



**ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E.TORRICELLI"
MILANO**

Lavoro estivo per recupero debito

Anno scolastico **2023-2024**

Materia **TECNOLOGIE CHIMICHE INDUSTRIALI**

Classe **4^A Chimica**

Nominativo del docente **CAPOREALE Marinella – PORTOGHESE Enrico**

COMPITI PER IL RECUPERO DEBITO FORMATIVO ANNO SCOLASTICO 2023/2024

Per il percorso di recupero del debito formativo segui le indicazioni qui di seguito riportate:

Utilizzando il libro di testo adottato, S. Natoli – M. Calatozzolo **Tecnologie Chimiche Industriali Vol.2** Ed.

Edisco, ripassa i seguenti capitoli:

- **CAP 1** IL PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA
- **CAP 2** BILANCI DI MATERIA ED ENERGIA
- **CAP 3** IL TRASFERIMENTO DI CALORE
- **CAP 4** LE APPARECHIATURE PER LO SCAMBIO TERMICO
- **CAP 5** IL SECONDO E IL TERZO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA
- **CAP 10** LA TERMOCHIMICA
- **CAP 8** CONCENTRAZIONE E CRISTALLIZZAZIONE (fai riferimento alle dispense e alle mappe caricate su classroom)
- **CAP 9** ESSICCAMENTO (fai riferimento alle dispense e alle mappe caricate su classroom)
- **CAP 12** PROCESSI INDUSTRIALI (sintesi dell'ammoniaca e del metanolo)

Al termine del ripasso del capitolo 1 svolgi i seguenti esercizi:

ESERCIZI TRASFORMAZIONI E CICLI TERMODINAMICI

- 1) 7 moli di gas monoatomico sono contenuti in un recipiente chiuso del volume di 60 litri. Inizialmente la sua pressione è di $5 \cdot 10^5$ Pa, mentre dopo un certo periodo di tempo la pressione si attesta sul valore di $2 \cdot 10^5$ Pa. Determinare la quantità di calore perso dal sistema, il salto termico subito dal gas e la variazione della sua energia interna.
[$\Delta U = Q = -27064\text{J}$; $\Delta T = -309,3\text{K}$]
- 2) Due moli di un gas biatomico che si trovano in un cilindro avente un volume di 10 litri, alla pressione di $3 \cdot 10^5$ Pa vengono espansi mediante riscaldamento a pressione costante fino al volume di 30 litri. Determinare la temperatura corrispondente allo stato finale, il calore che deve essere fornito al gas per produrre la trasformazione, la variazione dell'energia interna del gas e il lavoro effettuato dal gas. [$\Delta U = 15011\text{J}$, $Q = 20929\text{J}$; $L = 6000\text{J}$; $T_2 = 541,26\text{K}$]
- 3) In una trasformazione isoterma due moli di gas passano da uno stato iniziale caratterizzato da una pressione di $6 \cdot 10^5$ Pa ed una temperatura di -30°C ad uno stato finale caratterizzato da una pressione di $3 \cdot 10^5$ Pa. Determinare il calore che viene fornito, il lavoro che viene effettuato, il volume iniziale e il volume finale della trasformazione. [$V_1 = 6,74\text{L}$; $V_2 = 13,48\text{L}$; $L = Q = 8086\text{J}$]



**ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E. TORRICELLI"
MILANO**

Lavoro estivo per recupero debito

- 4) Tre moli di gas biatomico sono racchiuse in un cilindro di volume 10 L alla pressione di $6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Il gas viene portato adiabaticamente ad un volume di 20 L. Determinare la pressione e la temperatura nel nuovo stato, il lavoro compiuto durante l'espansione e la variazione di energia interna del gas. **[$T = 240,56 \text{ K}$; $P = 227 \text{ kPa}$; $L = 3635 \text{ J}$; $\Delta U = -3635 \text{ J}$]**
- 5) Sei moli di ossigeno a 500 K si trovano all'interno di un contenitore sormontato da un pistone libero di muoversi. Si scalda il gas ottenendo un sollevamento del pistone, in modo tale che il volume a disposizione triplichi. Successivamente, mantenendo costante la temperatura, si solleva ancora il pistone, ottenendo una pressione finale di 1,5 atm. Qual è il volume del gas ? **[$V = 492,6 \text{ L}$]**
- 6) Tre moli di gas alla temperatura iniziale $T_A = 400 \text{ K}$ subiscono un'espansione isoterma AB in modo da raddoppiare il loro volume. Il gas è quindi compresso isobaricamente sino a tornare al volume di partenza. Calcola la pressione, il volume e la temperatura del gas nello stato finale C. **[$T = 200 \text{ K}$; $P = P_A/2$; $V = 49,26 \text{ L}$]**
- 7) In una compressione adiabatica di un gas monoatomico ideale la temperatura passa da 600 K a 900 K. Successivamente il gas (una mole) viene raffreddato a volume costante fino a tornare a 600 K. Calcolare la variazione di energia interna e il lavoro totale. **[$\Delta U = 0$; $L = -3741 \text{ J}$]**
- 8) Un gas subisce in sequenza quattro trasformazioni che nel piano PV sono rappresentate da un rettangolo i cui vertici sono caratterizzati dalle seguenti coordinate:
 $(2 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 20 \text{ dm}^3)$, $(2 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 50 \text{ dm}^3)$, $(1 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 50 \text{ dm}^3)$, $(1 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 20 \text{ dm}^3)$.
Determinare il lavoro compiuto nel ciclo e il calore totale scambiato con l'esterno quando il ciclo è percorso in senso orario. **[$\Delta U = 0$, $Q = L = 3000 \text{ J}$]**
- 9) Una mole di gas ideale biatomico esegue quattro trasformazioni: AB, BC, CD, DA. L'isoterma AB si sviluppa a 600 K. Il volume $V_A = 10 \text{ dm}^3$ e il volume $V_B = 30 \text{ dm}^3$. La temperatura $T_C = 500 \text{ K}$. Sapendo che le trasformazioni BC e DA sono isocore e che la trasformazione CD è isobara, determinare Q , L , ΔU in ciascuna trasformazione. **[ISOTERMA: $\Delta U = 0$, $Q = L = 5480 \text{ J}$; ISOCORA (BC): $\Delta U = Q = 2079 \text{ J}$, $L = 0$; ISOCORA (DA): $\Delta U = Q = 9000 \text{ J}$, $L = 0$; ISOBARA: $\Delta U = -6921 \text{ J}$, $Q = -9690$; $L = -2771 \text{ J}$]**
- 10) Una mole di gas monoatomico ideale [$C_{mV} = 12,47 \text{ J (mol} \cdot \text{K)}$] esegue un ciclo di tre trasformazioni AB, BC, CA, rispettivamente isoterma, isocora e adiabatica. Esse sono caratterizzate dai seguenti parametri: $V_A = 5 \text{ dm}^3$, $P_A = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_B = 10 \text{ dm}^3$. Determinare Q , L , ΔU in ciascuna trasformazione. **[ISOTERMA: $\Delta U = 0$, $Q = L = 1040 \text{ J}$; ISOCORA: $\Delta U = Q = -826 \text{ J}$, $L = 0$; ADIABATICA: $\Delta U = 826 \text{ J}$, $Q = 0$, $L = -826 \text{ J}$]**

Al termine del ripasso del capitolo 3 svolgi i seguenti esercizi:

ESERCIZI SUL TRASFERIMENTO DI CALORE

- 1) Considera una parete di mattoni alta 4m, larga 6m e spessa 0,3m, la cui conducibilità termica sia di $0,8 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$. Determina la portata di calore dissipata attraverso la parete se si registra una temperatura interna di 14°C e una temperatura esterna di 6°C . **[512W]**



**ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E. TORRICELLI"
MILANO**

Lavoro estivo per recupero debito

- 2) Considera una vetrata delle dimensioni di $0,8\text{m} \times 1,5\text{m}$ e dello spessore di 8mm , caratterizzata da conducibilità termica pari a $0,78\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Sapendo che il coefficiente di pellicola esterno vale $40\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e che quello interno vale $10\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$, calcola la portata termica trasmessa attraverso la parete se la temperatura interna vale 20°C e quella esterna -10°C . Rappresenta il profilo termico. **[267W]**
- 3) Considera una vetrata delle dimensioni di $0,8\text{m} \times 1,5\text{m}$ costituita da due strati di vetro di spessore di 4mm ($K = 0,78\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$), separati da un'intercapedine d'aria ferma spessa 10mm ($K = 0,026\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$). Sapendo che il coefficiente di pellicola esterno vale $40\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e che quello interno vale $10\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$, calcola la portata termica trasmessa attraverso la parete se la temperatura interna vale 20°C e quella esterna -10°C . Rappresenta il profilo termico. **[69,2W]**
- 4) Si consideri una finestra di vetro alta $1,2\text{ m}$ e larga 2 m , il cui spessore è 6 mm e la cui conducibilità termica è $K = 0,78\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Calcolare: (a) la potenza termica trasmessa attraverso questa finestra in regime stazionario e (b) la temperatura della sua superficie interna in un giorno in cui la temperatura della stanza è mantenuta a 24°C , mentre la temperatura esterna è -5°C . Si supponga che i coefficienti di scambio termico convettivo della superficie interna e della superficie esterna della finestra siano $h_i = 10\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e $h_e = 25\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ rispettivamente, e si trascuri la trasmissione per irraggiamento. Rappresenta il profilo termico. **[470W; $4,4^\circ\text{C}$]**
- 5) Calcolare la potenza termica per unità di superficie che attraversa una parete verticale così costituita: 20mm di intonaco di cemento e calce + 120mm di mattoni pieni + 20mm di intonaco di cemento. Si consideri una temperatura interna pari a 20°C e una esterna pari a 0°C . I coefficienti di pellicola esterno e interno valgono rispettivamente $23\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e $7\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Rappresentare il profilo termico.

MATERIALE	CONDUCIBILITA' $[\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})]$
Intonaco di cemento e calce	0,9
Mattoni pieni	0,3
Intonaco di cemento	1,4

[32,2W/m²]

- 6) Calcolare la potenza termica per unità di superficie che attraversa una parete verticale formata da 300 mattoni. Si consideri che ogni mattone di spessore 8cm è rivestito da entrambi i lati da uno strato di 2cm di malta e più esternamente, sempre da entrambi i lati, da uno strato di 3cm di schiuma rigida. Si consideri una temperatura interna pari a 20°C e una esterna pari a -10°C . I coefficienti di pellicola esterno e interno valgono rispettivamente $25\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e $10\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Rappresentare il profilo termico.
- 7) Si consideri una parete di mattoni di dimensioni $20\text{ m} \times 4\text{ m}$ con 2 finestre di misura $1,2\text{ m} \times 1,8\text{ m}$. La resistenza termica specifica (s/K) dei mattoni corrisponde a $2,31\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$, mentre lo spessore e la conducibilità del vetro sono rispettivamente $0,5\text{cm}$ e $0,78\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Il termostato della casa è regolato a 22°C e la temperatura media dell'ambiente esterno è 5°C . Trascurando ogni scambio termico per irraggiamento attraverso le finestre e supponendo che i coefficienti di scambio termico sulla superficie interna della casa e sulla sua superficie esterna siano $h_i = 7\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e $h_e = 15\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ rispettivamente, si determini la potenza termica trasmessa attraverso la parete. **[1458,7W]**



ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E. TORRICELLI"
MILANO

Lavoro estivo per recupero debito

- 8) Si consideri una parete di mattoni di dimensioni 30 m x 4 m con 1 finestra a doppio vetro di misura 1,5 m x 3 m. La resistenza termica specifica (s/K) dei mattoni corrisponde a $2,31\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$, lo spessore e la conducibilità del vetro sono rispettivamente 0,5cm e $0,78\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$, mentre lo spessore e la conducibilità dell'aria che costituisce l'intercapedine sono rispettivamente 1,5cm e $0,026\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Il termostato della casa è regolato a 20°C e la temperatura media dell'ambiente esterno è 7°C . Trascurando ogni scambio termico per irraggiamento attraverso le finestre e supponendo che i coefficienti di scambio termico sulla superficie interna della casa e sulla sua superficie esterna siano $h_i = 7\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e $h_e = 15\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ rispettivamente, si determini la potenza termica trasmessa attraverso la parete. **[669,4W]**
- 9) Si consideri una casa di base 10mx20m e con pareti alte 4m. Due pareti della casa sono costituite da mattoni di resistenza termica specifica (s/K) pari a $2,31\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$; la terza parete contiene 3 finestre di dimensione 80cmx150cm e spessore 0,7cm mentre la quarta parete contiene una porta finestra a doppi vetri di dimensioni 2mx1,6m. Lo spessore dei vetri della porta finestra è di 0,4cm, lo spessore dell'intercapedine ad aria è di 1,5cm, la conducibilità del vetro è $0,78\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$, mentre quella dell'aria è $0,026\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Il termostato della casa è regolato a 22°C e la temperatura media dell'ambiente esterno è 3°C . Trascurando ogni scambio termico per irraggiamento attraverso le finestre e supponendo che i coefficienti di scambio termico sulla superficie interna della casa e sulla sua superficie esterna siano $h_i = 7\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ e $h_e = 15\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$ rispettivamente, si determini la potenza termica trasmessa attraverso le pareti della casa. **[1919W]**
- 10) Sia data una tubazione di rame, di spessore $s = 1\text{ mm}$, diametro esterno $d = 12\text{ mm}$ e lunghezza $L = 0.4\text{ m}$. Il tubo si trova in condizioni stazionarie con le due superfici rispettivamente a $T_1 = 28\text{ °C}$ e $T_2 = 25\text{ °C}$. Determinare la potenza termica totale attraverso il tubo, trascurando il calore uscente dalle estremità del tubo. Si consideri la conducibilità del rame pari a $398\text{W}/(\text{m}^2\text{°C})$.
- 11) Occorre mantenere una temperatura di 20°C all'interno di una stanza quando la temperatura esterna vale 0°C . Le superfici perimetrali che separano la stanza dall'esterno sono di due tipi: pareti in muratura con pannellatura isolante (superficie complessiva 35m^2 ; strato 1, spessore 20cm, conducibilità termica $0.8\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$; strato 2, spessore 3cm, conducibilità termica $0.04\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$) e superfici vetrate (spessore 8mm, superficie complessiva 5m^2 , conducibilità termica $1.1\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$). Nell'ipotesi di regime stazionario e flusso termico monodimensionale e posto che i coefficienti liminari lato interno e lato esterno valgano rispettivamente 8 e $23\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$, si determini il flusso termico disperso attraverso la parete e la temperatura della superficie interna delle superfici vetrate.
- 12) Calcola lo scambio termico radiativo tra una piastra di 2m^2 e l'ambiente esterno sapendo che la piastra ha una temperatura superficiale pari a 220°C e la sua emissività vale 0,9, mentre la temperatura dell'ambiente esterno è pari a 20°C .
- 13) Una parete di alluminio di superficie 10m^2 è posta alla temperatura di 70°C . Sapendo che l'emissività dell'alluminio è 0,04, determina l'energia irradiata nell'unità di tempo. **[314W]**
- 14) Un ferro da stiro ha una piastra di 240cm^2 , regolata ad una temperatura di 200°C . Determina la quantità di calore irradiato dalla piastra ed il calore netto scambiato con l'aria se questa si trova ad una temperatura di 18°C . Considera l'emissività dell'alluminio pari a 0,04. **[58,4W]**
- 15) Uno scambiatore di calore di forma cilindrica è isolato termicamente con lana di vetro contenuta da un lamierino di alluminio. Se lo scambiatore ha un diametro di 1,2m ed una lunghezza di 6m, determina il



**ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E. TORRICELLI"
MILANO**

Lavoro estivo per recupero debito

calore netto scambiato considerando la temperatura esterna del lamierino pari a 60°C , la temperatura dell'aria 15°C e l'emissività dell'alluminio 0,04. **[306W]**

- 16) Una persona ferma in prossimità di una parete di mattoni riscaldata precedentemente dal Sole, percepisce energia di irraggiamento provenire da essa. Sapendo che la parete si trova a 43°C e l'emissività dei mattoni è 0,92, calcola il flusso termico per irraggiamento per metro quadrato emesso.
- 17) L'energia radiante totale che colpisce un corpo che in parte riflette, in parte assorbe e in parte trasmette è di $2200\text{W}/\text{m}^2$. Di questa quantità $450\text{W}/\text{m}^2$ vengono riflessi e $900\text{W}/\text{m}^2$ vengono assorbiti dal corpo. Calcola la trasmittività.

