Esercizi di Fisica Generale

2. Temodinamica

prof. Domenico Galli, dott. Daniele Gregori,
prof. Umberto Marconi dott. Alessandro Tronconi

27 marzo 2012

I compiti scritti di esame del prof. D. Galli propongono **3 esercizi**, **sorteggiati** — **individualmente** per ogni studente — da questa lista, nella versione disponibile sul Web 15 giorni prima della data della prova scritta.

Il "**punteggio**" riportato a fianco di ogni esercizio è calcolato sulla base di tutti i **precedenti risultati** su tale esercizio nelle **prove di esame**, in modo da rendere il secondo terzile della distribuzione dei voti, su ogni singolo esercizio, pari a 3/3. In altre parole il punteggio assegnato al singolo esercizio è tale da assicurare che un terzo degli studenti che hanno affrontato l'esercizio ottenga la massima valutazione.

I "punteggi" degli esercizi riportati in questa lista sono **indicativi**. Essi **si modificano dinamicamente a ogni appello di esame**, in modo da divenire una valutazione sempre più precisa dell'effettiva difficoltà dell'esercizio (all'aumentare della statistica sperimentale l'errore di misura diminuisce).

---

1 Termodinamica

---

1. `t_tm_01` (Punteggio: 3.33)
   Un pallone di lattice immerso nell'aria è gonfiato con gas metano. Il pallone è sferico, con raggio di 0.8 m. (a) Determinare il numero di moli di metano contenute nel pallone sapendo che la pressione interna del pallone è pari a $p = \frac{\xi}{300}\, p_A$ (dove $p_A = 101325$ Pa è la pressione atmosferica) e che la temperatura del sistema aria-pallone è pari a 27 °C. (b) Determinare la densità del metano contenuto nel pallone. (c) Sapendo che la massa del lattice è pari a 0.1 kg e che la densità dell'aria è 1.27 kg/m^3 quanto vale la componente verticale $\mathscr{R}_z$ della forza risultante che agisce sul pallone pieno di metano? (Scrivere $\mathscr{R}_z$ positiva se la forza è diretta in basso e negativa se la forza è diretta in alto).

Quantità di metano n contenuta nel pallone [mol]:

Densità ρ del metano nel pallone $\left[\mathrm{kg/m^3}\right]$:

Componente $\mathscr{R}_z$ della forza risultante $\vec{\mathscr{R}}$ [N]:

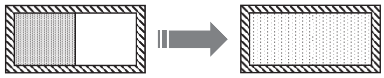
Risultato ($\xi = 500$): $1.45{\times}10^2$, 1.09, -2.90.

---

2. `t_1p_01` (Punteggio: 3.00)
   L'energia interna di un gas dipende da temperatura e volume del gas come $U(T,V) = nRT - \dfrac{\varepsilon}{V^2} + \text{cost.}$, dove $n = 4.0$ mol e $\varepsilon = 10^{-2}\ \mathrm{J\,m^6}$. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da un volume iniziale $V_i = 1\ \mathrm{dm^3}$, raggiunge il volume finale $V_f = \left(1 + \frac{1}{1000}\,\xi\right) V_i$ mediante un'espansione libera adiabatica.

   Variazione di temperatura $\Delta T = T_f - T_i$ [K]:

   Risultato ($\xi = 500$): $-1.67{\times}10^2$.

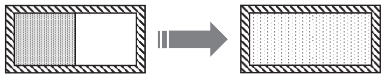


Esercizio `t_1p_01`, Fig. 1.

3. `t_1p_02` (Punteggio: 3.00)
   L'energia interna di un gas dipende da temperatura e pressione del gas come $U(T,p) = 2nRT - \varepsilon p + \text{cost.}$, dove $n = 2.0$ mol e $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-2}$ J/Pa. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da una pressione iniziale $p_i = 2 \cdot 10^5$ Pa, raggiunge la pressione finale $p_f = \frac{1}{1000}\,\xi\, p_i$ mediante un'espansione libera adiabatica.

   Variazione di temperatura $\Delta T = T_f - T_i$ [K]:

   Risultato ($\xi = 500$): $-6.01{\times}10^1$.

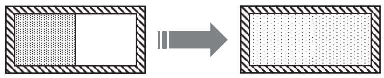


Esercizio `t_1p_02`, Fig. 1.

