Esercitazione 11

Fisica Generale 1

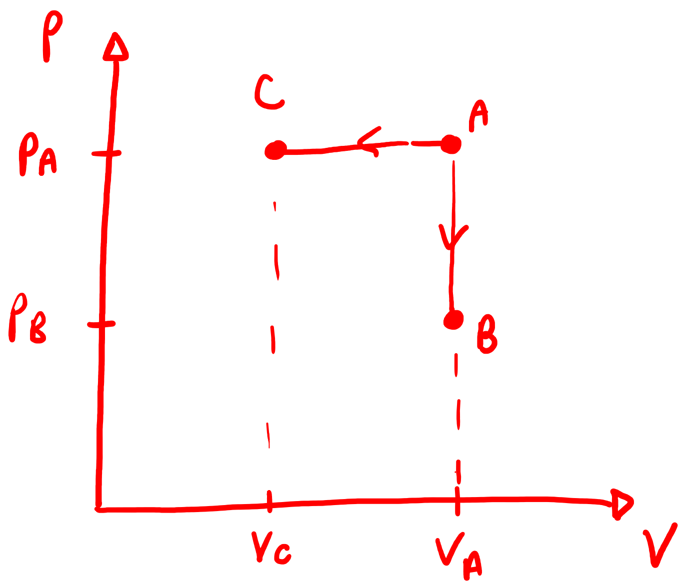
20/05/2026

Paola Perion

Esercizio 1 – Prova scritta del 12/09/2024

Un gas perfetto biatomico dimezza la propria pressione con una trasformazione isocora dallo stato A allo stato B, cedendo un calore pari a $300\ J$. Si supponga che a partire dallo stesso stato iniziale A il gas compia una trasformazione isobara, nel cui stato finale C il volume risulta dimezzato.

1) Rappresentare le trasformazioni in un diagramma pressione-volume.



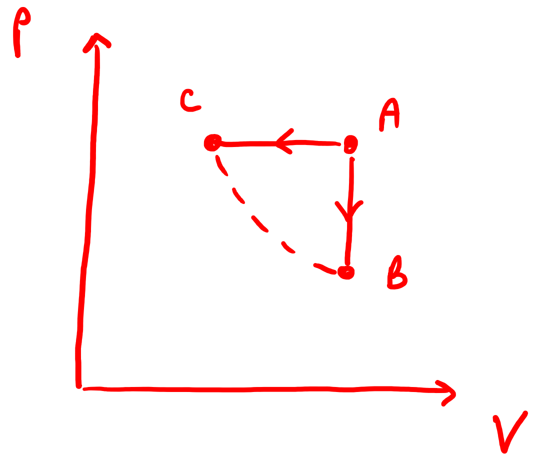
$$P_B = \frac{1}{2} P_A$$

$$V_C = \frac{1}{2} V_A$$

Esercizio 1 – Prova scritta del 12/09/2024

Un gas perfetto biatomico dimezza la propria pressione con una trasformazione isocora dallo stato A allo stato B, cedendo un calore pari a $300\ J$. Si supponga che a partire dallo stesso stato iniziale A il gas compia una trasformazione isobara, nel cui stato finale C il volume risulta dimezzato.

2) Supponendo che tutte le trasformazioni siano reversibili, quanto vale il lavoro compiuto nella trasformazione AC?



$$W_{AC} = p_A (V_C - V_A) \rightarrow \text{NO}$$

$$Q_{AC} - W_{AC} = \Delta U_{AC} \Rightarrow \boxed{W_{AC} = Q_{AC} - \Delta U_{AC}}$$

$$Q_{AB} - \cancel{W_{AB}} = \Delta U_{AB} \Rightarrow Q_{AB} = \Delta U_{AB}$$

$$AC: \frac{T_A}{V_A} = \frac{T_C}{V_C} \quad \text{ma} \quad V_C = \frac{1}{2} V_A \quad \text{quindi} \quad \frac{T_A}{V_A} = \frac{T_C}{V_A} 2 \Rightarrow T_A = 2 T_C$$

$$AB: \frac{T_A}{p_A} = \frac{T_B}{p_B} \quad \text{ma} \quad p_B = \frac{1}{2} p_A \quad \text{quindi} \quad \frac{T_A}{p_A} = \frac{T_B}{p_A} 2 \Rightarrow T_A = 2 T_B$$

$$\Rightarrow \boxed{T_C = T_B}$$

Esercizio 1 – Prova scritta del 12/09/2024

Un gas perfetto biatomico dimezza la propria pressione con una trasformazione isocora dallo stato A allo stato B, cedendo un calore pari a $300\ J$. Si supponga che a partire dallo stesso stato iniziale A il gas compia una trasformazione isobara, nel cui stato finale C il volume risulta dimezzato.