Al termine del ripasso del capitolo 4 svolgi i seguenti esercizi:

ESERCIZI SCAMBIATORI DI CALORE

- 1) Calcolare la superficie di scambio termico di uno scambiatore di calore a tubi concentrici di cui sono noti il flusso termico (600kW), il coefficiente di scambio termico globale ($110\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$) e la differenza media logaritmica di temperatura (130°C). Calcolare inoltre il numero di tubi necessari ipotizzando di utilizzare tubi concentrici di diametro 2,5cm e lunghezza 4m.
- 2) Due fluidi devono scambiare calore. Le temperature in ingresso e in uscita del fluido caldo sono rispettivamente 300°C e 200°C , mentre quelle del fluido freddo sono rispettivamente 50°C e 100°C . I calori specifici dei due fluidi valgono $2,26\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ (fluido caldo) e $2,5\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ (fluido freddo). Ipotizzando un coefficiente di scambio termico globale di $0,485\text{kW}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ e una portata del fluido caldo di $0,7\text{kg}/\text{s}$, determinare la portata del fluido freddo e le superfici di scambio termico nel caso dell'equicorrente e della controcorrente.
- 3) Una portata di $0,55\text{kg}/\text{s}$ di etilbenzene deve essere raffreddata da 80°C a 35°C con acqua alla temperatura iniziale di 20°C e una portata di $1,11\text{kg}/\text{s}$. Ipotizzando di utilizzare uno scambiatore controcorrente a tubi concentrici con tubo interno di 2,5cm di diametro, tubo esterno di 3,5cm di diametro e lunghezza 6m, determinare l'area di scambio termico e il numero di hairpin necessari tenendo conto che il calore specifico dell'etilbenzene vale $1,96\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ e che il coefficiente di scambio termico globale vale $0,38\text{kW}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$
- 4) Uno scambiatore controcorrente a tubi concentrici viene impiegato per raffreddare olio lubrificante. La portata dell'acqua di raffreddamento che scorre nel tubo interno dell'hairpin di diametro 15mm è $0,1\text{kg}/\text{s}$, mentre la portata dell'olio che scorre nel lato anello (diametro = 30mm) è di $0,05\text{kg}/\text{s}$. Olio e acqua di raffreddamento entrano rispettivamente alle temperature di 110°C e 30°C . Nell'ipotesi di assumere un coefficiente di scambio termico globale pari a $40\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$, calcolare la lunghezza necessaria del tubo affinché l'olio esca dallo scambiatore con una temperatura di 70°C . I valori di calore specifico per l'olio e per l'acqua sono rispettivamente di $2,13\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ e $4,18\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$.



**ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E. TORRICELLI"
MILANO**

Lavoro estivo per recupero debito

- 5) Dopo un lungo periodo di servizio, uno scambiatore di calore controcorrente a doppio tubo utilizzato per il raffreddamento di olio viene testato per verificare se le sue prestazioni si sono abbassate a causa di incrostazioni. Nella prova effettuata, l'olio ($c_p = 2330 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$) che scorre con una portata di 2 kg/s viene raffreddato con acqua ($c_p = 4180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$) che scorre con una portata di 1 kg/s . Le temperature di ingresso dei due fluidi sono rispettivamente 420 K e 300 K . Considerando una superficie di scambio pari a $3,33 \text{ m}^2$, un coefficiente di scambio termico globale di progetto pari a $930 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ e che la temperatura in uscita dell'olio risulta di 380 K , calcolare di quanto si è ridotto il coefficiente di scambio termico globale.
- 6) Uno scambiatore a controcorrente è usato per refrigerare l'olio di lubrificazione di una grande turbina a gas di tipo industriale. L'acqua usata come refrigerante attraversa il tubo interno con una portata di 0.2 kg/s , mentre l'olio viene fatto passare nella regione anulare con una portata di 0.1 kg/s . L'olio e l'acqua entrano alla temperatura di 100°C e 30°C , rispettivamente. Il tubo interno è un tubo in acciaio di diametro 3 cm e spessore trascurabile, mentre il tubo esterno ha un diametro di 45 mm . Considerando un coefficiente di pellicola interno pari a $700 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ e uno esterno pari a $500 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$, determinare la lunghezza del tubo affinché la temperatura di uscita dell'olio sia di 60°C . Per l'olio di lubrificazione ad una temperatura media di 80°C si consideri $c_p = 2131 \text{ J}/(\text{kg K})$; per l'acqua di refrigerazione ad una temperatura di 30°C si consideri $c_p = 4178 \text{ J}/(\text{kg K})$

