

## Termodinamica degli stati

### Calcolo proprietà dell'acqua

#### Esercizio 1

Determinare lo stato termodinamico dell'acqua in corrispondenza dei seguenti valori di temperatura e pressione:

1.  $t = 80,0 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $p = 0,474 \text{ bar}$ ;
2.  $t = 80,0 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $p = 0,253 \text{ bar}$
3.  $t = 80,0 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $p = 1,013 \text{ bar}$

[R: 1) Saturazione; 2) Vapore surriscaldato; 3) Liquido sottoraffreddato]

#### Esercizio 2

Calcolare l'entalpia specifica per l'acqua nelle seguenti condizioni:

1.  $t = 130 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $x = 0$
2.  $t = 130 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $x = 0,4$
3.  $t = 130 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $x = 1,0$

[R: 1)  $h=546 \text{ kJ/kg}$ ; 2)  $h=1,41 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$  3)  $h=2,72 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$ ]

#### Esercizio 3

Sapendo che una massa  $m=10,0 \text{ kg}$  di acqua alla temperatura di  $t=100 \text{ }^\circ\text{C}$  occupa un volume  $V=5,00 \text{ m}^3$ , calcolare la pressione  $p$  e l'entalpia specifica  $h$ .

[R:  $p=1,01 \text{ bar}$ ;  $h=1,09 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$ ]

#### Esercizio 4

Si individui lo stato termodinamico e si calcolino la pressione  $p$  ed il volume specifico  $v$  dell'acqua in corrispondenza di una temperatura  $t=102^\circ\text{C}$  ed una entalpia specifica  $h=1648 \text{ kJ/kg}$ .

[R: Stato termodinamico: Saturazione;  $p=1,09 \text{ bar}$ ;  $v=8,53 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{kg}$ ]

#### Esercizio 5

Si calcoli il volume  $V$  occupato da una massa  $m=2,25 \text{ kg}$  di acqua che alla pressione  $p=0,800 \text{ bar}$  presenta un valore di entropia specifica  $s=3,42 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ .

[R:  $V=1,66 \text{ m}^3$ ]

#### Esercizio 6

Dell'acqua alla pressione  $p=1,23 \text{ bar}$  presenta un valore di entropia specifica  $s=2,41 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ . Si calcolino:

1. stato termodinamico;
2. entalpia specifica  $h$ ;
3. energia interna specifica  $u$ .

[R: Stato termodinamico: Saturazione;  $h=837 \text{ kJ/kg}$ ;  $u=2,07 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$ ]

#### Esercizio 7

Determinare lo stato termodinamico e calcolare entalpia specifica  $h$ , energia interna specifica  $u$ , entropia specifica  $s$  e volume specifico  $v$  per l'acqua nelle seguenti condizioni:

1.  $p_1=0,50 \text{ bar}$ ,  $t_1=120 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
2.  $p_2=20 \text{ bar}$ ,  $t_2=140 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
3.  $p_3=60 \text{ bar}$ ,  $t_3=280 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

[R: 1) Vapore surriscaldato,  $h_1=2721 \text{ kJ/kg}$ ,  $u_1=2542 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_1=7,797 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ ; 2) Liquido sottoraffreddato,  $h_2=604,7 \text{ kJ/kg}$ ,  $u_2=588,1 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_2=1,736 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ ; 3) Vapore surriscaldato,  $h_3=2802 \text{ kJ/kg}$ ,  $u_3=2604 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_3=5,921 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ ]

### Gas Ideale

#### Esercizio 1

In un recipiente indeformabile è contenuto dell'ossigeno alla pressione  $p_1=3,00 \text{ atm}$  ed alla temperatura  $t_1=20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Si vuole portare la pressione a  $p_2=4,00 \text{ atm}$  mediante innalzamento della temperatura. Calcolare:

1. la temperatura alla quale è necessario arrivare per ottenere l'incremento di pressione voluto.

Cosa cambierebbe se il serbatoio contenesse azoto?

[R: 1)  $t_2=118 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Azoto:  $t_2=118 \text{ }^\circ\text{C}$ ]

**Esercizio 2**

Un sistema pistone-cilindro contiene azoto alla temperatura  $t_1=100\text{ }^\circ\text{C}$  ed alla pressione  $p_1=2,02\text{ atm}$ . Il volume iniziale  $V_1$  del recipiente è pari a  $82,3\text{ cm}^3$ . Sapendo che successivamente l'azoto viene portato alla temperatura  $t_2=30,0\text{ }^\circ\text{C}$  e pressione  $p_2=1,54\text{ atm}$ , calcolare:

- il volume finale  $V_2$ ;
- la variazione di energia interna  $\Delta U$ ;
- la variazione di entalpia specifica  $\Delta h$ .

