

Tentamen Chemische Thermodynamica

Vrijdag 2 juli 2010

Opgave 1 (gewicht 2.5 uit 10 punten) voor MST/LST

- Het molair volume van lucht bij kamertemperatuur en omgevingsdruk kan, bij benadering, berekend worden als
 - $RT/p \approx 25 \text{ m}^3/\text{mol}$.
 - $RT/p \approx 25 \text{ dm}^3/\text{mol}$.
 - $RT/p \approx 2,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$.
 - $RT/p \approx 25 \text{ cm}^3/\text{mol}$.
- Bij de Boyle-temperatuur
 - domineren de aantrekkende moleculaire krachten.
 - domineren de afstotende moleculaire krachten.
 - gedraagt een willekeurig gas zich als een ideaal gas.
 - gedraagt een gas zich als een "boiling fluid".
- De Gibbs energie is een toestandsfunctie die niet van waarde verandert bij constante
 - druk, volume en dichtheid.
 - druk, temperatuur en molair volume.
 - druk, temperatuur en samenstelling.
 - druk, entropie en samenstelling.
- De uitdrukking $dG = Vdp - SdT + \sum_j \mu_j dn_j$ houdt in dat voor het Gibbs energieverval tussen twee toestanden A en B van een vloeistof waarbij alleen de temperatuur verschilt geldt
 - $G_B \approx G_A - (S_B - S_A)T$
 - $G_B \approx G_A - (S_B - S_A)\Delta T$
 - $G_B \approx G_A - \Delta S(T_B - T_A)$
 - $G_B \approx G_A - S(T_B - T_A)$
- De Eerste Hoofdwet van de Thermodynamica houdt in dat wanneer zowel niet-expansie-arbeid als warmte met een systeem wordt uitgewisseld de enthalpie van het systeem niet verandert zolang
 - zowel de warmte als de arbeid aan het systeem worden toegevoegd.
 - de aan het systeem toegevoegde arbeid volledig wordt omgezet in warmte.
 - de aan het systeem toegevoegde arbeid volledig wordt omgezet in expansie-arbeid.
 - zowel de warmte als de arbeid aan het systeem worden onttrokken.
- De uitdrukking $dH = (1 - \alpha T)Vdp + c_p dT + \sum_j \Delta_f H_j^\circ dn_j$ houdt in dat voor het enthalpieverschil tussen twee toestanden A en B van een vloeistof waarbij alleen de temperatuur verschilt geldt
 - $H_B \approx H_A + (c_{p,B} - c_{p,A})T$
 - $H_B \approx H_A + (c_{p,B} - c_{p,A})\Delta T$
 - $H_B \approx H_A + \Delta c_p (T_B - T_A)$
 - $H_B \approx H_A + c_p (T_B - T_A)$
- In de uitdrukking $dH = (1 - \alpha T)Vdp + c_p dT + \sum_j \Delta_f H_j^\circ dn_j$ is $\alpha_T = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$ de thermische uitzettingscoëfficiënt. Voor vloeistoffen en vaste stoffen is daardoor de drukafhankelijkheid van de enthalpie
 - 0
 - temperatuur-onafhankelijk.
 - afhankelijk van het molair volume.
 - onafhankelijk van het molair volume.

