

Tentamen Thermodynamica

27 oktober 2009

Eén vraagstuk per vel in verband met parallel nakijken!

Duidelijk naam, adres en studentnummer op elk vel!

Vraagstuk 1

- Geef een formulering van de eerste hoofdwet.
- Geef een formulering van de tweede hoofdwet.
- Wordt de entropie van een systeem bij de overgang van vloeistof naar vaste stof groter of kleiner? Hoe verklaar je dat water van 1 bar beneden 0 °C spontaan ijs vormt?
- Voor welk proces van een ideaal gas geldt $pV^\gamma = \text{constant}$, met $\gamma = C_p / C_v$?
- Air bags werken via explosieve decompositie van $\text{NaN}_3(s)$:
 $2\text{NaN}_3(s) \rightarrow 2\text{Na}(s) + 3\text{N}_2(g)$. Hoe groot is het volume gas gevormd van 100g $\text{NaN}_3(s)$ bij $T = 298\text{K}$ en $p = 1\text{bar}$? Gegeven:
 $M_{\text{Na}} = 22.99\text{g/mol}$, $M_{\text{N}} = 14.01\text{g/mol}$, $R = 8.3\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$.
- Geef een viriaaluitdrukking voor de toestandsvergelijking van een niet ideaal gas. Hoe is de Boyle temperatuur gedefinieerd?

In een cilinder bevindt zich 1 mol water van 274 K. De rechtopstaande cilinder is afgesloten met een wrijvingsloos beweegbare gewichtloze zuiger. Op deze zuiger drukt de buitendruk van $p^\theta = 1\text{bar}$. De cilinder is in thermisch contact met een waterbad met temperatuur van 298 K. Het warmtebad is zo groot dat tijdens de warmteuitwisseling zijn temperatuur niet verandert. Voor water geldt $C_{p,m}^\theta = 75.6\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$, onafhankelijk van de temperatuur.

- Bereken de opgenomen warmte.
- Bereken de entropieverandering van het warmtebad.
- Bereken de entropieverandering van het water.
- Bereken de totale entropieverandering en geef commentaar.

Vraagstuk 2

"Onzuiver" nikkel van 99.90% zuiverheid kan omgezet worden in nikkel van 99.99% zuiverheid met het zg Mond proces. De kenmerkende reactie bij dit proces is



Gegeven (298K): $\Delta_f H^\theta(CO, g) = -110.53 kJmol^{-1}$; $S_m^\theta(CO, g) = 197.67 JK^{-1}mol^{-1}$

$\Delta_f H^\theta(Ni(CO)_4, g) = -607.00 kJmol^{-1}$; $S_m^\theta(Ni(CO)_4, g) = 417.00 JK^{-1}mol^{-1}$;

$S_m^\theta(Ni, s) = 30.00 JK^{-1}mol^{-1}$

- Bereken $\Delta_r H^\theta$ en $\Delta_r S^\theta$ voor deze reactie bij 298K.
- Had je het teken (+ of -) van $\Delta_r S^\theta$ ook zonder meer kunnen voorspellen?
Toelichten.
- Bereken de temperatuur waarvoor $\Delta_r G^\theta = 0$, aannemende dat $\Delta_r H^\theta$ en $\Delta_r S^\theta$ onafhankelijk van de temperatuur zijn. Voor welke temperaturen is $\Delta_r G^\theta < 0$ en voor welke temperaturen is $\Delta_r G^\theta > 0$?
- De eerste stap van het Mond proces betreft de equilibratie met behulp van reactie (1) van onzuiver nikkel (99.90% zuiver) met $CO(g)$ en $Ni(CO)_4(g)$ bij 50°C. De bedoeling is om zoveel mogelijk nikkel van de vaste fase in de gasfase over te brengen. Bereken $\Delta_r G^\theta$ voor reactie (1) bij deze temperatuur aannemende dat $\Delta_r H^\theta$ en $\Delta_r S^\theta$ onafhankelijk van de temperatuur zijn. Zal reactie (1) verlopen?
- In de tweede stap van het Mond proces wordt het gas $Ni(CO)_4$ geïsoleerd en vervolgens opgewarmd tot 227°C. De bedoeling van deze stap is om via de omgekeerde reactie zoveel mogelijk nikkel als zuivere vaste stof te krijgen. Bereken $\Delta_r G^\theta$ voor reactie (1) bij deze temperatuur aannemende dat $\Delta_r H^\theta$ en $\Delta_r S^\theta$ onafhankelijk van de temperatuur zijn. Waarom wordt de temperatuur voor deze laatste stap verhoogd?

Gegeven $T / K = t / ^\circ C + 273.15$

Vraagstuk 3 De Brayton cyclus

Eén mol van een ideaal, bi-atomair gas bevindt zich in een cilinder die door een wrijvingsloos beweegbare zuiger wordt afgesloten. De soortelijke warmte per mol bij

constante druk van dit gas is: $C_{p,m} = \frac{7}{2}R$.

Het gas ondergaat 4 processen volgens de zogenamde Brayton Cyclus, zoals men die vindt in gasturbine motoren.

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, isobare expansie; in punt B heeft het gas een volume $V_B = 2V_1$.
- Stap 2: B \rightarrow C: reversibele, adiabatische expansie; in punt C heeft het gas een druk $p_C = p_2$.
- Stap 3: C \rightarrow D: reversibele, isobare compressie.
- Stap 4: D \rightarrow A: reversibele, adiabatische compressie.

- Schets deze kringloop in een pV-diagram (p op de vertical as).
- Bereken de temperatuur T_B in punt B, uitgedrukt in T_1 .
- Bereken de verhouding $\frac{C_p}{C_v}$.

Gegeven is dat de compressieverhouding $\frac{p_2}{p_1} = 0,1$.

- Bereken het volume en de temperatuur in punt C.
- Bereken het volume en de temperatuur in punt D.
- Bereken de opgenomen warmte q_h gedurende stap 1, uitgedrukt in T_1 .
- Bereken de afgestane warmte q_c gedurende stap 3, uitgedrukt in T_1 .
- Bereken het rendement η van deze motor.