2) Supponendo che tutte le trasformazioni siano reversibili, quanto vale il lavoro compiuto nella trasformazione AC?

$$\begin{cases} Q_{AC} = n\,C_p\,(T_C - T_A) & (1) \\ Q_{AB} = n\,C_v\,(T_B - T_A) & (2) \\ T_C = T_B & (3) \end{cases}$$

$(1) \div (2)$

$$\frac{Q_{AC}}{Q_{AB}} = \frac{\cancel{n}\,C_p\,(T_C - T_A)}{\cancel{n}\,C_v\,(T_B - T_A)} = \frac{C_p}{C_v}\,\frac{\cancel{(T_C - T_A)}}{\cancel{(T_C - T_A)}} = \frac{7}{\cancel{2}}\cancel{R}\,\frac{\cancel{2}}{5\cancel{R}} = \frac{7}{5}$$

$$Q_{AC} = \frac{7}{5}\,Q_{AB}$$

$$W_{AC} = Q_{AC} - \Delta U_{AC}$$

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

$$\Delta U_{ciclo} = 0 = \cancel{\Delta U_{BC}} + \Delta U_{AC} - \Delta U_{AB}$$

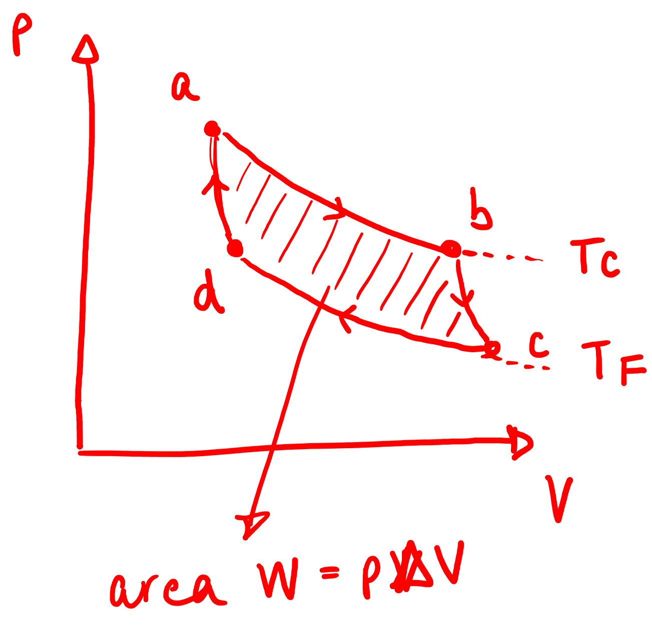
$$\Delta U_{AC} = +\Delta U_{AB}$$

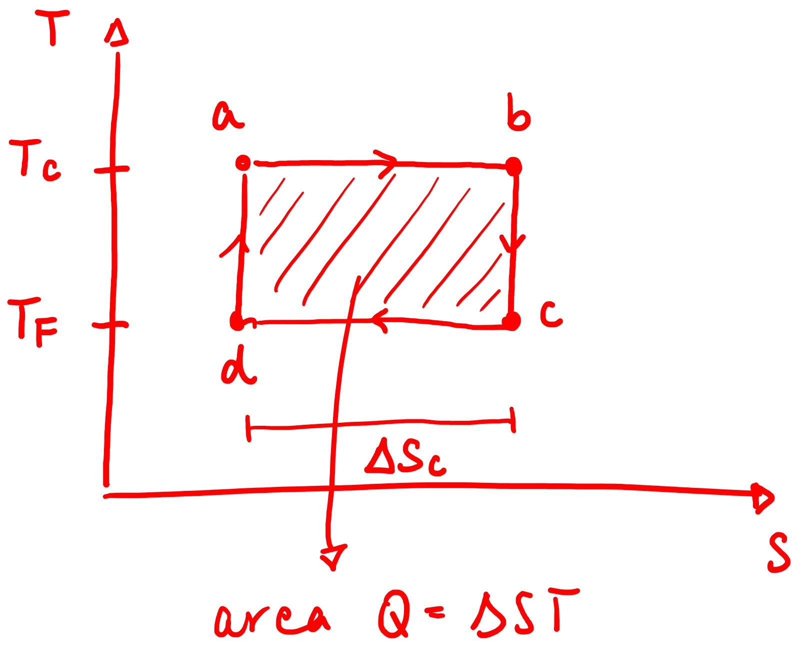
$$W_{AC} = \frac{7}{5}\,Q_{AB} - \Delta U_{AB} = \frac{7}{5}\,Q_{AB} - Q_{AB} = +\frac{2}{5}\,Q_{AB} = +\frac{2}{5}(300\,J) = -120\,J$$