8. Het maximale rendement van een spontaan verlopend endotherm proces met Gibbs energieverandering ΔG en enthalpieverandering ΔH is
- 0.
 - $|\Delta G/\Delta H|$.
 - $|\Delta H/\Delta G|$.
 - 1.
9. De relatie van Gibbs-Helmholtz en de ongelijkheid van Clausius zijn
- twee verschillende uitspraken.
 - gelijk voor irreversibele processen.
 - gelijk voor reversibele processen.
 - identiek.
10. De uitspraak “de entropie van het heelal neemt constant toe” is
- pertinent onjuist.
 - waar omdat elk proces entropie produceert.
 - waar omdat elk proces entropie met de omgeving uitwisselt.
 - waar omdat elk proces energie met de omgeving uitwisselt.
11. De evenwichtsconstante van een chemische reactie is gelijk aan
- $\exp\{\Delta_r G^\circ / R\}$.
 - $\exp\{\Delta_r G / (RT)\}$.
 - $\exp\{-\Delta_r G^\circ / (RT)\}$.
 - $\exp\{-\Delta_r G / T\}$.
12. Drukafhankelijkheid van de evenwichtsconstante van een chemische reactie
- is niet aanwezig.
 - vindt alleen plaats bij spontane reacties.
 - vindt alleen plaats als er gassen bij de reactie betrokken zijn.
 - speelt een rol als bij de omzetting meer of minder moleculen ontstaan dan er gecreëerd worden.
13. Het coëxistentiegebied is
- de verzameling evenwichtstoestanden waarbij twee fasen naast elkaar in evenwicht kunnen bestaan.
 - de projectie van een tweefasenlijn op een extensieve variabele.
 - het gebied waarin met de hefboomregel de compositie van de fasen bepaald kan worden.
 - de verzameling niet-evenwichtstoestanden waarbij twee fasen naast elkaar bestaan zonder in evenwicht te zijn.
14. Met de Clapeyron vergelijking kan met de helling van de fasenlijn
- de orde van de fasenovergang bepaald worden.
 - het teken van de fasenovergang bepaald worden.
 - de stabiliteit van de fasen bepaald worden.
 - de aard van de molaire volumeverandering bepaald worden.
15. De Wet van de Corresponderende Toestanden zegt dat
- een systeem zich overal in de wereld op dezelfde manier gedraagt.
 - alle vloeistof-dampsystemen zich hetzelfde gedragen.
 - de fasendiagrammen van vloeistof-dampsystemen identiek zijn mits zij worden geschaald met de kritische temperatuur, druk en molair volume.
 - de fasendiagrammen van vloeistof-dampsystemen op elkaar afgebeeld kunnen worden als de kookpunten gelijk worden gelegd.
16. De kooklijn ligt ten opzichte van de damplijn
- hoger in een T_x -diagram en hoger in een p_x diagram.
 - hoger in een T_x -diagram en lager in een p_x diagram.
 - lager in een T_x -diagram en hoger in een p_x diagram.
 - lager in een T_x -diagram en lager in een p_x diagram.

17. Voor ideale menging is de enthalpieverandering
- evenredig met de oplosbaarheidsparameter.
 - evenredig met het aantal moleculaire AB-paren.
 - 0.
 - 1.
18. Van 't Hoff's wet voor de osmotische druk geldt voor
- ideale gassen.
 - gassen bij de Boyle-temperatuur.
 - verdunde oplossingen.
 - ideale oplossingen.
19. De fugaciteit van een gas wordt bij lagere druk gelijk aan
- 1.
 - 0.
 - de partiële druk van het gas.
 - de fugaciteitscoëfficiënt van het gas.
20. De activiteit van een component in een oplossing heeft
- de dimensie mol/L.
 - de dimensie mol/kg.
 - dezelfde dimensie als de concentratie.
 - geen dimensie.
21. Voor een gesloten en geïsoleerd systeem is de inwendige energie
- constant.
 - minimaal.
 - maximaal.
 - een toenemende functie.
22. De entropie van een gesloten en geïsoleerd systeem
- streeft naar een minimum.
 - neemt toe.
 - neemt af.
 - streeft naar een maximum.
23. Met Legendre transformaties kan men
- overgaan van een gesloten naar een open systeem.
 - toestandsvariabelen manipuleren.
 - van toestandsfunctie veranderen.
 - Maxwell relaties vinden.
24. Met behulp van Euler's theorema kan
- een differentiaalvergelijking geïntegreerd worden.
 - een differentiaalvorm over de extensieve variabelen geïntegreerd worden.
 - een differentiaalvorm over de intensieve variabelen geïntegreerd worden.
 - een integraalvorm naar de extensieve variabelen gedifferentieerd worden.
25. Maxwell relaties geven verbanden tussen
- thermodynamische variabelen van verschillende systemen.
 - intensieve thermodynamische variabelen van een toestandsfunctie.
 - extensieve thermodynamische variabelen van een systeem.
 - thermodynamische variabelen van een toestandsfunctie.

Tentamen Chemische Thermodynamica

Vrijdag 2 juli 2010

Opgave 2 (gewicht 2.5 uit 10 punten)

	$\Delta_f H^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta_f G^\circ$ (kJ/mol)	S° (J/(K mol))	c_p (J/(K mol))
C (s)	0.0	-	5.7	8.5
O ₂ (g)	0.0	-	205.2	29.4
CO ₂ (g)	-393.5	-394.4	213.8	37.1

De *Direct Carbon Fuel Cell (DCFC)* zet koolstofrijk materiaal direct om in CO₂. De totaalreactie is $C + O_2 \rightarrow CO_2$. De brandstofcel werkt bij 30.0 °C en standaarddruk; zie boven voor thermodynamische gegevens.

Neem aan dat CO₂ en O₂ niet mengen.

- [30%] Verifieer, bijvoorbeeld door een reactie-entropie langs twee wegen te bepalen, dat bovenstaande tabel met thermodynamische gegevens intern consistent is.
- [10%] Geef de deelreacties die aan de elektroden optreden en bepaal de stoichiometrische coëfficiënt van de elektronen.
- [60%] Bereken de open spanning en het maximale rendement van de DCFC.

