

ULTERIORI ESERCIZI IN ORDINE CASUALE DI DIFFICOLTA' (versione del 19.12.20)

1) La finestra di una stanza ha un'area di 2 m^2 ed è fornita di vetro dello spessore di 4 mm con conducibilità termica di $0,8 \text{ W/Km}$.

La temperatura esterna della casa è 10°C mentre quella all'interno della casa è 25°C .

Quanta energia si trasferisce per conduzione attraverso la finestra in un'ora? e per irraggiamento ($\varepsilon = 0,8$)?

2) Una stufa che eroga una potenza $W = 1,8 \text{ MJ/h}$ riscalda a 20°C una stanza che misura $3,3 \text{ m} \times 4,6 \text{ m} \times 3 \text{ m}$. Se non ci fosse scambio di calore con l'esterno di quanti kelvin salirebbe la temperatura in un'ora? Considerare l'aria come gas perfetto biatomico **alla pressione di 100 kPa .**

3) Un recipiente adiabatico di volume $V = 20 \text{ l}$ contiene 1 g di limatura di ferro (temperatura iniziale $T_{\text{Fe}} = 40^\circ\text{C}$) e gas perfetto biatomico a 3 MPa (temperatura iniziale $T_{\text{gas}} = 420 \text{ K}$). Determinare la temperatura di equilibrio sapendo che in questo intervallo di temperature il calore specifico del ferro è $c_{\text{Fe}} = 444 \text{ kJ}/(\text{kg K})$

4) In un contenitore isolato dall'esterno vengono introdotti 60 g di ghiaccio a 0°C e dell'acqua a 30°C . Determinare il quantitativo minimo di acqua che consente di sciogliere tutto il ghiaccio.

5) Una mole di gas perfetto inizialmente a 27°C assorbe 10 kJ di calore mentre il volume raddoppia durante una trasformazione reversibile isobara. Determinare il calore specifico molare a volume costante del gas.

6) Due moli di gas perfetto, inizialmente a 300 K , assorbono calore ($Q = 30 \text{ kJ}$) mentre la pressione triplica durante una trasformazione reversibile isocora. Determinare il calore specifico molare a pressione costante del gas.

7) Un contenitore cilindrico (alto $h = 10 \text{ cm}$, di raggio interno $R = 4 \text{ cm}$ e spessore $d = 0,2 \text{ cm}$) viene riempito di un liquido a 70°C . Quanto calore per unità di tempo può essere estratto inizialmente se l'ambiente esterno è a 20°C , le due basi del cilindro sono adiabatiche e la parete laterale ha un coefficiente di conducibilità termica $k = 0,2 \text{ W}/(\text{K m})$?

8) Un locale tecnico cubico di lato 3 m è scaldato da apparecchiature che dissipano $1,8 \text{ kW}$. Determinare la temperatura interna se le pareti laterali del locale (considerare adiabatici soffitto e pavimento) lo isolano parzialmente dall'esterno a 5°C . Lo spessore delle pareti è 10 cm ; la conducibilità termica del materiale che le costituisce è $0,2 \text{ W}/(\text{K m})$.

9) In un contenitore rigido di capacità termica $C = 100 \text{ J/K}$ vengono immesse a 100 kPa quattro moli di gas perfetto monoatomico. Il contenitore, inizialmente in equilibrio a temperatura $T_0 = 300 \text{ K}$, viene posto a contatto con una sorgente termica che gli trasferisce calore con una potenza di 50 W . Dopo quanto tempo entrerà in funzione la valvola di sicurezza del contenitore che è tarata per aprirsi a una sovrapressione di 100 kPa **(cioè a una pressione interna che supera di 100 kPa quella esterna)?**

10) Un contenitore cilindrico adiabatico di 2 litri è chiuso da un pistone, anch'esso adiabatico, che può scorrere orizzontalmente senza attrito. All'interno c'è del gas perfetto monoatomico a 100 kPa .

Quanto lavoro va effettuato dall'esterno affinché la pressione salga a 3,2 MPa? Considerare reversibile la trasformazione subita dal gas.

11) Tre moli di gas perfetto biatomico vengono sottoposte ad una trasformazione adiabatica reversibile durante la quale la temperatura diminuisce di 10°C. Calcolare quanto lavoro viene prodotto e la variazione di energia interna.