Esercizio 2 – Prova scritta del 29/01/2019

Una macchina di Carnot reversibile scambia calore tra due sorgenti con differenza di temperatura $\Delta T = T_C - T_F = 100K$. Lungo l'isoterma a temperatura T_C il fluido subisce una variazione di entropia pari a $\Delta S_C = 11\,J/K$.

1) Disegnare qualitativamente in due grafici il ciclo di Carnot, prima nel piano delle variabili termodinamiche p-V (p in ordinata e V in ascissa) e poi T-S (T in ordinata e S in ascissa).





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

Esercizio 2 – Prova scritta del 29/01/2019

Una macchina di Carnot reversibile scambia calore tra due sorgenti con differenza di temperatura $\Delta T = T_C - T_F = 100K$. Lungo l'isoterma a temperatura T_C il fluido subisce una variazione di entropia pari a $\Delta S_C = 11\, J/K$.

2) Calcolare il lavoro W prodotto dalla macchina in un ciclo.

$$Q - W = \Delta U \qquad \Delta U_{ciclo} = 0 \quad \Rightarrow \quad W = Q$$

$$W = Q = \Delta S_c \cdot \Delta T = 11 \frac{J}{K} \cdot 100\,K = 1100\,J$$

Esercizio 3 – Prova scritta del 02/09/2025

Un esoreattore è costituito da un compressore, una camera di combustione, una turbina e uno scambiatore di calore per il raffreddamento. Il reattore opera con l'aria a condizioni standard ($p_1 = 100\ kPa, T_1 = 20\ °C$) e idealmente esegue un ciclo detto ciclo di Brayton, che consiste in quattro trasformazioni reversibili:

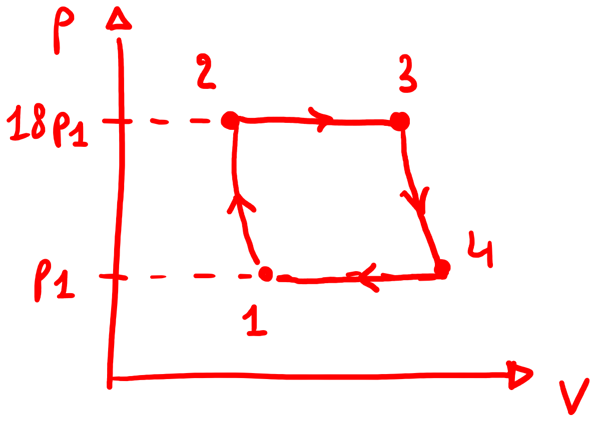
1 → 2: trasformazione adiabatica (compressore) che aumenta la pressione iniziale p_1 di 18 volte;

2 → 3: trasformazione isobara (camera di combustione) che porta la temperatura dell'aria a $T_3 = 700\ °C$;

3 → 4: espansione adiabatica (turbina);

4 → 1: raffreddamento isobaro (scambiatore di calore).

