una temperatura di 27 °C. Esso viene riscaldato in maniera isocora fino ad una temperatura di 327 °C, poi viene sottoposto ad una espansione isoterma fino alla sua pressione iniziale e infine viene compresso in maniera isobara fino allo stato iniziale. Tutte le trasformazioni sono reversibili.

1) Calcolare il rendimento del ciclo.



$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ced}|}{Q_{ass}}$$

$$Q_{ced} = Q_{CA}$$

$$Q_{ass} = Q_{AB} + Q_{BC}$$

$$\begin{aligned} AB: Q - \cancel{W} &= \Delta U \Rightarrow Q_{AB} = \Delta U_{AB} = n C_V (T_B - T_A) = \\ &= n \frac{3}{2} R (T_B - T_A) = \\ &= 1 \text{ mol} \frac{3}{2} 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} (600\text{K} - 300\text{K}) = \\ &= 3741 \text{ J} \end{aligned}$$

Esercizio 4

Una mole di un gas ideale monoatomico ha inizialmente una temperatura di 27 °C. Esso viene riscaldato in maniera isocora fino ad una temperatura di 327 °C, poi viene sottoposto ad una espansione isoterma fino alla sua pressione iniziale e infine viene compresso in maniera isobara fino allo stato iniziale. Tutte le trasformazioni sono reversibili.

1) Calcolare il rendimento del ciclo.

$$\begin{aligned} BC: \quad Q - W &= \Delta Q & Q_{BC} = W_{BC} &= n R T_B \ln \left(\frac{V_C}{V_B} \right) = n R T_B \ln \left(\frac{T_B}{T_A} \frac{V_C}{V_B} \right) = \\ p_B V_B &= p_C V_C \Rightarrow V_C &= \frac{p_B}{p_C} V_B = \frac{T_B}{T_A} V_B &= 1,8 \cdot 314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot 600 \text{K} \ln \left(\frac{600 \text{K}}{300 \text{K}} \right) = \\ AB: \quad \frac{p_A}{T_A} &= \frac{p_B}{T_B} & \frac{p_B}{p_A} = \frac{T_B}{T_A} = \frac{p_B}{p_C} &= 3458 \text{ J} \end{aligned}$$

Esercizio 4

Una mole di un gas ideale monoatomico ha inizialmente una temperatura di 27 °C. Esso viene riscaldato in maniera isocora fino ad una temperatura di 327 °C, poi viene sottoposto ad una espansione isoterma fino alla sua pressione iniziale e infine viene compresso in maniera isobara fino allo stato iniziale. Tutte le trasformazioni sono reversibili.

1) Calcolare il rendimento del ciclo.

$$Q_{CA} = n C_p (T_A - T_C) = 1 \text{ mol} \frac{5}{2} R (300 \text{ K} - 600 \text{ K}) = -6236 \text{ J}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ced}|}{Q_{ass}} = 1 - \frac{|Q_{CA}|}{Q_{AB} + Q_{BC}} = 1 - \frac{|-6236 \text{ J}|}{3741 \text{ J} + 3458 \text{ J}} = 0.13$$

Esercizio 5 – Prova scritta del 13/06/2022

Un recipiente cilindrico di altezza $h = 192 \text{ cm}$ e superficie di base $S = 128 \text{ cm}^2$ è diviso in due parti A e B da un pistone scorrevole verticalmente senza attrito, di massa $M = 2.50 \text{ kg}$ e spessore $s = 2.00 \text{ cm}$. Le due parti A e B sono collegate attraverso un tubicino esterno al recipiente, di volume trascurabile e munito di un rubinetto inizialmente chiuso (stato termodinamico “i”). In A c’è il vuoto, mentre in B vi sono $n = 1.10 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ di un gas perfetto monoatomico alla temperatura ambiente di $T_0 = 27.0 \text{ °C}$.

1) Si calcoli la pressione a cui è sottoposto il gas perfetto contenuto nella parte B.

Esercizio 5 – Prova scritta del 13/06/2022

Un recipiente cilindrico di altezza $h = 192 \text{ cm}$ e superficie di base $S = 128 \text{ cm}^2$ è diviso in due parti A e B da un pistone scorrevole verticalmente senza attrito, di massa $M = 2.50 \text{ kg}$ e spessore $s = 2.00 \text{ cm}$. Le due parti A e B sono collegate attraverso un tubicino esterno al recipiente, di volume trascurabile e munito di un rubinetto inizialmente chiuso (stato termodinamico “i”). In A c’è il vuoto, mentre in B vi sono $n = 1.10 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ di un gas perfetto monoatomico alla temperatura ambiente di $T_0 = 27.0 \text{ °C}$.

2) Si calcolino i volumi V_A e V_B delle parti A e B [attenzione: bisogna tenere conto anche del volume del pistone].

Esercizio 5 – Prova scritta del 13/06/2022

Un recipiente cilindrico di altezza $h = 192 \text{ cm}$ e superficie di base $S = 128 \text{ cm}^2$ è diviso in due parti A e B da un pistone scorrevole verticalmente senza attrito, di massa $M = 2.50 \text{ kg}$ e spessore $s = 2.00 \text{ cm}$. Le due parti A e B sono collegate attraverso un tubicino esterno al recipiente, di volume trascurabile e munito di un rubinetto inizialmente chiuso (stato termodinamico “i”). In A c’è il vuoto, mentre in B vi sono $n = 1.10 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ di un gas perfetto monoatomico alla temperatura ambiente di $T_0 = 27.0 \text{ °C}$.

3) Si apre il rubinetto in maniera tale da far scendere il pistone molto lentamente, a temperatura costante, e si lascia così aperto fino a quando il pistone raggiunge il fondo del recipiente (stato termodinamico “f”). L’operazione può considerarsi reversibile? Si giustifichi la risposta, tenendo conto che inizialmente nella parte A vi era il vuoto.

Esercizio 5 – Prova scritta del 13/06/2022

Un recipiente cilindrico di altezza $h = 192 \text{ cm}$ e superficie di base $S = 128 \text{ cm}^2$ è diviso in due parti A e B da un pistone scorrevole verticalmente senza attrito, di massa $M = 2.50 \text{ kg}$ e spessore $s = 2.00 \text{ cm}$. Le due parti A e B sono collegate attraverso un tubicino esterno al recipiente, di volume trascurabile e munito di un rubinetto inizialmente chiuso (stato termodinamico “i”). In A c’è il vuoto, mentre in B vi sono $n = 1.10 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ di un gas perfetto monoatomico alla temperatura ambiente di $T_0 = 27.0 \text{ °C}$.

4) Si calcoli la variazione di entropia subita dal gas fra lo stato iniziale “i” e finale “f” e specificare la trasformazione scelta per il calcolo.