12) Un recipiente con pareti adiabatiche e meccanicamente isolato dall'esterno, è diviso in due parti di volumi $V_1 = 1$ litro e $V_2 = 3$ litri, contenenti inizialmente rispettivamente 0,5 moli di N_2 alla pressione $p_1 = 2 \times 10^6$ Pa e due moli di Ar alla pressione $p_2 = 10^6$ Pa. Il setto divisorio è permeabile al calore. Determinare la temperatura finale dei due gas (supposti perfetti).

13) Un contenitore cilindrico chiuso, adiabatico tranne che nella base diatermica di superficie $S=100$ cm², contiene una massa $m = 500$ g di ghiaccio a 0°C. Viene posto su una piastra termica di superficie $s = 10$ cm² termostata a 50°C. La base del contenitore, spessa $d = 1$ cm, ha una conducibilità termica $k = 500$ W/(K m).

Quanto vale la potenza termica erogata dalla piastra durante la transizione di fase del ghiaccio?
Quanto tempo occorre perché fonda tutto il ghiaccio?

14) Determinare la variazione di energia interna di tre moli di gas biatomico durante la fase di espansione di un ciclo di Carnot realizzato fra le temperature $T_1 = 300$ K e $T_2 > T_1$ con un rendimento del 40%. Durante il riscaldamento isoterma il volume del gas raddoppia.

15) Una mole di gas monoatomico ideale, partendo dallo stato $[p_0, V_0, T_0]$ subisce una serie di trasformazioni reversibili in cui prima raddoppia il volume a temperatura costante, poi viene compresso a pressione costante infine torna adiabaticamente allo stato iniziale. Disegnare nel piano di Clapeyron il ciclo e calcolare la variazione di energia interna subita dal gas nelle tre trasformazioni.

16) Un pistone adiabatico di massa trascurabile è libero di muoversi senza attriti all'interno di un cilindro anch'esso adiabatico. Inizialmente il pistone è tutto da una parte e l'intero volume è occupato da una mole di gas perfetto monoatomico a $T_0 = 300$ K. Agendo dall'esterno il pistone viene portato lentamente nella posizione centrale in modo da dividere il volume in due parti uguali in una delle quali c'è il gas e nell'altra il vuoto. Calcolare la variazione di U del gas.

17) Due sorgenti a 300 K e 400 K sono connesse da una sbarra conduttrice di calore lunga 50 cm, di sezione 10 cm² e conducibilità termica $k = 200$ W/(K m). Calcolare la quantità di calore che fluisce nella sbarra in 10 s considerando il sistema in condizioni stazionarie e trascurando i moti convettivi e l'irraggiamento.

18) Una mole di gas perfetto monoatomico inizialmente a temperatura $T_1 = 455$ K subisce dapprima una trasformazione adiabatica fino a raggiungere la temperatura $T_2 = 600$ K poi una isocora in cui dimezza la temperatura e infine torna alla temperatura iniziale con una isobara. Il ciclo è reversibile; disegnarlo approssimativamente nel piano pV. Calcolare per ogni trasformazione e per il ciclo completo le quantità di calore e lavoro scambiate con l'esterno e la variazione di energia interna. Si consiglia di lavorare considerando solo le temperature e non pressioni e volumi.

19) 2 moli di Ne a -20°C occupano il volume di 4 l. Il gas viene compresso reversibilmente con una

adiabatica reversibile fino a dimezzare il volume. Mantenendo costante la temperatura il gas viene poi espanso reversibilmente fino a tornare al volume iniziale. Disegnare approssimativamente le trasformazioni nel piano di Clapeyron. Complessivamente, quanto lavoro occorre compiere sul gas?

20) Un recipiente adiabatico cilindrico lungo 14 cm è internamente diviso da una parete diatermica mobile di massa trascurabile in due volumi inizialmente uguali: da un lato vengono immesse 3 moli di He a 400 K, dall'altro viene immesso H_2 a 300 K. Si lascia evolvere reversibilmente il sistema. Determinare la temperatura di equilibrio finale e di quanto si è spostata la parete dalla situazione iniziale.