1) In condizioni di gas perfetto, determinare la quantità di calore per unità di massa d'aria fornita durante la combustione assumendo come peso molecolare dell'aria $M = 28.97\ g/mol$



$\frac{Q_{23}}{m}$?

$$\begin{cases} Q_{23} = n\, C_p\, (T_3 - T_2) \\ n = \frac{m}{M} \end{cases}$$

$$\frac{Q_{23}}{m} = \frac{n\, C_p (T_3 - T_2)}{m} = \frac{\cancel{m}}{M} \frac{C_p (T_3 - T_2)}{\cancel{m}} = \frac{C_p}{M} (T_3 - T_2)$$

Esercizio 3 – Prova scritta del 02/09/2025

1) In condizioni di gas perfetto, determinare la quantità di calore per unità di massa d'aria fornita durante la combustione assumendo come peso molecolare dell'aria $M = 28.97\ g/mol$

$$\begin{cases} p_2 V_2 = nRT_2 \\ p_2 V_2^{\gamma} = p_1 V_1^{\gamma} \end{cases} \longrightarrow \quad V_2^{\gamma} = \frac{p_1}{p_2} V_1^{\gamma} \Rightarrow V_2 = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\gamma} V_1$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{nR} = \frac{p_2}{nR}\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\gamma} V_1 \qquad (1)$$

eq. stato per lo stato 1: $p_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \dfrac{nRT_1}{p_1}$

$$(1)\quad T_2 = \frac{p_2}{nR}\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\gamma} \frac{nRT_1}{p_1} = \frac{18\,\cancel{p_1}}{\cancel{nR}}\left(\frac{\cancel{p_1}}{18\,\cancel{p_1}}\right)^{1/\gamma} \frac{\cancel{nR}T_1}{\cancel{p_1}} = \frac{18}{18^{1/\gamma}} T_1$$

Esercizio 3 – Prova scritta del 02/09/2025

1) In condizioni di gas perfetto, determinare la quantità di calore per unità di massa d'aria fornita durante la combustione assumendo come peso molecolare dell'aria $M = 28.97\ g/mol$

$$\frac{Q_{23}}{m} = \frac{c_p}{M}(T_3 - T_2) = \frac{7}{2}\frac{R}{M}\left(T_3 - \frac{18}{18^{1/\gamma}} T_1\right) =$$

$$= \frac{7}{2}\ \frac{8.314\ J\,mol^{-1}\,K^{-1}}{28.97\ g\,mol^{-1}}\left(973\,K - \frac{18}{18^{5/7}}\,293\,K\right) = 305\ \frac{J}{g}$$

Esercizio 3 – Prova scritta del 02/09/2025

Un esoreattore è costituito da un compressore, una camera di combustione, una turbina e uno scambiatore di calore per il raffreddamento. Il reattore opera con l'aria a condizioni standard ($p_1 = 100\ kPa, T_1 = 20$ °C) e idealmente esegue un ciclo detto ciclo di Brayton, che consiste in quattro trasformazioni reversibili:

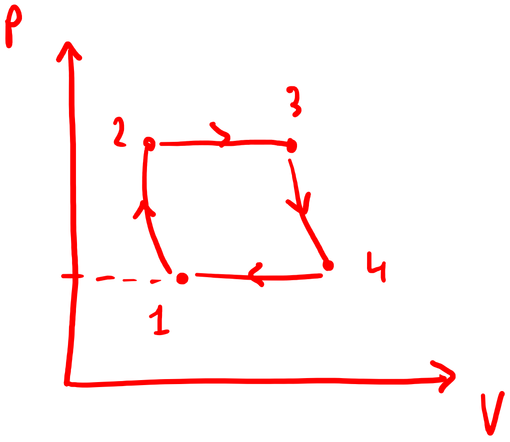
1 → 2: trasformazione adiabatica (compressore) che aumenta la pressione iniziale p_1 di 18 volte;

2 → 3: trasformazione isobara (camera di combustione) che porta la temperatura dell'aria a $T_3 = 700$ °C;

3 → 4: espansione adiabatica (turbina);

4 → 1: raffreddamento isobaro (scambiatore di calore).