4. `t_1p_03` (Punteggio: 3.00)
   L'energia interna di un gas dipende da temperatura e volume del gas come $U(T,V) = 3nRT + \varepsilon V^2 + \text{cost.}$, dove $n = 12.0$ mol e $\varepsilon = 3 \cdot 10^8\ \mathrm{J\,m^{-6}}$. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da un volume iniziale $V_i = 1\ \mathrm{dm^3}$, raggiunge il volume finale $V_f = \left(1 + \frac{1}{100}\,\xi\right) V_i$ mediante un'espansione libera adiabatica.

   Variazione di temperatura $\Delta T = T_f - T_i$ [K]:

   Risultato ($\xi = 500$): $-3.51{\times}10^1$.

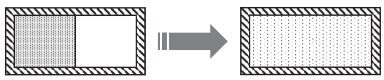


Esercizio `t_1p_03`, Fig. 1.

5. `t_1p_04` (Punteggio: 3.00)
   L'energia interna di un gas dipende da temperatura e pressione del gas come $U(T,p) = 4nRT + \dfrac{\varepsilon}{p^2} + \text{cost.}$, dove $n = 4.0$ mol e $\varepsilon = 4 \cdot 10^{12}\ \mathrm{J\,Pa^2}$. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da una pressione iniziale $p_i = 2 \cdot 10^5$ Pa, raggiunge la pressione finale $p_f = \frac{1}{1000}\,\xi\, p_i$ mediante un'espansione libera adiabatica.

   Variazione di temperatura $\Delta T = T_f - T_i$ [K]:

   Risultato ($\xi = 500$): -2.26.

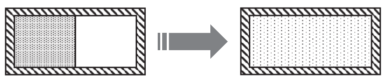


Esercizio `t_1p_04`, Fig. 1.

6. `t_1p_05` (Punteggio: 3.00)
   L'energia interna di un gas dipende da temperatura e volume del gas come $U(T,V) = 5nRT - \dfrac{\varepsilon}{V^3} + \text{cost.}$, dove $n = 20.0$ mol e $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{J\,m^9}$. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da un volume iniziale $V_i = 1\ \mathrm{dm^3}$, raggiunge il volume finale $V_f = \left(1 + \frac{1}{1000}\,\xi\right) V_i$ mediante un'espansione libera adiabatica.

   Variazione di temperatura $\Delta T = T_f - T_i$ [K]:

   Risultato ($\xi = 500$): $-4.23{\times}10^2$.

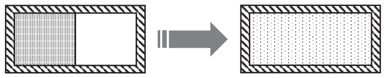


Esercizio `t_1p_05`, Fig. 1.

7. `t_1p_06` (Punteggio: 3.00)
L'energia interna di un gas dipende da temperatura e pressione del gas come $U(T,p) = 6nRT - \varepsilon p^2 + \text{cost.}$, dove $n = 6.0$ mol e $\varepsilon = 6 \cdot 10^{-7}$ J/Pa^2. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da una pressione iniziale $p_i = 2 \cdot 10^5$ Pa, raggiunge la pressione finale $p_f = \frac{1}{1000}\,\xi\, p_i$ mediante un'espansione libera adiabatica.

Variazione di temperatura $\Delta T = T_f - T_i$ [K]:

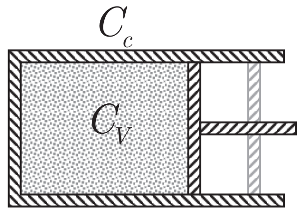
Risultato ($\xi = 500$): $-6.01{\times}10^1$.


Esercizio `t_1p_06`, Fig. 1.

8. `t_1p_07` (Punteggio: 6.00)
Un recipiente cilindrico, dotato di una base mobile (pistone) contiene 3 moli di gas perfetto biatomico alla temperatura $t_i = 0$ °C. Mediante lo spostamento del pistone, si comprime quasi staticamente il gas, riducendone il volume dal valore iniziale $V_i = 2\ \ell$ al valore finale $V_f = \frac{1}{1000}\,\xi\ \ell$. Se la capacità termica del contenitore è $C_c = \frac{1}{10}\,\xi\, R$, supponendo che il contenitore non scambi calore con sistemi esterni, calcolare la temperatura finale del gas.

Temperatura finale del gas t_f [°C]:

Risultato ($\xi = 500$): $2.05{\times}10^1$.

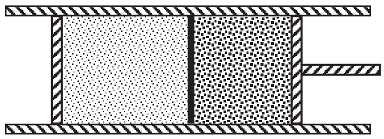


Esercizio `t_1p_07`, Fig. 1.