Opgave 3 (gewicht 2 uit 10 punten)

Een voorraadvat van 12 L bevat is bij 25 °C gevuld met 5.2 kg propaan (molaire massa 44.0 g/mol, massadichtheid 0.493 kg/L, dampspanning 8.6 Bar, verdampingsenthalpie 15.7 kJ/mol).

- [40%] In het zonlicht wordt de temperatuur van het vat 35 °C. Bereken de druk in het vat bij die temperatuur.
- [20%] Welk deel van het volume van het vat is gevuld met vloeistof bij 35 °C.
- [40%] Schets het relevante deel van het fasendiagram (pV) en geef daarin het berekende punt aan. Waar ligt het punt?
 - Tweefasengebied.
 - Eenfasengebied.
 - Fasenlijn.
 - Kritisch punt.

Opgave 4 (gewicht 2 uit 10 punten)

Op het forum van www.zout.be vinden we de volgende vraag en antwoord:

“Welke functie heeft toevoeging van zout bij het kookproces van aardappelen?

Door het toevoegen van zout aan het kookwater verhoogt het kookpunt van water, zodat de aardappels sneller gaar zijn.”

- [40%] Laat met een berekening zien, dat het effect van 1 eetlepel keukenzout (11 gram, molmassa 58.44 g/mol) in een liter kookwater (verdampingswarmte 40.6 kJ/mol) veel te gering is om waar te nemen?
- [40%] Elders vinden we als verklaring, dat door het osmotische effect groenten “steviger” blijven. Bereken het osmotische effect van 1 eetlepel keukenzout op een liter kookwater.
- [20%] Men wil geen zout toevoegen. Hoe kan dan hetzelfde osmotische effect bereikt worden?
 - Met een snelkookpan (hogedrukpan).
 - Met een andere oplosbare stof, zoals suiker.
 - Met een niet-oplosbare stof, zoals olie.
 - Dat kan niet.

Beargumenteer kort het antwoord.

Opgave 5: Essay (gewicht 1 uit 10 punten)

- Behandel in een essay (**maximaal één A4-kantje**) een onderwerp dat u interessant vindt, met behulp van de theorie die tot de stof van het college behoort. Een berekening maakt essentieel deel uit van het essay.
- Gebruik hiervoor een **apart vel tentamenpapier** en schrijf daar géén stukken van andere vraagstukken op! Alleen **handgeschreven** essays zullen beoordeeld worden.
- De ingeleverde essays zullen ook worden beoordeeld op originaliteit en inventiviteit. Het beste essay zal de *Van 't Hoff award* worden uitgereikt. A

Tentamen Chemische Thermodynamica

Vrijdag 2 juli 2010

Opgave 1 (gewicht 2.5 uit 10 punten) voor MST/LST

- Het molair volume van lucht bij kamertemperatuur en omgevingsdruk kan, bij benadering, berekend worden als
 - $RT/p \approx 25 \text{ m}^3/\text{mol}$.
 - $RT/p \approx 25 \text{ dm}^3/\text{mol}$.
 - $RT/p \approx 2,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$.
 - $RT/p \approx 25 \text{ cm}^3/\text{mol}$.
- Bij de Boyle-temperatuur
 - domineren de aantrekkende moleculaire krachten.
 - domineren de afstotende moleculaire krachten.
 - gedraagt een willekeurig gas zich als een ideaal gas.
 - gedraagt een gas zich als een "boiling fluid".
- De Gibbs energie is een toestandsfunctie die niet van waarde verandert bij constante
 - druk, volume en dichtheid.
 - druk, temperatuur en molair volume.
 - druk, temperatuur en samenstelling.
 - druk, entropie en samenstelling.
- De uitdrukking $dG = Vdp - SdT + \sum_j \mu_j dn_j$ houdt in dat voor het Gibbs energieverval tussen twee toestanden A en B van een vloeistof waarbij alleen de temperatuur verschilt geldt
 - $G_B \approx G_A - (S_B - S_A)T$
 - $G_B \approx G_A - (S_B - S_A)\Delta T$
 - $G_B \approx G_A - \Delta S(T_B - T_A)$
 - $G_B \approx G_A - S(T_B - T_A)$
- De Eerste Hoofdwet van de Thermodynamica houdt in dat wanneer zowel niet-expansie-arbeid als warmte met een systeem wordt uitgewisseld de enthalpie van het systeem niet verandert zolang
 - zowel de warmte als de arbeid aan het systeem worden toegevoegd.
 - de aan het systeem toegevoegde arbeid volledig wordt omgezet in warmte.
 - de aan het systeem toegevoegde arbeid volledig wordt omgezet in expansie-arbeid.
 - zowel de warmte als de arbeid aan het systeem worden onttrokken.
- De uitdrukking $dH = (1 - \alpha T)Vdp + c_p dT + \sum_j \Delta_f H_j^\circ dn_j$ houdt in dat voor het enthalpieverschil tussen twee toestanden A en B van een vloeistof waarbij alleen de temperatuur verschilt geldt
 - $H_B \approx H_A + (c_{p,B} - c_{p,A})T$
 - $H_B \approx H_A + (c_{p,B} - c_{p,A})\Delta T$
 - $H_B \approx H_A + \Delta c_p (T_B - T_A)$
 - $H_B \approx H_A + c_p (T_B - T_A)$
- In de uitdrukking $dH = (1 - \alpha T)Vdp + c_p dT + \sum_j \Delta_f H_j^\circ dn_j$ is $\alpha_T = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$ de thermische uitzettingscoëfficiënt. Voor vloeistoffen en vaste stoffen is daardoor de drukafhankelijkheid van de enthalpie
 - 0
 - temperatuur-onafhankelijk.
 - afhankelijk van het molair volume.
 - onafhankelijk van het molair volume.