SOLUZIONI

- 1) 6kWh, 481 kJ
- 2) 46,3
- 3) $T_f = 87,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- 4) $m_{\text{H}_2\text{O}} = 160 \text{ g}$
- 5) $c_v = 25 \text{ J/(Kmol)}$
- 6) $c_p = 33,3 \text{ J/(Kmol)}$
- 7) $dQ/dt = 40 \pi \text{ W}$
- 8) $T = 30^\circ\text{C}$
- 9) 15 minuti
- 10) $L_{\text{ext}} = 900 \text{ J}$
- 11) $L = 623,3 \text{ J}$
- 12) $T_{\text{Ar}} = 269 \text{ K}$
- 13) $P = 2,5 \text{ kW}$; $t = 66 \text{ s}$
- 14) $\Delta U = - 12,5 \text{ kJ}$
- 15) isoterma: 0; isobara: $-3 T_0[\text{K}] \text{ J}$; adiabatca: $3 T_0[\text{K}] \text{ J}$
- 16) $\Delta U = n c_v T_0 (2^{2/3} - 1) = 2,2 \text{ kJ}$
- 17) $Q = 400 \text{ J}$
- 18) $Q = L = - 519 \text{ J}$
- 19) $-0,92 \text{ kJ}$
- 20) 331 K; 1 cm

ALCUNI SUGGERIMENTI

3) Calcolare le capacità termiche del metallo e del gas e considerare che lo scambio termico è solo fra loro: $T_f = (C_{Fe} T_{Fe} + C_{gas} T_{gas}) / (C_{Fe} + C_{gas})$

4) $m_{gh} \lambda_f + m_{H_2O} C_{H_2O} (0^\circ C - 30^\circ C) = 0$

6) $c_p = Q / 3T_0 + R$

7) La conduzione iniziale è data da $dQ/dt = k S/d \Delta T$ con $S = 2\pi R h$

8) $dQ/dt = -k S/d \Delta T \rightarrow T = T_{est} + dQ/dt d / (S k)$

5) In una isobara $Q = n c_p (T_2 - T_1)$ e $T_1/V_1 = T_2/V_2 \rightarrow c_p = 1/n Q/T_1$

9) $t = (6 R + C) T_0/W$

12) Le trasformazioni sono isocore e data l'adiabaticità del recipiente $dQ_1 + dQ_2 = 0$; $T = pV/(nR)$

$n_{N_2} C_{VN_2} (T_f - T_{N_2}) + n_{Ar} C_{VAr} (T_f - T_{Ar}) = 0$

13) $P = k S/d \Delta T$; $t = m \lambda_f / P$

14) $[\Delta U = -3.5/2 R T_1 / (1-\eta)]$

15) A: $\{p_0, V_0, T_0\} \rightarrow B: \{1/2 p_0, 2V_0, T_0\} \rightarrow C: \{1/2 p_0, V_0 2^{1/\gamma}, T_0 2^{[(1/\gamma)-1]}\} \rightarrow A$

$T_C = 0,758 T_A$; $\Delta U = n c_v \Delta T$

16) $TV^{(\gamma-1)} = \text{cost}$; adiabatica

17) $Q = k S/L \Delta T t$

18) A: $[p_A, V_A, T_1] \rightarrow B: [p_B, V_B, T_2] \rightarrow C: [p_C, V_C, T_2/2] \rightarrow A$

$Q_{A \rightarrow B} = 0$; $L_{A \rightarrow B} = -\Delta U_{A \rightarrow B} = -n c_v (T_2 - T_1)$; $\Delta U_{A \rightarrow B} = n c_v (T_2 - T_1)$;

$Q_{B \rightarrow C} = -n c_v T_2/2$; $L_{B \rightarrow C} = 0$; $\Delta U_{B \rightarrow C} = -n c_v T_2/2$;

$Q_{C \rightarrow A} = n c_p (T_1 - T_2/2)$; $L_{C \rightarrow A} = Q_{C \rightarrow A} - \Delta U_{C \rightarrow A} = n c_p (T_1 - T_2/2) - n c_v (T_1 - T_2/2)$; $\Delta U_{C \rightarrow A} = n c_v (T_1 - T_2/2)$;

$Q_{\text{ciclo}} = n c_p T_1 - n (c_p + c_v) T_2/2$; $L_{\text{ciclo}} = n c_p T_1 - n (c_p + c_v) T_2/2$; $\Delta U_{\text{ciclo}} = 0 \rightarrow$ è un ciclo frigorifero

19) $L_{\text{ext}} = -\{ -n c_v (T_A 2^{(\gamma-1)} - T_A) + n R T_A 2^{(\gamma-1)} \ln 2 \}$

20) all'inizio le pressioni dei due gas sono uguali (equilibrio meccanico ma non termico). Alla fine c'è sia equilibrio termico che meccanico (stesse pressioni e temperature)

$V_{He} = V_{TOT} / (1 + T_{He}/T_{H_2}) \rightarrow 6 \text{ cm}$; $V_{H_2} = V_{TOT} / (1 + T_{H_2}/T_{He}) \rightarrow 8 \text{ cm}$;