9. `t_1p_08` (Punteggio: 6.00)
Un recipiente è costituito da una cavità cilindrica adiabatica entro cui possono scorrere senza attrito due pistoni, anch'essi adiabatici e soggetti alla pressione atmosferica. Il volume tra i due pistoni è suddiviso in due parti da una parete diatermica fissa. La parte (1), a sinistra della parete diatermica, è riempita con $n_1 = 2$ mol di gas perfetto biatomico, mentre la parte (2), a destra della parete diatermica, è riempita con $n_2 = \left(2 + \frac{1}{500}\,\xi\right)$ mol di gas perfetto monoatomico. Se il gas (2) viene compresso in maniera quasi-statica finché il suo volume diventa un terzo di quello iniziale, calcolare il rapporto $\rho = \dfrac{V_{1f}}{V_{1i}}$ tra il volume finale e il volume iniziale del gas (1).

Rapporto ρ [*adimensionale*]:

Risultato ($\xi = 500$): 1.33.


Esercizio `t_1p_08`, Fig. 1.

10. `t_1p_09` (Punteggio: 3.00)
Un sistema termodinamico, costituito di $n = 3$ mol di gas perfetto biatomico, compie una trasformazione quasi-statica γ, lungo la quale il calore molare ha l'espressione $c_\gamma(T) = c_V + aRT$, con $a = 10^{-5}\xi$ K^{-1}. Nello stato iniziale il volume è $V_i = 7\ \ell$ e la temperatura è $T_i = 310$ K, mentre nello stato finale la temperatura è $T_f = 700$ K. Determinare il volume V_f del sistema nello stato finale.

Volume finale V_f [ℓ]:

Risultato ($\xi = 500$): $4.92{\times}10^1$.

11. `t_1p_10` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, costituito di $n = 4$ mol di gas perfetto monoatomico, compie una trasformazione quasi-statica γ, lungo la quale il calore molare ha l'espressione $c_\gamma(T) = c_V + \dfrac{aR}{T}$, con $a = \xi$ K. Nello stato iniziale il volume è $V_i = 7\ \ell$ e la temperatura è $T_i = 310$ K, mentre nello stato finale la temperatura è $T_f = 700$ K. Determinare il volume V_f del sistema nello stato finale.

Volume finale V_f [ℓ]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.72{\times}10^1$.

12. `t_1p_11` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, costituito di $n = 5$ mol di gas perfetto biatomico, compie una trasformazione quasi-statica γ, lungo la quale il calore molare ha l'espressione $c_\gamma(T) = c_V + aRT^2$, con $a = 10^{-8}\xi$ K^{-2}. Nello stato iniziale il volume è $V_i = 7\ \ell$ e la temperatura è $T_i = 310$ K, mentre nello stato finale la temperatura è $T_f = 700$ K. Determinare il volume V_f del sistema nello stato finale.

Volume finale V_f [ℓ]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.87{\times}10^1$.

13. `t_1p_12` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, costituito di $n = 6$ mol di gas perfetto monoatomico, compie una trasformazione quasi-statica γ, lungo la quale il calore molare ha l'espressione $c_\gamma(T) = c_V + \dfrac{aR}{T^2}$, con $a = 100\,\xi$ K^2. Nello stato iniziale il volume è $V_i = 7\ \ell$ e la temperatura è $T_i = 310$ K, mentre nello stato finale la temperatura è $T_f = 700$ K. Determinare il volume V_f del sistema nello stato finale.

Volume finale V_f [ℓ]:

Risultato ($\xi = 500$): 8.63.

14. `t_1p_13` (Punteggio: 3.00)
Un sistema termodinamico, costituito di $n = 7$ mol di gas perfetto biatomico, compie una trasformazione quasi-statica γ, lungo la quale il calore molare ha l'espressione $c_\gamma(T) = c_V + aRT^3$, con $a = 3 \cdot 10^{-11}\xi$ K^{-3}. Nello stato iniziale il volume è $V_i = 7\ \ell$ e la temperatura è $T_i = 310$ K, mentre nello stato finale la temperatura è $T_f = 700$ K. Determinare il volume V_f del sistema nello stato finale.

Volume finale V_f [ℓ]:

Risultato ($\xi = 500$): $3.35{\times}10^1$.