8. Het maximale rendement van een spontaan verlopend endotherm proces met Gibbs energieverandering ΔG en enthalpieverandering ΔH is
- 0.
 - $|\Delta G/\Delta H|$.
 - $|\Delta H/\Delta G|$.
 - 1.
9. De relatie van Gibbs-Helmholtz en de ongelijkheid van Clausius zijn
- twee verschillende uitspraken.
 - gelijk voor irreversibele processen.
 - gelijk voor reversibele processen.
 - identiek.
10. De uitspraak “de entropie van het heelal neemt constant toe” is
- pertinent onjuist.
 - waar omdat elk proces entropie produceert.
 - waar omdat elk proces entropie met de omgeving uitwisselt.
 - waar omdat elk proces energie met de omgeving uitwisselt.
11. De evenwichtsconstante van een chemische reactie is gelijk aan
- $\exp\{\Delta_r G^\circ / R\}$.
 - $\exp\{\Delta_r G / (RT)\}$.
 - $\exp\{-\Delta_r G^\circ / (RT)\}$.
 - $\exp\{-\Delta_r G / T\}$.
12. Drukafhankelijkheid van de evenwichtsconstante van een chemische reactie
- is niet aanwezig.
 - vindt alleen plaats bij spontane reacties.
 - vindt alleen plaats als er gassen bij de reactie betrokken zijn.
 - speelt een rol als bij de omzetting meer of minder moleculen ontstaan dan er gecreëerd worden.
13. Het coëxistentiegebied is
- de verzameling evenwichtstoestanden waarbij twee fasen naast elkaar in evenwicht kunnen bestaan.
 - de projectie van een tweefasenlijn op een extensieve variabele.
 - het gebied waarin met de hefboomregel de compositie van de fasen bepaald kan worden.
 - de verzameling niet-evenwichtstoestanden waarbij twee fasen naast elkaar bestaan zonder in evenwicht te zijn.
14. Met de Clapeyron vergelijking kan met de helling van de fasenlijn
- de orde van de fasenovergang bepaald worden.
 - het teken van de fasenovergang bepaald worden.
 - de stabiliteit van de fasen bepaald worden.
 - de aard van de molaire volumeverandering bepaald worden.
15. De Wet van de Corresponderende Toestanden zegt dat
- een systeem zich overal in de wereld op dezelfde manier gedraagt.
 - alle vloeistof-dampsystemen zich hetzelfde gedragen.
 - de fasendiagrammen van vloeistof-dampsystemen identiek zijn mits zij worden geschaald met de kritische temperatuur, druk en molair volume.
 - de fasendiagrammen van vloeistof-dampsystemen op elkaar afgebeeld kunnen worden als de kookpunten gelijk worden gelegd.
16. De kooklijn ligt ten opzichte van de damplijn
- hoger in een T_x -diagram en hoger in een p_x diagram.
 - hoger in een T_x -diagram en lager in een p_x diagram.
 - lager in een T_x -diagram en hoger in een p_x diagram.
 - lager in een T_x -diagram en lager in een p_x diagram.