2) la temperatura e la pressione dell'aria all'uscita della turbina $T_4,\ p_4?$ γ



$$p_4 = p_1 = 100\ kPa$$

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1}\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\gamma} T_1 = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\gamma - 1} T_1$$

$$T_4 = \left(\frac{p_3}{p_4}\right)^{1/\gamma - 1} T_3 = \left(\frac{18\,\cancel{p_4}}{\cancel{p_4}}\right)^{1/\gamma - 1} T_3 = 18^{\frac{5}{7}-1} T_3 = 18^{-\frac{2}{7}} T_3 =$$

$$= 18^{-2/7}\, 973\,K = 426\,K$$

Esercizio 3 – Prova scritta del 02/09/2025

Un esoreattore è costituito da un compressore, una camera di combustione, una turbina e uno scambiatore di calore per il raffreddamento. Il reattore opera con l'aria a condizioni standard ($p_1 = 100\ kPa, T_1 = 20$ °C) e idealmente esegue un ciclo detto ciclo di Brayton, che consiste in quattro trasformazioni reversibili:

1 → 2: trasformazione adiabatica (compressore) che aumenta la pressione iniziale p_1 di 18 volte;

2 → 3: trasformazione isobara (camera di combustione) che porta la temperatura dell'aria a $T_3 = 700$ °C;

3 → 4: espansione adiabatica (turbina);

4 → 1: raffreddamento isobaro (scambiatore di calore).

3) il rendimento del ciclo e quello di una macchina di Carnot operante alle stesse temperature minime e massime

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{41}|}{Q_{23}}$$

1° principio $Q - W = \Delta U$

$4 \to 1$: $Q_{41} = W_{41} + \Delta U_{41} = p_1(V_1 - V_4) + n C_p (T_1 - T_2)$

$2 \to 3$: $Q_{23} = W_{23} + \Delta U_{23} = p_2(V_3 - V_2) + n C_p (T_3 - T_2)$

Esercizio 3 – Prova scritta del 02/09/2025

3) il rendimento del ciclo e quello di una macchina di Carnot operante alle stesse temperature minime e massime

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 1 - \frac{293K}{973K} = 0.70$$

$$Q_{41} = p_1 (V_1 - V_4) + n\,C_p (T_1 - T_4)$$

$$Q_{23} = p_2 (V_3 - V_2) + n\,C_p (T_3 - T_2)$$

$$1 \to 4 \quad \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_4}{V_4} \Rightarrow V_1 = \frac{T_1}{T_4} V_4$$

$$\to Q_{41} = p_1 V_4 \left(\frac{T_1}{T_4} - 1 \right) + n\,c_p (T_1 - T_4) =$$

$$= \cancel{p_1} \frac{nRT_4}{\cancel{p_4}} \left(\frac{T_1}{T_4} - 1 \right) + n\,c_p (T_1 - T_4) =$$

$$= nR (T_1 - T_4) + n\,c_p (T_1 - T_4) =$$

$$= (T_1 - T_4)(nR + n\,c_p)$$

$$2 \to 3 \quad \frac{T_2}{V_2} = \frac{T_3}{V_3} \Rightarrow V_3 = \frac{T_3}{T_2} V_2$$

$$Q_{23} = (T_3 - T_2)(nR + n\,c_p)$$

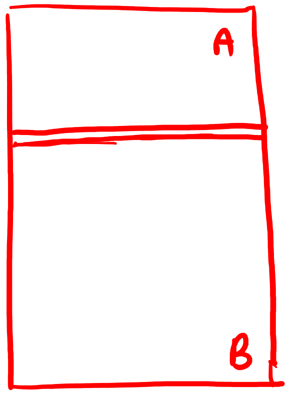
$$\eta = 1 - \frac{|Q_{41}|}{Q_{23}} = 1 - \frac{|T_1 - T_4|}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{|293K - 426K|}{973K - 668K} =$$

0.56

Esercizio 4 – Prova scritta del 20/07/2021

Un recipiente contenente un gas perfetto biatomico è diviso da un setto fisso in due parti A e B, di volumi $V_A = 22.4\ l$ e $V_B = 44.8\ l$ rispettivamente. Inizialmente la pressione e la temperatura del gas sono $p_A = 6.06\ \cdot 10^5\ Pa$ e $T_A = 273\ K$ e $p_B = 3.03\ \cdot 10^5\ Pa$ e $T_B = 546\ K$. Le pareti esterne del recipiente sono adiabatiche, mentre il setto separatore è perfettamente diatermico.