15. `t_1p_14` (Punteggio: 3.00)
Un sistema termodinamico, costituito di $n = 8$ mol di gas perfetto monoatomico, compie una trasformazione quasi-statica γ, lungo la quale il calore molare ha l'espressione $c_\gamma(T) = c_V + \dfrac{aR}{T^3}$, con $a = 3 \cdot 10^5\xi$ K^3. Nello stato iniziale il volume è $V_i = 7\ \ell$ e la temperatura è $T_i = 310$ K, mentre nello stato finale la temperatura è $T_f = 700$ K. Determinare il volume V_f del sistema nello stato finale.

Volume finale V_f [ℓ]:

Risultato ($\xi = 500$): $3.24{\times}10^1$.

16. `t_1p_15` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico è costituito da $n = 7$ mol di freon ($\mathrm{C\,Cl_2\,F_2}$). Calcolare il lavoro compiuto dal sistema se esso subisce un'espansione isoterma quasi-statica alla temperatura $T = \left(250 + \frac{1}{10}\xi\right)$ K che lo porta dal volume iniziale $V_i = 10\ \ell$ al volume finale $V_f = \left(1 + \frac{1}{100}\,\xi\right) V_i$, nelle seguenti due ipotesi: (a) il sistema è un gas ideale; (b) il sistema è un fluido che segue l'equazione di Van der Waals, con costante della pressione interna $a = 1.078\ \mathrm{J\,m^3\,mol^{-2}}$ e covolume molare $b = 9.98 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{m^3\,mol^{-1}}$.

Lavoro compiuto (gas ideale) [J]:

Lavoro compiuto (gas di Van der Waals) [J]:

Risultato ($\xi = 500$): $3.13{\times}10^4$, $2.79{\times}10^4$.

17. `t_2p_01` (Punteggio: 6.00)
Un blocco di ferro, di massa pari a $m_1 = \frac{1}{1000}\,\xi$ kg e calore specifico pari a $c_1 = 444\ \mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$, alla temperatura $T_1 = (10 + 2\xi)$ °C, è lasciato cadere nell'acqua del mare, a temperatura $T_2 = 10$ °C. Trovare: (a) quanto varia l'entropia del blocco di ferro nel raggiungimento dell'equilibrio termico; (b) quanto varia l'entropia del mare nel raggiungimento dell'equilibrio termico; (c) quanto varia l'entropia dell'universo nel raggiungimento dell'equilibrio termico. Si supponga che il blocco e il mare non scambino calore con altri sistemi.

Variazione dell'entropia del blocco di ferro [J/K]:

Variazione dell'entropia del mare [J/K]:

Variazione dell'entropia dell'universo [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $-3.35{\times}10^2$, $7.84{\times}10^2$, $4.49{\times}10^2$.

18. `t_2p_02` (Punteggio: 6.00)
Quattro moli di gas perfetto monoatomico compiono un ciclo termodinamico, composto dalle tre seguenti trasformazioni quasi statiche: $1 \to 2$ isoterma a temperatura $T_1 = \left(20 + \frac{1}{2}\,\xi\right)$ K; $2 \to 3$ isobara con $V_3 = 1\ \mathrm{m^3}$; $3 \to 1$ isocora. Calcolare il rendimento η del ciclo sapendo che $p_2 = 100$ Pa.

Rendimento [*numero puro*]:

Risultato ($\xi = 500$): 0.587.

19. `t_2p_03` (Punteggio: 6.00)
Un blocco di ghiaccio di massa $m = \frac{1}{10}\,\xi$ g a temperatura $t_g = 0.0$ °C viene gettato in un lago, la cui acqua si trova alla temperatura $t_l = 15.0$ °C. Determinare, la variazione di entropia del ghiaccio, del lago e dell'universo nel raggiungimento dello stato di equilibrio (si prenda il calore latente di fusione del ghiaccio pari a $c_f = 333$ kJ/kg e il calore specifico dell'acqua pari a $c = 4.186\ \mathrm{kJ\,kg^{-1}\,K^{-1}}$).

Variazione dell'entropia del blocco di ghiaccio [J/K]:

Variazione dell'entropia del lago [J/K]:

Variazione dell'entropia dell'universo [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $7.21{\times}10^1$, $-6.87{\times}10^1$, 3.47.