17. Voor ideale menging is de enthalpieverandering
- evenredig met de oplosbaarheidsparameter.
 - evenredig met het aantal moleculaire AB-paren.
 - 0.
 - 1.
18. Van 't Hoff's wet voor de osmotische druk geldt voor
- ideale gassen.
 - gassen bij de Boyle-temperatuur.
 - verdunde oplossingen.
 - ideale oplossingen.
19. De fugaciteit van een gas wordt bij lagere druk gelijk aan
- 1.
 - 0.
 - de partiële druk van het gas.
 - de fugaciteitscoëfficiënt van het gas.
20. De activiteit van een component in een oplossing heeft
- de dimensie mol/L.
 - de dimensie mol/kg.
 - dezelfde dimensie als de concentratie.
 - geen dimensie.
21. Voor een gesloten en geïsoleerd systeem is de inwendige energie
- constant.
 - minimaal.
 - maximaal.
 - een toenemende functie.
22. De entropie van een gesloten en geïsoleerd systeem
- streeft naar een minimum.
 - neemt toe.
 - neemt af.
 - streeft naar een maximum.
23. Met Legendre transformaties kan men
- overgaan van een gesloten naar een open systeem.
 - toestandsvariabelen manipuleren.
 - van toestandsfunctie veranderen.
 - Maxwell relaties vinden.
24. Met behulp van Euler's theorema kan
- een differentiaalvergelijking geïntegreerd worden.
 - een differentiaalvorm over de extensieve variabelen geïntegreerd worden.
 - een differentiaalvorm over de intensieve variabelen geïntegreerd worden.
 - een integraalvorm naar de extensieve variabelen gedifferentieerd worden.
25. Maxwell relaties geven verbanden tussen
- thermodynamische variabelen van verschillende systemen.
 - intensieve thermodynamische variabelen van een toestandsfunctie.
 - extensieve thermodynamische variabelen van een systeem.
 - thermodynamische variabelen van een toestandsfunctie.

Opgave 1 (gewicht 2.5 uit 10 punten) voor TA1

1. Bij toenemende temperatuur en constante druk neemt het molair volume van lucht

- toe.
 niet af of toe, blijft dezelfde.
 op.
 af.

2. De viriaalexpanctie, gegeven door

$$p = \frac{RT}{V_m} \left\{ 1 + \frac{B_2}{V_m} + \dots \right\},$$

kan gezien worden als een correctie op de ideale gaswet. Die correctie is klein, zolang het gas

- een Boyle gas is.
 niet kookt.
 ongeladen is.
 ver van een fasenovergang is.
3. Een proces kan spontaan verlopen van een toestand A naar een toestand B als het Gibbs energieverval $\Delta G = G_B - G_A$

- < 0
 $= 0$
 ≈ 0
 > 0

4. De uitdrukking $dG = Vdp - SdT + \sum_j \mu_j dn_j$ houdt in dat voor het Gibbs energieverval tussen twee toestanden A en B van een vloeistof waarbij alleen de druk verschilt geldt

- $\Delta G = (V_B - V_A) p$
 $\Delta G = \Delta V (p_B - p_A)$
 $\Delta G = (V_B - V_A) \Delta p$
 $\Delta G = V (p_B - p_A)$

5. De uitdrukking $dG = Vdp - SdT + \sum_j \mu_j dn_j$ houdt in dat voor het Gibbs energieverval tussen twee toestanden A en B van een vloeistof waarbij alleen de temperatuur verschilt geldt

- $\Delta G = -(S_B - S_A) T$
 $\Delta G = -(S_B - S_A) \Delta T$
 $\Delta G = -S (T_B - T_A)$
 $\Delta G = -\Delta S (T_B - T_A)$

6. Voor een mengsel van n componenten met molfracties x_j geldt voor de molaire Gibbs vormingsenergie

- $G_m \approx \sum_{j=1}^n x_j \mu_j^\ominus$
 $G_m \approx RT \sum_{j=1}^n x_j \ln x_j$
 $G_m \approx \sum_{j=1}^n [x_j \mu_j^\ominus + RT \ln x_j]$
 $G_m \approx \sum_{j=1}^n x_j [\mu_j^\ominus + RT \ln x_j]$

7. De Eerste Hoofdwet van de Thermodynamica houdt in dat wanneer zowel niet-expansie-arbeid als warmte met een systeem wordt uitgewisseld de enthalpie van het systeem niet verandert zolang

- zowel de warmte als de arbeid aan het systeem worden toegevoegd.
 de aan het systeem toegevoegde warmte volledig wordt omgezet in arbeid.
 de aan het systeem toegevoegde warmte volledig wordt omgezet in uitzetting.
 zowel de warmte als de arbeid aan het systeem worden onttrokken.