Ritenere nulli gli attriti tra pistone e cilindro.

[R:  $V_2=8,79 \times 10^{-5}\text{ m}^3$ ;  $\Delta U=-7,73\text{ kJ}$ ;  $\Delta h=-72,8\text{ kJ/kg}$ ]

**Esercizio 3**

Un recipiente indeformabile contiene dell'azoto alla temperatura  $t_1=20,0\text{ }^\circ\text{C}$  e pressione  $p_1=1,00\text{ atm}$ . Successivamente la temperatura dell'azoto viene innalzata portandola ad un valore  $t_2=80,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Si calcolino:

1. pressione finale  $p_2$ ;
2. variazione di entalpia specifica  $\Delta h$ ;
3. variazione di energia interna specifica  $\Delta u$ ;
4. variazione di entropia specifica  $\Delta s$ .

[R: 1)  $p_2=1,20\text{ bar}$ ; 2)  $\Delta h=62,4\text{ kJ/kg}$ ; 3)  $\Delta u=44,6\text{ kJ/kg}$ ; 4)  $\Delta s=0,140\text{ kJ/(kg K)}$ ]

**Esercizio 4**

Una massa di anidride carbonica  $m=2,00\text{ kg}$  si trova inizialmente alla temperatura  $T_1=320\text{ K}$  e pressione  $p_1=2,50\text{ atm}$ . Successivamente la temperatura viene innalzata fino a  $T_2=450\text{ K}$ . Calcolare la variazione di entalpia specifica  $\Delta h$ , di energia interna specifica  $\Delta u$  e di entropia totale  $\Delta S$  nei seguenti casi:

- trasformazione isocora;
- trasformazione isobara.

[R: Isocora:  $\Delta h=112\text{ kJ/kg}$ ;  $\Delta u=87,9\text{ kJ/kg}$ ;  $\Delta S=0,461\text{ kJ/K}$ ; Isobara:  $\Delta h=112\text{ kJ/kg}$ ;  $\Delta u=87,9\text{ kJ/kg}$ ;  $\Delta S=0,590\text{ kJ/K}$ ]

**Esercizio 5**

Un sistema pistone cilindro contiene  $1,00\text{ m}^3$  di aria alla temperatura  $t_1=20,0\text{ }^\circ\text{C}$  e pressione  $p_1=1,00\text{ atm}$ . Il pistone, di diametro  $D=0,650\text{ m}$ , si muove senza attrito con il cilindro. Ritenendo che la temperatura rimanga costante, quanto deve essere la diminuzione  $\Delta H_p$  dell'altezza del pistone affinché la pressione dell'aria aumenti fino a  $p_2=4,50\text{ atm}$ ? Si calcolino, inoltre, la variazione di entalpia specifica  $\Delta h$ , di energia interna specifica  $\Delta u$  e di entropia specifica  $\Delta s$ .

[R:  $\Delta H_p=1,00\text{ m}$ ;  $\Delta h=0$ ;  $\Delta u=0$ ;  $\Delta s=-0,430\text{ kJ/(kg K)}$ ]

**Liquido incomprimibile****Esercizio 1**

Un recipiente indeformabile contiene  $1,00\text{ kg}$  di acqua alla temperatura  $t_1=10,0\text{ }^\circ\text{C}$  e pressione  $p_1=1,01\text{ bar}$ . Successivamente viene fornita energia termica fino a portare l'acqua ad una temperatura  $t_2=60,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Calcolare la variazione di energia interna totale  $\Delta U$ , la variazione di entalpia totale  $\Delta H$  e la variazione di entropia totale  $\Delta S$  dell'acqua.

[R:  $\Delta U=\Delta H=210\text{ kJ}$ ;  $\Delta S=0,680\text{ kJ/K}$ ]

**Esercizio 2**

Una portata d'acqua attraversa una condotta orizzontale con moto unidimensionale e stazionario. La sezione di ingresso è uguale alla sezione di uscita. La temperatura e la pressione in ingresso sono pari, rispettivamente, a  $t_1=15,0\text{ }^\circ\text{C}$  e  $p_1=1,95\text{ bar}$ ; in uscita l'acqua si trova in condizioni di liquido saturo. Ritenendo trascurabili le perdite di carico nel condotto, calcolare la variazione di entalpia specifica  $\Delta h$  e la variazione di entropia specifica  $\Delta s$  tra le sezioni di ingresso e di uscita.

[R:  $\Delta u=\Delta h=439\text{ kJ/kg}$ ;  $\Delta s=1,30\text{ kJ/(kg K)}$ ]