20. `t_2p_04` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico è costituito di quattro grammi di elio, inizialmente nello stato 1, caratterizzato dalla pressione $p_1 = \xi$ Pa e dalla temperatura $T_1 = \left(30 + \frac{1}{10}\xi\right)$ K. Il sistema subisce dapprima una trasformazione isobara fino a raggiungere lo stato 2, in cui il volume è raddoppiato; a questo punto una trasformazione adiabatica quasi-statica porta il sistema allo stato finale 3, con temperatura $T_3 = \frac{2}{3}T_1$. Calcolare la pressione finale p_3 del sistema e i lavori $L_{1\to2}$ e $L_{2\to3}$ compiuti dal sistema nelle due trasformazioni.

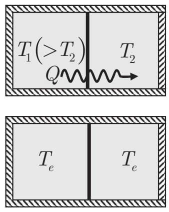
Pressione finale p_3 [Pa]:

Lavoro $L_{1\to2}$ [J]:

Lavoro $L_{2\to3}$ [J]:

Risultato ($\xi = 500$): $3.21{\times}10^{1}$, $6.65{\times}10^{2}$, $1.33{\times}10^{3}$.

21. `t_2p_05` (Punteggio: 3.00)
Un blocco di ferro, di massa pari a $m_1 = \frac{1}{500}\,\xi$ kg e calore specifico pari a $c_1 = 444\,\mathrm{J\,kg^{-1}K^{-1}}$, alla temperatura $t_1 = 300\,°\mathrm{C}$, viene posto a contatto termico con un blocco di piombo, di massa $m_2 = \frac{1}{16}\sqrt{\xi}$ kg e calore specifico $c_2 = 167\,\mathrm{J\,kg^{-1}K^{-1}}$, alla temperatura $t_2 = 0\,°\mathrm{C}$. I due blocchi non scambiano calore con alcun altro sistema. (a) Trovare la temperatura dei due blocchi (in °C) una volta che è stato raggiunto l'equilibrio termodinamico. (b) Trovare la variazione di entropia del blocco di ferro. (c) Trovare la variazione di entropia del blocco di piombo.



Esercizio `t_2p_05`, Fig. 1.

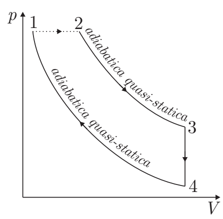
Temperatura finale dei due blocchi [°C]:

Variazione di entropia del blocco di ferro [J/K]:

Variazione di entropia del blocco di piombo [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.97{\times}10^{2}$, $-8.83{\times}10^{1}$, $1.27{\times}10^{2}$.

22. `t_2p_06` (Punteggio: 6.00)
Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente all'equilibrio termodinamico a temperatura $T_1 = 300$ K e volume $V_1 = 1\,\mathrm{dm}^3$, compie un ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni: $(1 \to 2)$ espansione isobara ottenuta ponendo in contatto il sistema con un termostato a temperatura T_2 incognita; $(2 \to 3)$: espansione adiabatica quasi-statica; $(3 \to 4)$: abbassamento isocoro quasi-statico della temperatura; $(4 \to 1)$: compressione adiabatica quasi-statica. Sapendo che $V_2 = \left(1 + \frac{1}{100}\,\xi\right)V_1$ e $V_3 = \left(1 + \frac{2}{100}\,\xi\right)V_1$ determinare: (a) Il rendimento η del ciclo; (b) la variazione di entropia del sistema in un ciclo ΔS_S; (c) la variazione di entropia dell'ambiente in un ciclo ΔS_A.



Esercizio `t_2p_06`, Fig. 1.

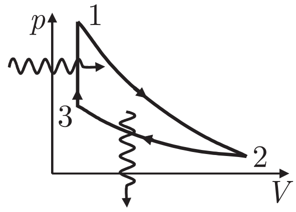
Rendimento η [*adimensionale*]:

Variazione di entropia del sistema ΔS_S [J/K]:

Variazione di entropia dell'ambiente ΔS_A [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $5.44{\times}10^{-1}$, $+0.00$, $+1.99{\times}10^{1}$.

23. `t_2p_07` (Punteggio: 6.00)
Una mole di gas perfetto monoatomico è inizialmente in equilibrio termodinamico in uno stato 1, alla temperatura $T_1 = (400 + \xi)$ K, in un volume $V_1 = 10^{-2}$ m^3. A un certo istante il gas viene portato in uno stato 2 da un'espansione adiabatica quasi-statica $1 \to 2$. In tale trasformazione il gas compie un lavoro pari a $L_{1\to 2} = 800$ J. (a) Calcolare il rapporto $\rho = \frac{V_1}{V_2}$, essendo V_2 il volume del gas al termine della trasformazione $1 \to 2$. A questo punto, tramite la successione di una compressione $2 \to 3$, isoterma, e una trasformazione $3 \to 1$, isocora, (entrambe quasi-statiche) il sistema è riportato alle condizioni iniziali. (b) Calcolare il rendimento η del ciclo.