8. De uitdrukking $dH = (1 - \alpha T) V dp + c_p dT + \sum_j \Delta_f H_j^\circ dn_j$ houdt in dat voor het enthalpieverschil tussen twee toestanden A en B van een vloeistof waarbij alleen de temperatuur verschilt geldt
- $\Delta H = (c_{p,B} - c_{p,A}) T$
 - $\Delta H = c_p (T_B - T_A)$
 - $\Delta H = (c_{p,B} - c_{p,A}) \Delta T$
 - $\Delta H = \Delta c_p (T_B - T_A)$
9. Het maximale rendement van een spontaan verlopend exotherm proces met Gibbs energieverandering ΔG en enthalpieverandering ΔH is
- 0
 - $|\Delta G / \Delta H|$
 - $|\Delta H / \Delta G|$
 - 1
10. Met de relatie van Gibbs-Helmholtz kan uit de Gibbs energie en de enthalpie
- de absolute vormingsentropie van een stof bepaald worden
 - de entropieverandering van een proces bepaald worden.
 - de vormingstemperatuur van een stof bepaald worden.
 - de vormingstemperatuurverandering van een stof bepaald worden.
11. De ongelijkheid van Clausius houdt in dat bij een proces
- entropie wordt geproduceerd.
 - warmte wordt geproduceerd.
 - arbeid wordt geproduceerd.
 - enthalpie wordt geproduceerd.
12. De uitspraak "bij elk proces wordt entropie geproduceerd" is
- waar, omdat bij elk proces massa-, warmte- of andere stromen bestaan.
 - waar, omdat bij elk proces onderdelen bewegen.
 - waar, omdat elk proces warmte met de omgeving uitwisselt.
 - niet waar, omdat er processen zijn die geen warmte produceren.
13. De reactie enthalpie geeft
- het verschil tussen begin- en eindtoestand van een chemische reactie.
 - de verandering van de enthalpie met de reactievoortgang.
 - de maximale hoeveelheid arbeid die uit een reactie kan voortkomen.
 - aan of een chemische reactie reversibel of irreversibel is.
14. De dimensie van de molaire reactie Gibbs energie is
- J / K
 - $J / (K mol)$
 - J / mol
 - $J / K mol$
15. De evenwichtsconstante van een chemische reactie is gelijk aan
- $\exp\{-\Delta_r S^\circ / (RT)\}$.
 - $\exp\{-\Delta_r H^\circ / (RT)\}$.
 - $\exp\{-\Delta_r G^\circ / (RT)\}$.
 - $\exp\{-\Delta_r A^\circ / (RT)\}$.
16. De dimensie van de evenwichtsconstante van een chemische reactie
- hangt af van de reactie zelf.
 - is mol/L.
 - is er niet (dimensieloos).
 - is kg/mol.
17. Een evenwichtsconstante is niet drukafhankelijk omdat
- die verwaarloosbaar is.

- die gedefinieerd is bij standaard druk.
 - gassen niet bij een reactie betrokken worden.
 - bij de reactie andere moleculen verdwijnen dan er gecreëerd worden.
18. De reactie-enthalpie bepaalt van de evenwichtsconstante
- de drukafhankelijkheid.
 - de reversibiliteit.
 - de volume-verandering.
 - de temperatuur-afhankelijkheid.
19. Het coëxistentiegebied is
- de verzameling evenwichtstoestanden waarbij twee fasen naast elkaar in evenwicht kunnen bestaan.
 - de projectie van een tweefasenlijn op een extensieve variabele.
 - het gebied waarin met de hefboomregel de compositie van de fasen bepaald kan worden.
 - de verzameling niet-evenwichtstoestanden waarbij twee fasen naast elkaar bestaan zonder in evenwicht te zijn.
20. Met de Clapeyron vergelijking kan met de helling van de fasenlijn
- de orde van de fasenovergang bepaald worden.
 - het teken van de fasenovergang bepaald worden.
 - de stabiliteit van de fasen bepaald worden.
 - de aard van de molaire volumeverandering bepaald worden.
21. De Wet van de Corresponderende Toestanden zegt dat
- een systeem zich overal in de wereld op dezelfde manier gedraagt.
 - alle vloeistof-dampsystemen zich hetzelfde gedragen.
 - de fasendiagrammen van vloeistof-dampsystemen identiek zijn mits zij worden geschaald met de kritische temperatuur, druk en molair volume.
 - de fasendiagrammen van vloeistof-dampsystemen op elkaar afgebeeld kunnen worden als de kookpunten gelijk worden gelegd.
22. De kooklijn ligt ten opzichte van de damplijn
- hoger in een T_x -diagram en hoger in een p_x diagram.
 - hoger in een T_x -diagram en lager in een p_x diagram.
 - lager in een T_x -diagram en hoger in een p_x diagram.
 - lager in een T_x -diagram en lager in een p_x diagram.
23. Voor ideale menging is de enthalpieverandering
- evenredig met de oplosbaarheidsparameter.
 - evenredig met het aantal moleculaire AB-paren.
 - 0.
 - 1.
24. Van 't Hoff's wet voor de osmotische druk geldt voor
- ideale gassen.
 - gassen bij de Boyle-temperatuur.
 - verdunde oplossingen.
 - ideale oplossingen.
25. De activiteit van een component in een oplossing heeft
- de dimensie mol/L.
 - de dimensie mol/kg.
 - dezelfde dimensie als de concentratie.
 - geen dimensie.