1) Si calcoli la temperatura T_F del gas una volta raggiunto l'equilibrio termico.



p_A, T_A, V_A

p_B, T_B, V_B

$U_i = U_f$

$$\underbrace{n_A \cancel{C_V} T_A + n_B \cancel{C_V} T_B}_{U_i} = \underbrace{(n_A + n_B) \cancel{C_V} T_F}_{U_F}$$

$$p_A V_A = n_A R T_A \Rightarrow n_A = \frac{p_A V_A}{R T_A} = 5.98\ mol$$

$$n_B = \frac{p_B V_B}{R T_B} = 2.99\ mol$$

$$T_F = \frac{n_A T_A + n_B T_B}{n_A + n_B} = \frac{\cancel{p_A}\ 5.98\ mol\ 27K + 2.99\ mol \cdot 546\ K}{5.98\ mol + 2.99\ mol} = 364\ K$$

Esercizio 4 – Prova scritta del 20/07/2021

Un recipiente contenente un gas perfetto biatomico è diviso da un setto fisso in due parti A e B, di volumi $V_A = 22.4\ l$ e $V_B = 44.8\ l$ rispettivamente. Inizialmente la pressione e la temperatura del gas sono $p_A = 6.06\ \cdot 10^5\ Pa$ e $T_A = 273\ K$ e $p_A = 3.03\ \cdot 10^5\ Pa$ e $T_B = 546\ K$. Le pareti esterne del recipiente sono adiabatiche, mentre il setto separatore è perfettamente diatermico.

2) Si ricavino i valori delle pressioni dei gas all'equilibrio (p_{A_F} e p_{B_F})

trasformazioni isocore $\frac{T}{p} = cost.$

$$\frac{T_{Ai}}{p_{Ai}} = \frac{T_f}{p_{Af}} \Rightarrow p_{Af} = \frac{T_f}{T_{Ai}} p_{Ai} = \frac{364\,K}{273\,K}\, 6.06 \cdot 10^5\ Pa = 8.08 \cdot 10^5\ Pa$$

$$\frac{T_{Bi}}{p_{Bi}} = \frac{T_f}{p_{Bf}} \qquad p_{Bf} = \frac{T_f}{T_{Bi}} p_{Bi} = \frac{364\,K}{546\,K} \cdot 3.03 \cdot 10^5\ Pa = 2.02 \cdot 10^5\ Pa$$

Esercizio 4 – Prova scritta del 20/07/2021

Un recipiente contenente un gas perfetto biatomico è diviso da un setto fisso in due parti A e B, di volumi $V_A = 22.4\ l$ e $V_B = 44.8\ l$ rispettivamente. Inizialmente la pressione e la temperatura del gas sono $p_A = 6.06\ \cdot 10^5\ Pa$ e $T_A = 273\ K$ e $p_A = 3.03\ \cdot 10^5\ Pa$ e $T_B = 546\ K$. Le pareti esterne del recipiente sono adiabatiche, mentre il setto separatore è perfettamente diatermico.

3) Si calcoli la variazione di entropia del sistema B. Quanto ottenuto è in accordo con il Secondo Principio della Termodinamica (ed in particolare l'enunciato relativo all'entropia)?

$$\Delta S_B = \int_{Bi}^{Bf} \frac{\delta Q}{T} = \int_{T_{Bi}}^{T_{Bf}} \frac{n_B C_V\, dT}{T} = n_B C_V \ln\left(\frac{T_{Bf}}{T_{Bi}}\right) =$$

$$= 2.99\,\text{mol}\ \frac{5}{2} R \ln\left(\frac{364\,K}{546\,K}\right) = -25.2\ \frac{J}{K}$$

$$dQ = n_B C_V\, dT$$

Esercizio 4 – Prova scritta del 20/07/2021

Un recipiente contenente un gas perfetto biatomico è diviso da un setto fisso in due parti A e B, di volumi $V_A = 22.4\ l$ e $V_B = 44.8\ l$ rispettivamente. Inizialmente la pressione e la temperatura del gas sono $p_A = 6.06 \cdot 10^5\ Pa$ e $T_A = 273\ K$ e $p_A = 3.03 \cdot 10^5\ Pa$ e $T_B = 546\ K$. Le pareti esterne del recipiente sono adiabatiche, mentre il setto separatore è perfettamente diatermico.

4) Si rappresenti la trasformazione relativa al sistema B in un grafico p-V e in uno T-S, nell'ipotesi che sia una trasformazione quasi-statica. Cosa rappresentano le aree sottese alle curve dei due casi?