Esercizio `t_2p_07`, Fig. 1.

Rapporto $\rho = \frac{V_1}{V_2}$ [*adimensionale*]:

Rendimento η [*adimensionale*]:

Risultato ($\xi = 500$): $8.95{\times}10^{-1}$, $+3.65{\times}10^{-2}$.

---

24. `t_2p_08` (Punteggio: 6.00)
Il punto di fusione normale dell'alcool etilico è pari a $t_{\mathrm{PFN}} = -115$ °C e il suo calore latente di fusione è $c_l = 104$ J/g. (a) Calcolare il calore Q che è necessario sottrarre a una massa $m = \xi$ kg di alcool etilico liquido a temperatura t_{PFN} per farlo solidificare. (b) Calcolare la variazione di entropia ΔS di una massa m di alcool etilico durante la solidificazione alla temperatura t_{PFN}, e specificare se essa è positiva, negativa o nulla.

Calore Q [J]:

Variazione di entropia ΔS [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $5.20{\times}10^{7}$, $-3.29{\times}10^{5}$.

---

25. `t_2p_09` (Punteggio: 3.00)
Il punto di ebollizione normale dell'alcool etilico è pari a $t_{\mathrm{PEN}} = 78.5$ °C e il suo calore latente di vaporizzazione è $c_l = 885$ J/g. (a) Calcolare il calore Q che è necessario cedere a una massa $m = \xi$ kg di alcool etilico liquido a temperatura t_{PEN} per farlo evaporare. (b) Calcolare la variazione di entropia ΔS di una massa m di alcool etilico durante l'evaporazione alla temperatura t_{PEN}, e specificare se essa è positiva, negativa o nulla.

Calore Q [J]:

Variazione di entropia ΔS [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $4.42{\times}10^{8}$, $+1.26{\times}10^{6}$.

---

26. `t_2p_10` (Punteggio: 3.00)
Il punto di fusione normale del piombo è pari a $t_{\mathrm{PFN}} = 327$ °C e il suo calore latente di fusione è $c_l = 23$ J/g. (a) Calcolare il calore Q che è necessario cedere a una massa $m = \xi$ kg di piombo solido a temperatura t_{PFN} per farlo fondere. (b) Calcolare la variazione di entropia ΔS di una massa m di piombo durante la fusione alla temperatura t_{PFN}, e specificare se essa è positiva, negativa o nulla.

Calore Q [J]:

Variazione di entropia ΔS [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.15{\times}10^{7}$, $+1.92{\times}10^{4}$.

---

27. `t_2p_11` (Punteggio: 5.36)
Il punto di ebollizione normale dell'anidride solforosa è pari a $t_{\mathrm{PEN}} = -10.0\ °\mathrm{C}$ e il suo calore latente di vaporizzazione è $c_l = 389$ J/g. (a) Calcolare il calore Q che è necessario sottrarre a una massa $m = \xi$ kg di anidride solforosa gassosa a temperatura t_{PEN} per farla condensare. (b) Calcolare la variazione di entropia ΔS di una massa m di anidride solforosa durante la condensazione alla temperatura t_{PEN}, e specificare se essa è positiva, negativa o nulla.

Calore Q [J]:

Variazione di entropia ΔS [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.94{\times}10^{8}$, $-7.39{\times}10^{5}$.

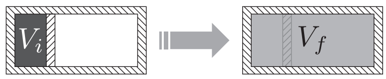
---

28. `t_2p_12` (Punteggio: 6.00)
Una quantità di fluido pari a $n = 2$ mol si espande liberamente, in un recipiente adiabatico, dal volume iniziale $V_i = 1\ \mathrm{dm}^3$ al volume finale $V_f = \left(1 + \frac{1}{500}\,\xi\right) V_i$. La temperatura iniziale del fluido è $T_i = 200$ K. Calcolare la variazione di temperatura ΔT e la variazione di entropia ΔS del fluido nell'ipotesi che esso segua l'equazione di stato di Van der Waals, con covolume molare $b = 3.04 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{m}^3\,\mathrm{mol}^{-1}$, costante della pressione interna $a = 0.551\ \mathrm{J\,m^3\,mol^{-2}}$ e calore molare a volume costante $c_V = 28.1\ \mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$.