Opgave 2 (gewicht 2.5 uit 10 punten)

	$\Delta_f H^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta_f G^\circ$ (kJ/mol)	S° (J/(K mol))	c_p (J/(K mol))
C (s)	0.0	-	5.7	8.5
O ₂ (g)	0.0	-	205.2	29.4
CO ₂ (g)	-393.5	-394.4	213.8	37.1

De *Direct Carbon Fuel Cell (DCFC)* zet koolstofrijk materiaal direct om in CO₂. De totaalreactie is $C + O_2 \rightarrow CO_2$. De brandstofcel werkt bij 30.0 °C en standaarddruk; zie boven voor thermodynamische gegevens. Neem aan dat CO₂ en O₂ niet mengen.

- a. [30%] Verifieer, bijvoorbeeld door een reactie-entropie langs twee wegen te bepalen, dat bovenstaande tabel met thermodynamische gegevens intern consistent is.

We kiezen de reactie-entropie voor de genoemde reactie. Directe berekening uit de standaard-entropiewaarden geeft

$$\Delta_r S^\circ = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 5.7 \\ 205.2 \\ 213.8 \end{pmatrix} \text{ J/(K mol)} = 2.9 \text{ J/(K mol)}$$

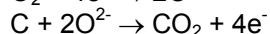
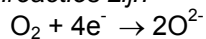
Berekening met behulp van de Gibbs-Helmholtz-relatie geeft

$$\Delta_r S^\circ = \frac{\Delta_r H^\circ - \Delta_r G^\circ}{T^\circ} = \frac{\begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -393.5 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -394.4 \end{pmatrix} \right\}}{298} \cdot 10^3 \text{ J/(K mol)} = 3.0 \text{ J/(K mol)}$$

Deze getallen zijn binnen de nauwkeurigheid van de tabel gelijk en daarmee concluderen we dat de tabel intern consistent is.

- b. [10%] Geef de deelreacties die aan de elektroden optreden en bepaal de stoichiometrische coëfficiënt van de elektronen.

De deelreacties zijn



en daaruit volgt dat de stoichiometrische coëfficiënt van de elektronen gelijk is aan 4.

- c. [60%] Bereken de open spanning en het maximale rendement van de DCFC.

Methode: De open spanning wordt gegeven door

$$E = \frac{\Delta_r G}{\nu_e F}$$

met $\Delta_r G$ de Gibbs reactie-energie bij temperatuur T berekend als

$$\Delta_r G(T) = \nu_e \cdot (\Delta_r G^\circ - (T - T^\circ) \Delta_r S^\circ)$$

Het maximale rendement wordt berekend met

$$\eta_{\max} = \min\left(\left|\frac{\Delta_r G}{\Delta_r H}\right|, 1\right)$$

met $\Delta_r G$ de Gibbs reactie-energie bij temperatuur T berekend als boven en $\Delta_r H$ de reactie-enthalpie bij temperatuur T berekend als

$$\Delta_r H(T) = \nu_e \cdot (\Delta_r H^\circ + (T - T^\circ) C_p)$$

Uitwerking:

$$E = \frac{|\Delta_r G|}{\nu_e F} = \frac{\left| \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -394.4 \end{pmatrix} 10^3 - (30.0 - 25.0) \begin{pmatrix} 5.7 \\ 205.2 \\ 213.8 \end{pmatrix} \right\} \right|}{4 \times 96485} \quad V = 1.022 \text{ V}$$

$$\eta_{\max} = \frac{|\Delta_r G|}{|\Delta_r H|} = \min \left(\frac{\left| \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -394.4 \end{pmatrix} 10^3 - (30.0 - 25.0) \begin{pmatrix} 5.7 \\ 205.2 \\ 213.8 \end{pmatrix} \right\} \right|}{\left| \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -393.5 \end{pmatrix} 10^3 + (30 - 25.0) \begin{pmatrix} 8.5 \\ 29.4 \\ 37.1 \end{pmatrix} \right\} \right|}, 1 \right) = 1$$

Beschouwing: De open spanning is normaal voor brandstofcellen, ter vergelijking voor de waterstof brandstofcel vindt men 1.2 V. Het rendement is 100%, er wordt een klein beetje warmte aan de omgeving onttrokken om dit proces te laten verlopen. Het aantal significante cijfers is in overeenstemming met de gegevens 3 à 4 op grond van de nauwkeurigheid van de gegevens.

