

Tentamen Thermodynamica

25-10 2006

Het tentamen bestaat uit opgaven 1a t/m 1j, 2a t/m 2c en 3a t/m 3d.

Controleer dat je alle opgaven hebt (gemaakt)!

Naam:

Adres:

Studentnummer:

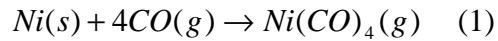
Opgave 1

- a. Hoe luidt de eerste Hoofdwet van de Thermodynamica?
- b. De standaard overgangsenthalpie voor de overgang tussen twee verschillende toestanden van vast fosfor, wit fosfor \rightarrow rood fosfor, is $\Delta_{trs}H^\theta = -17.6 \text{ kJ/mol}$. Welke van deze twee geeft de meeste warmte af bij verbranding aan lucht? Verklaar.
- c. Hoe luidt de tweede Hoofdwet van de Thermodynamica?
- d. Voor het roesten van ijzer $4\text{Fe}(s) + 3\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$ geldt $\Delta_r S^\theta = -1449.7 \text{ JK}^{-1}$. Toch roest ijzer spontaan. Verklaar.
- e. Geef nog twee andere voorbeelden van spontane processen en verklaar waarom de genoemde voorbeelden spontaan verlopen.
- f. Hoe luidt de derde Hoofdwet van de Thermodynamica?
- g. Debye heeft aangetoond dat voor de perfect kristallijne toestand van een vaste stof in de buurt van het absolute nulpunt geldt $C_p = aT^3$, waarbij a een constante is. Als voor een bepaalde vaste stof geldt dat $C_{p,m}^\theta = 0.43 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ bij $T = 4.2 \text{ K}$ wat is dan de molaire entropie S_m^θ bij deze temperatuur?
- h. Laat zien dat voor een ideaal gas geldt $C_{p,m} - C_{v,m} = R$
- i. Beschouw de overgang $\text{H}_2\text{O}(ijs) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(water)$ bij p^θ en $T = 273.2 \text{ K}$. Geef van de volgende grootheden $\Delta_{trs}H^\theta$, $\Delta_{trs}S^\theta$, $\Delta_{trs}G^\theta$, $\Delta_{trs}U^\theta$, behorende bij deze overgang, aan of ze negatief, nul of positief zijn. Korte toelichting geven.
- j. Het kookpunt van chloroform (CHCl_3) is 61.7°C . De standaard verdampingsenthalpie bij deze temperatuur is $\Delta_{vap}H^\theta = 31.4 \text{ kJ/mol}$. Bereken de standaard verdampingsentropie $\Delta_{vap}S^\theta$.

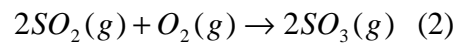
Ruimte voor Opgave 1

Opgave 2

Beschouw de volgende reactie



- a. Bereken $\Delta_r S^\theta$, $\Delta_r H^\theta$, $\Delta_r G^\theta$ bij $T = 298K$. Vloopt de reactie spontaan bij deze temperatuur? Waarom?
- b. Neem aan dat $\Delta_r S^\theta$, $\Delta_r H^\theta$ onafhankelijk van de temperatuur zijn. Laat zien voor welke temperaturen de reactie (1) niet spontaan verloopt?
- c. Beschouw de volgende reactie



Bereken $\Delta_r S^\theta$ voor reactie (2) bij $T = 298K$.

Gegevens bij $T = 298K$:

Substantie	$\Delta_f H^\theta$, kJ/mol	S_m^θ , $JK^{-1}mol^{-1}$
$Ni(s)$		30.1
$CO(g)$	-110.5	197.7
$Ni(CO)_4(g)$	-607.3	416.8

Substantie	$\Delta_f H^\theta$, kJ/mol	$\Delta_f G^\theta$, kJ/mol
$SO_2(g)$	-296.8	-300.2
$SO_3(g)$	-396.7	-371.0

Ruimte voor Opgave 2

Opgave 3

Een Carnot cyclus heeft betrekking op een systeem (machine) dat tussen twee reservoirs opereert en daarbij achtereenvolgens de volgende reversibele processen ondergaat: a. isotherme expansie bij temperatuur T_h , b. adiabatiscche expansie tot temperatuur T_c , c. isotherme compressie bij temperatuur T_c en tenslotte d. adiabatiscche compressie terug naar de begintoestand. Tijdens stap a. wordt een hoeveelheid warmte q_h opgenomen uit het warmereservoir met temperatuur T_h . Tijdens stap c. wordt een hoeveelheid warmte q_c afgestaan aan het koude reservoir met temperatuur T_c . Beantwoord de volgende vraag.

- a. Geef in termen van de genoemde grootheden aan wat per cyclus de verandering van de entropie van het warmereservoir en van het koude reservoir is.
- b. Laat zien dat uit de aanname dat de entropieafname van het warmereservoir precies wordt gecompenseerd door de entropietoename van het koude reservoir volgt dat de efficiëntie van de kringloop gelijk is aan $\varepsilon = 1 - T_c / T_h$. Hierbij is de efficiëntie gedefinieerd als de fractie van de opgenomen warmte die in arbeid wordt omgezet.

Tijdens bovenstaande kringloop wordt arbeid door het systeem verricht. We doorlopen dezelfde kringloop nu andersom. Beantwoord hiervoor de volgende vragen.

- c. Schets deze omgekeerde kringloop op de gebruikelijke wijze in een (p, V) -diagram. Geef duidelijk de richting aan waarin de kringloop wordt doorlopen. Tijdens welke stap wordt warmte opgenomen en tijdens welke wordt warmte afgestaan? Toelichten!
- d. Veronderstel dat $T_h = 293K$ en $T_c = 284K$. Hoeveel arbeid moet dan op het systeem worden uitgeoefend om 1000 kJ warmte uit het koude reservoir over te brengen naar het warme reservoir? (NB. Dit is de situatie bij gebruik van huisverwarming met behulp van "aardwarmte". Hierbij wordt water van ca. 11°C opgepompt vanuit een diepte van 80m en daar wordt dan warmte aan onttrokken voor de verwarming).

Ruimte voor Opgave 3