Variazione di temperatura ΔT [K]:

Variazione di entropia ΔS [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $-1.96{\times}10^{1}$, $+6.26$.



Esercizio `t_2p_12`, Fig. 1.

---

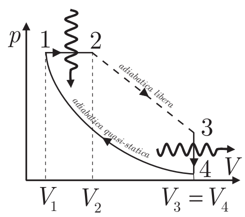
29. `t_2p_13` (Punteggio: 6.00)
Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente all'equilibrio termodinamico a temperatura $T_1 = 300$ K e volume $V_1 = 1\ \mathrm{dm}^3$, compie un ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni: $1 \to 2$: espansione isobara quasi-statica; $2 \to 3$: espansione libera adiabatica; $3 \to 4$: abbassamento isocoro quasi-statico della temperatura; $4 \to 1$: compressione adiabatica quasi-statica. Sapendo che $V_2 = \left(1 + \frac{1}{100}\,\xi\right) V_1$ e $V_3 = \left(1 + \frac{2}{100}\,\xi\right) V_1$ determinare: (a) Il rendimento η del ciclo; (b) la variazione di entropia del sistema in un ciclo ΔS_S; (c) la variazione di entropia dell'ambiente in un ciclo ΔS_A.

Rendimento η [*adimensionale*]:

Variazione di entropia del sistema ΔS_S [J/K]:

Variazione di entropia dell'ambiente ΔS_A [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $3.04{\times}10^{-1}$, $+0.00$, $+5.04$.



Esercizio `t_2p_13`, Fig. 1.

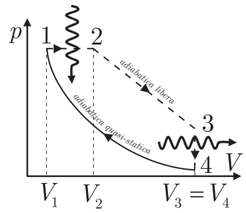
30. `t_2p_14` (Punteggio: 6.00)
Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente all'equilibrio termodinamico a temperatura $T_1 = 300$ K e volume $V_1 = 1$ dm^3, compie un ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni: $1 \to 2$: espansione isobara ottenuta ponendo in contatto il sistema con un termostato a temperatura T_2 incognita; $2 \to 3$: espansione libera adiabatica; $3 \to 4$: abbassamento isocoro della temperatura ottenuto ponendo in contatto il sistema con un termostato a temperatura T_4 incognita; $4 \to 1$: compressione adiabatica quasi-statica. Sapendo che $V_2 = \left(1 + \frac{1}{100}\,\xi\right) V_1$ e che $V_3 = \left(1 + \frac{2}{100}\,\xi\right) V_1$ determinare: (a) Il rendimento η del ciclo; (b) la variazione di entropia del sistema in un ciclo, ΔS_S; (c) la variazione di entropia dell'ambiente in un ciclo, ΔS_A.

Rendimento η [*adimensionale*]:

Variazione di entropia del sistema ΔS_S [J/K]:

Variazione di entropia dell'ambiente ΔS_A [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $3.04{\times}10^{-1}$, $+0.00$, $+3.40{\times}10^{2}$.

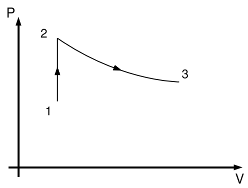


Esercizio `t_2p_14`, Fig. 1.

31. `t_2p_15` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, composto da $n = \frac{1}{10}\,\xi$ mol di gas perfetto monoatomico, si trova inizialmente nello stato 1, a pressione $p_1 = 400$ Pa e volume $V_1 = 50$ m^3. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: $(1 \to 2)$ trasformazione isocora che ne triplica la pressione; $(2 \to 3)$ trasformazione isoterma che ne triplica il volume. Calcolare la variazione di entropia del sistema.

Variazione di entropia [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $+1.14{\times}10^{3}$.



Esercizio `t_2p_15`, Fig. 1.

32. `t_2p_16` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, composto da $n = \frac{1}{100}\,\xi$ mol di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale con pressione $p_i = 25$ Pa e volume $V_i = 64$ m^3. Il sistema subisce una successione di trasformazioni quasi-statiche che lo portano allo stato finale, con pressione $p_f = 30$ Pa e volume $V_f = 78$ m^3. Calcolare la variazione di entropia del sistema.

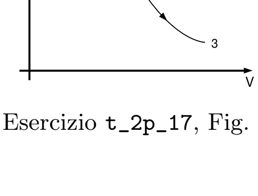
Variazione di entropia [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $+4.77{\times}10^{1}$.