Al termine del ripasso del capitolo 5 svolgi i seguenti esercizi:

ESERCIZI MACCHINE TERMICHE

- 1) In ciclo di Carnot, le due isoterme vengono eseguite alle temperature di $T_1 = 1200 \text{ K}$ e $T_2 = 1800 \text{ K}$. Sapendo che il ciclo viene effettuato da una mole di gas monoatomico, con volumi $V_A = 20 \text{ dm}^3$ e $V_B = 40 \text{ dm}^3$, calcolare la pressione e il volume nei punti B, C, D del ciclo. Determinare inoltre il rendimento del ciclo mediante il calcolo del lavoro prodotto dal sistema e del calore ceduto a esso dalla sorgente a temperatura maggiore.
[$P_A = 748 \text{ kPa}$; $P_B = 374 \text{ kPa}$; $P_C = 135 \text{ kPa}$; $P_D = 270 \text{ kPa}$; $V_C = 74 \text{ dm}^3$; $V_D = 37 \text{ dm}^3$; $\eta = 0,33$]
- 2) Un frigorifero opera secondo il ciclo di Carnot percorso in senso inverso. All'interno della cella frigorifera la temperatura è di 10°C , mentre la temperatura della sorgente calda è di 40°C . Determinare il coefficiente di prestazione del frigorifero. Determinare il lavoro che si deve impiegare per raffreddare 20 kg di acqua da 40°C a 15°C . **[$\beta = 9,44$; $W = 221 \text{ kJ}$]**
- 3) In un ciclo di Carnot le due isoterme vengono eseguite alla temperatura di 500 K e 300 K , rispettivamente. Durante la fase di espansione vengono forniti 4000 J di energia termica. Determinare il lavoro compiuto nel ciclo e il calore ceduto alla sorgente a temperatura inferiore. **[$Q_{\text{ced}} = 2400 \text{ J}$; $W = 1600 \text{ J}$]**
- 4) Una macchina termica esegue un ciclo di Carnot tra due sorgenti di calore che si trovano alla temperatura di 300 K e 500 K rispettivamente. In ciascun ciclo la macchina cede 100 Kcal alla sorgente fredda. Determinare quanto calore assorbe dalla sorgente calda e quanto lavoro (misurato in Kcal) compie in ciascun ciclo. **[$Q_{\text{ass}} = 167 \text{ kcal}$; $W = 67 \text{ kcal}$]**
- 5) Una macchina termica che opera reversibilmente tra due soli sorgenti riceve, in un ciclo, una quantità di calore di 50 Kcal dalla sorgente calda e scarica alla sorgente fredda una quantità di calore di 20 Kcal . Determinare la temperatura della sorgente calda sapendo che quella della sorgente fredda vale 273 K . **[$T = 682,5 \text{ K}$]**



**ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E. TORRICELLI"
MILANO**

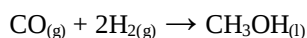
Lavoro estivo per recupero debito

- 6) Un ciclo di Carnot opera fra due temperature $T_2 = 400\text{K}$ e $T_1 = 300\text{K}$ e compie ad ogni ciclo un lavoro di 41800 J . Calcolare il rendimento del ciclo e il calore in esso disperso, per ciascun ciclo, al termostato alla temperatura T_1 . [$\eta = 0,25$; $Q_{\text{ced}} = 125,4\text{kJ}$]
- 7) Il rendimento di un ciclo di Carnot vale $0,4$. Determinare la temperatura T_2 della sorgente calda sapendo che la sorgente fredda ha la temperatura di 20°C . [$T = 488\text{K}$]
- 8) In un ciclo di Carnot vengono fornite 4 Kilocalorie alla temperatura $T_2 = 600\text{K}$. Sapendo che a ogni ciclo viene compiuto un lavoro di 8000 J , calcolare il rendimento e la temperatura di raffreddamento. [$\eta = 0,478$; $T = 313\text{K}$]
- 9) In un ciclo frigorifero di Carnot il lavoro da compiere per sottrarre 4 kcal alla sorgente che si trova alla temperatura inferiore di $T_1 = -13^\circ\text{C}$, vale 3000 J . Calcolare il valore della temperatura esterna del frigorifero e il calore ceduto all'esterno a ogni ciclo. [$T = 306,83\text{K}$; $Q_{\text{ced}} = 19720\text{J}$]
- 10) Si vuole utilizzare un ciclo di Carnot funzionante alla rovescia per estrarre, in un'ora, 1000 kcal da un ambiente a temperatura costante di -20°C e trasferirlo a un altro ambiente a temperatura costante di $+20^\circ\text{C}$. Determinare la potenza che si deve impegnare per far funzionare la macchina termica. [$P = 184\text{W}$]
- 11) Una macchina termica a vapore ha rendimento pari al 3% . Il vapore viene immesso nella macchina a 130°C e viene espulso a 110°C . Quale percentuale di energia viene perduta rispetto a quella che potrebbe essere teoricamente utilizzata se il ciclo eseguito dalla macchina fosse perfettamente reversibile? [$\eta = 0,0496$; $\%E = 1,96\%$]
- 12) Una mole di gas monoatomico compie un ciclo che in un piano PV è rappresentato da un rettangolo con i lati paralleli agli assi. Il lavoro compiuto in un ciclo vale 4000J . Sapendo che la pressione inferiore del ciclo vale $P_1 = 2 \cdot 10^5\text{ Pa}$, la pressione superiore $P_2 = 3 \cdot 10^5\text{ Pa}$ e il volume inferiore del ciclo vale $V_1 = 5\text{L}$, calcolare il rendimento del ciclo e il suo volume massimo. [$\eta = 0,13$; $V = 45\text{L}$]
- 13) Il ciclo ABCD di forma trapezoidale, indicato in figura, è caratterizzato dalle coordinate sotto indicate. Il ciclo viene percorso in senso orario. Determinare il lavoro totale compiuto dal ciclo. Calcolare inoltre il calore totale scambiato dal sistema e il rendimento del ciclo supponendo che il fluido che evolve nella macchina termica sia costituito da due moli di un gas il cui calore specifico a volume costante vale $20\text{ J}/(\text{mol K})$. [$\eta = 0,16$; $W_{\text{tot}} = 3000\text{J}$; $Q_{\text{tot}} = 3000\text{J}$]
- 14) In un ciclo, che nel piano PV è rappresentato da un rettangolo con i lati paralleli agli assi, una mole di gas biatomico, inizialmente a $2 \cdot 10^5\text{Pa}$, viene riscaldata a volume costante da $T_1 = 200\text{K}$ a $T_2 = 400\text{K}$. Successivamente il gas si espande a pressione costante assorbendo 2Kcal e, infine, al gas viene fatto completare il ciclo rettangolare. Calcolare il rendimento del ciclo. [$\eta = 0,096$]

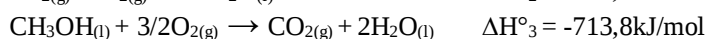
Al termine del ripasso del capitolo 10 svolgi i seguenti esercizi:

ESERCIZI TERMOCHIMICA

- 1) Calcolare il ΔH°_r della reazione di sintesi del metanolo secondo la reazione



I dati noti sono i ΔH° delle reazioni di combustione sotto riportate:



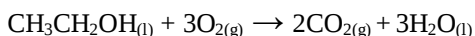
[$-141,1\text{kJ/mol}$]

- 2) Calcolare il calore di combustione di 100cm^3 di etanolo (densità $0,788\text{g/cm}^3$) secondo la reazione

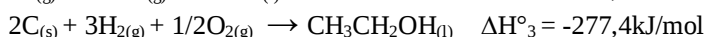


ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "E. TORRICELLI"
MILANO

Lavoro estivo per recupero debito

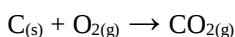


Sono noti i seguenti dati:

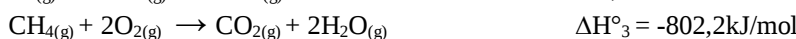


[2339kJ]

- 3) Calcolare la quantità di calore (in kcal) sviluppata nella combustione di 1000kg di coke con contenuto del 90% di C secondo la reazione:

