

### Vraagstuk 1

- Geef de uitdrukkingen voor  $C_V$  en  $C_p$  uitgedrukt in  $U$  en  $H$  respectievelijk.
- Laat zien dat per mol ideaal gas geldt  $C_{p,m} - C_{V,m} = R$ . Waarom is  $C_{p,m}$  groter dan  $C_{V,m}$ ?
- Voor welk proces van een ideaal gas geldt  $pV^\gamma = \text{constant}$ , met  $\gamma = C_p / C_V$ ?

Het gewicht dat door een ballon kan worden opgetild is gelijk aan het gewicht van de verplaatste lucht (het gewicht van een luchtvolume ter grootte van het volume van de ballon) verminderd met het gewicht van de gevulde ballon. De ballon mag worden opgevat als een bol met een diameter van  $10.0\text{ m}$ . Het gewicht van de lege ballon mag worden verwaarloosd. Lucht mag worden opgevat als een ideaal gas mengsel van  $N_2(g)$  en  $O_2(g)$  met respectievelijke molfracties van  $0.8$  en  $0.2$ . Ook helium mag worden opgevat als een ideaal gas.

- Stel bovengenoemde ballon is een hete lucht ballon. De lucht in de ballon heeft een temperatuur  $T_i = 338.0\text{ K}$ ; de lucht buiten de ballon heeft een temperatuur  $T_b = 294.0\text{ K}$ . De druk binnen en buiten de ballon is  $1.0\text{ bar}$ . Bereken het gewicht dat de ballon kan optillen.
- Beantwoord dezelfde vraag wanneer de druk in en buiten de ballon  $0.8\text{ bar}$  is.
- Stel bovengenoemde ballon is gevuld met helium. De temperatuur binnen en buiten de ballon is  $T = 294.0\text{ K}$ . De druk binnen en buiten de ballon is  $1.0\text{ bar}$ . Bereken opnieuw het gewicht dat de ballon kan optillen.

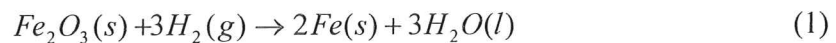
Gegeven:

$$M_{N_2} = 28.0\text{ g/mol}; M_{O_2} = 32.0\text{ g/mol}; M_{He} = 4.0\text{ g/mol}; R = 8.314\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1};$$

$$\pi = 3.14$$

## Opgave 2

- Geef een formulering van de eerste Hoofdwet.
- Geef een formulering van de tweede Hoofdwet
- Beschouw de volgende reactie

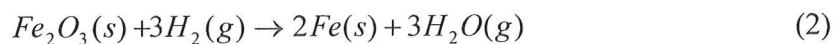


Laat met behulp van een berekening zien of deze reactie spontaan verloopt bij  $p^\theta = 1\text{bar}$  en  $T = 298.15\text{K}$ .

- Gegeven bij  $T_b = 373.15\text{K}$ :  $\Delta_{\text{vap}}H^\theta(H_2O) = 40.66\text{kJ/mol}$

Bereken  $\Delta_{\text{vap}}S^\theta(H_2O)$  bij  $T = 373.15\text{K}$

- Beschouw nu dezelfde reactie ( $H_2O$  is nu in de gasfase) bij  $T = 373.15\text{K}$



Laat met behulp van een berekening zien of deze reactie spontaan verloopt bij  $p^\theta = 1\text{bar}$  en  $T = 373.15\text{K}$ ?

Gegeven bij 298.15K

Stof	$\Delta_f H^\theta, \text{kJ/mol}$	$S_m^\theta, \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$	$C_{p,m}^\theta, \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
$Fe_2O_3(s)$	-824.2	87.40	103.85
$H_2O(l)$	-285.83	69.91	75.29
$H_2(g)$		130.68	28.82
$Fe(s)$		27.28	25.10

**NB** Alle warmtecapaciteiten mogen in goede benadering als onafhankelijk van de temperatuur worden genomen.

### Opgave 3

Eén mol van een ideaal gas bevindt zich in een cilinder die door een wrijvingsloos beweegbare zuiger wordt afgesloten. Het gas ondergaat drie processen, waarbij het uiteindelijk in de begintoestand terugkeert. In de begintoestand heeft het gas een druk  $p_A = p_1$ , een volume  $V_A = V_1$  en een temperatuur  $T_A = T_1$ .

- Stap 1. A  $\rightarrow$  B: Reversibele adiabatische expansie; in punt B heeft het gas een druk  $p_B = 0,379 p_1$ , een volume  $V_B = 2,00 V_1$ .
- Stap 2. B  $\rightarrow$  C: Reversibele isobare compressie bij  $p_B = 0,379 p_1$  naar een volume  $V_C = V_1$ .
- Stap 3. C  $\rightarrow$  A: Reversibele isochore drukverhoging bij  $V_1$  naar  $p_A = p_1$ .

- Schets deze kringloop in een  $pV$ -diagram ( $p$  verticale as).
- Wat kun je zeggen over de verandering  $\Delta U$  en  $\Delta S$  wanneer de kringloop precies één keer is doorlopen? Waarom?
- Toon aan dat de verhouding van de temperatuur  $\frac{T_A}{T_B} = 1,32$  en  $\frac{T_A}{T_C} = 2,64$ .
- Bereken de verhouding  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  en gebruik dit resultaat (en NIET andersom) om aan te tonen dat voor dit gas  $C_p = 29,10 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  en  $C_v = 20,785 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .
- Bereken per stap de warmte die is opgenomen, dan wel is afgestaan, uitgedrukt in het product  $p_1 V_1$ .
- Bereken de totale hoeveelheid arbeid die er op het gas is verricht, uitgedrukt in  $p_1 V_1$ .
- Bereken het rendement  $\varepsilon$ , gedefinieerd als de verhouding van de door het systeem verrichte arbeid en de opgenomen warmte, van deze cyclus.

Gegeven  $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$