33. `t_2p_17` (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, composto da $m = \frac{1}{10}\,\xi$ g di elio, si trova inizialmente nello stato 1, con pressione $p_1 = 75$ Pa e volume $V_1 = 30$ m^3. Il sistema subisce una successione di trasformazioni quasi-statiche. La prima, $(1 \to 2)$, è una trasformazione isobara che lo porta al volume $V_2 = 40$ m^3. La seconda, $(2 \to 3)$, è una trasformazione adiabatica che lo porta al volume $V_3 = 80$ m^3. Calcolare la variazione di entropia del sistema.

Variazione di entropia [J/K]:

Risultato ($\xi = 500$): $+7.47{\times}10^{1}$.



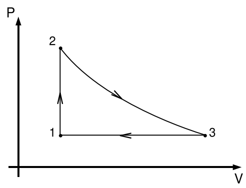
Esercizio `t_2p_17`, Fig. 1.

34. t_2p_18 (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, composto da $n = \frac{1}{10}\,\xi$ mol di gas perfetto monoatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione $p_1 = 60$ Pa e volume $V_1 = 108\ \mathrm{m}^3$. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: $(1 \to 2)$ trasformazione isocora fino alla pressione $p_2 = (140 + \xi)$ Pa; $(2 \to 3)$ trasformazione isoterma; $(3 \to 1)$ trasformazione isobara che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento η [*adimensionale*]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.01{\times}10^5$, $3.92{\times}10^{-1}$.



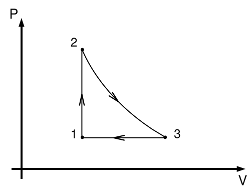
Esercizio t_2p_18, Fig. 1.

35. t_2p_19 (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, composto da $n = \frac{1}{10}\,\xi$ mol di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione $p_1 = \left(88 - \frac{1}{100}\,\xi\right)$ Pa e volume $V_1 = 110\ \mathrm{m}^3$. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: $(1 \to 2)$ trasformazione isocora fino alla pressione $p_2 = (160 + \xi)$ Pa; $(2 \to 3)$ trasformazione adiabatica; $(3 \to 4)$ trasformazione isobara che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento η [*adimensionale*]:

Risultato ($\xi = 500$): $5.01{\times}10^4$, $3.16{\times}10^{-1}$.



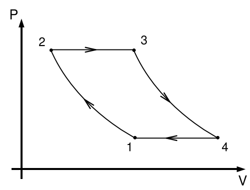
Esercizio t_2p_19, Fig. 1.

36. t_2p_20 (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, composto da $n = \frac{1}{10}\,\xi$ mol di gas perfetto monoatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione $p_1 = \left(75 - \frac{1}{100}\,\xi\right)$ Pa e volume $V_1 = 92\ \mathrm{m}^3$. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: $(1 \to 2)$ trasformazione adiabatica fino alla pressione $p_2 = \left(260 + \frac{1}{10}\,\xi\right)$ Pa; $(2 \to 3)$ trasformazione isobara che raddoppia il volume del sistema; $(3 \to 4)$ trasformazione adiabatica; $(4 \to 1)$ trasformazione isobara che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento η [*adimensionale*]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.31{\times}10^4$, $4.49{\times}10^{-1}$.



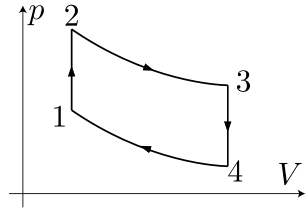
Esercizio t_2p_20, Fig. 1.

37. t_2p_21 (Punteggio: 6.00)
Un sistema termodinamico, composto da $n = \frac{1}{10}\,\xi$ mol di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione $p_1 = \left(108 + \frac{1}{100}\,\xi\right)$ Pa e volume $V_1 = 32\ \mathrm{m}^3$. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: $(1 \to 2)$ trasformazione isocora che permette di raggiungere la pressione $p_2 = 234$ Pa; $(2 \to 3)$ trasformazione isoterma fino al raggiungimento del volume $V_3 = \frac{1}{10}\,\xi V_2$; $(3 \to 4)$ trasformazione isocora; $(4 \to 1)$ trasformazione isoterma che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento η [*adimensionale*]:

Risultato ($\xi = 500$): $1.51{\times}10^4$, $3.89{\times}10^{-1}$.



Esercizio t_2p_21, Fig. 1.