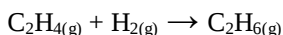


Sono noti i seguenti dati:

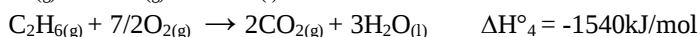


[7,1·10⁶kcal]

- 4) Calcolare il ΔH°_r della reazione di idrogenazione dell'etilene

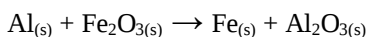


I dati noti sono i ΔH° delle reazioni sotto riportate:



[-221,6kJ/mol]

- 5) Calcolare il ΔH°_r della reazione di riduzione dell'ossido ferrico a 25°C secondo la reazione (da bilanciare):



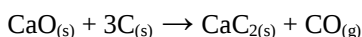
sapendo che i ΔH°_f di Fe_2O_3 e Al_2O_3 valgono rispettivamente -824,2kJ/mol e -1676kJ/mol.

[-851,8kJ/mol]

- 6) Il calore sviluppato dalla combustione dell'acetilene in condizioni standard è 310,7kcal/mol. Scrivere la reazione associata, bilanciarla e calcolare l'entalpia standard di formazione dell'acetilene gassoso utilizzando i dati in appendice 18.

[-2329kJ/mol]

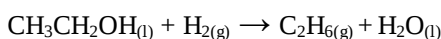
- 7) Determina la quantità di calore necessaria per produrre 1kg di CaC_2 secondo la reazione:



sapendo che i ΔH°_f di CaO , CaC_2 e CO valgono rispettivamente -635,1kJ/mol, -59,8kJ/mol e -110,5kJ/mol.

[7251kJ]

- 8) Il calore di combustione dell'etanolo è -277,7kJ/mol, quello dell'etano è -83,85kJ/mol, mentre il calore di formazione dell'acqua allo stato liquido è -285,8kJ/mol. Calcolare il calore associato alla reazione di idrogenazione di 10g di alcol etilico secondo la reazione:



[106,2kJ]

- 9) Calcolare il ΔG°_r della seguente reazione $\text{P}_{4(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow \text{PCl}_{3(g)}$

sapendo che i ΔG°_f di $\text{P}_{4(g)}$ e $\text{PCl}_{3(g)}$ valgono rispettivamente 24,5kJ/mol e -267,8kJ/mol.

[1096kJ/mol]



**ISTITUTO d'ISTRUZIONE SUPERIORE "E.TORRICELLI"
MILANO**

Lavoro estivo per recupero debito

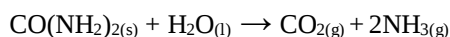
10) Calcolare il ΔG°_r della seguente reazione $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{SO}_{3(g)}$ utilizzando i dati riportati in tabella

	ΔH°_f (kJ/mol)	S° (J/mol·K)
$\text{SO}_{2(g)}$	-297	248
$\text{SO}_{3(g)}$	-396	257
$\text{O}_{2(g)}$	0	205

e stabilire se la reazione è spontanea a 25°C.

[-142kJ/mol; spontanea]

11) Considera la reazione:



Calcolare il ΔS°_r a 25°C sapendo che alla stessa temperatura il ΔH°_r vale +119,2kJ e il ΔG°_r vale +13,4kJ. La reazione è ordinante o disordinante?

[386J/mol; disordinante]

12) Stabilire per quali valori di T una reazione che presenta ΔH°_r pari a -90kJ/mol e ΔS°_r -195J/mol·K è spontanea.

[462K]

13) Utilizzando i dati in appendice 18, calcolare ΔG°_r e $\Delta G^\circ_{r,300^\circ\text{C}}$ per la reazione $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NH}_{3(g)}$ assumendo che ΔH°_r e ΔS°_r non varino tra 25°C e 300°C. Calcolare inoltre la temperatura minima alla quale la reazione diventa non spontanea.

[-32,8kJ/mol; 21,7kJ/mol; 464K]

14) Calcolare il ΔH°_r a 450°C per la reazione di ossidazione dell'ammoniaca $4\text{NH}_{3(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{NO}_{(g)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(g)}$. Per i valori di c_{pi} consultare appendice 5 e per i valori di ΔH°_f consultare appendice 18.

[-907,7kJ/mol]