Opgave 3 (gewicht 2 uit 10 punten)

Een voorraadvat van 12 L bevat is bij 25 °C gevuld met 5.2 kg propaan (molaire massa 44.0 g/mol, massadichtheid 0.493 kg/L, dampspanning 8.6 Bar, verdampingsenthalpie 15.7 kJ/mol).

- a. [40%] In het zonlicht wordt de temperatuur van het vat 35 °C. Bereken de druk in het vat bij die temperatuur.

Methode: Gebruik de Clausius-Clapeyron-relatie

$$p(T) = p^{\circ} \exp \left\{ -\frac{\Delta_{\text{vap}} H^{\circ}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^{\circ}} \right) \right\}$$

Uitwerking: $p(35 \text{ °C}) = 8.6 \exp \left\{ -\frac{15.7 \cdot 10^3}{8.314} \left(\frac{1}{273.15 + 35} - \frac{1}{298.15} \right) \right\} \text{ Bar} = 10.6 \text{ Bar}$

Beschouwing: De druk is, zoals te verwachten is, significant hoger dan bij kamertemperatuur. De nauwkeurigheid is – op grond van de gegevens – 3 significante cijfers.

- b. [20%] Welk deel van het volume van het vat is gevuld met vloeistof bij 35 °C.

Methode: Zij $V_L = M / \rho$ het molair volume van de vloeistof en $V_v = RT / p$ en verder n_L het aantal mol in de vloeistoffase en $n - n_L$ het aantal mol in de dampfase, waarbij $n = m/M$ het totaal aantal mol propaan is, dan is n_L te berekenen uit massa- en volumebehoud dat

$$n_L = \frac{V - nV_v}{V_L - V_v}$$

met V het totale volume van het vat. De vulling is dan gegeven door $n_L V_L / V$

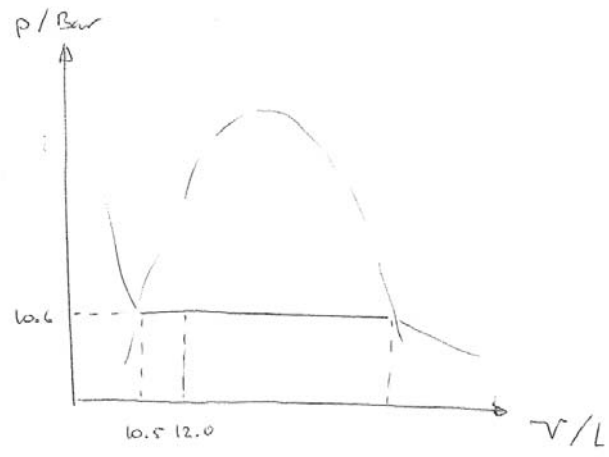
Uitwerking:

$$\frac{n_L V_L}{V} = \frac{M / \rho V - m / M \times RT / p}{M / \rho - RT / p} = \frac{44.0 \cdot 10^{-3} / 0.493}{12} \frac{12 - 5200 / 44 \times 8.314 \times (273.15 + 35) / (10.6 \times 10^2)}{44.0 \cdot 10^{-3} / 0.493 - 8.314 \times (273.15 + 35) / (10.6 \times 10^2)} = 87.4\%$$

Beschouwing: Het vat is redelijk vol; de nauwkeurigheid is 2 à 3 significante cijfers. Het kan overigens veel sneller door aan te nemen dat het gas niets weegt. In dat geval is de vulling gelijk aan m/ρ en de gevraagde fractie is dan 87.9%.

- c. [40%] Schets het relevante deel van het fasendiagram (pV) en geef daarin het berekende punt aan. Waar ligt het punt?

- Tweefasengebied.
- Eenfasengebied.
- Fasenlijn.
- Kritisch punt.



Opgave 4 (gewicht 2 uit 10 punten)

Op het forum van www.zout.be vinden we de volgende vraag en antwoord:

“Welke functie heeft toevoeging van zout bij het kookproces van aardappelen?

Door het toevoegen van zout aan het kookwater verhoogt het kookpunt van water, zodat de aardappels sneller gaar zijn.”

- a. [40%] Laat met een berekening zien, dat het effect van 1 eetlepel keukenzout (11 gram, molmassa 58.44 g/mol) in een liter kookwater (verdampingswarmte 40.6 kJ/mol) veel te gering is om waar te nemen?

Methode: De kookpuntsverhoging kan worden berekend met $\Delta T = \frac{RT_{\text{vap}}^2}{\Delta_{\text{vap}}H^{\circ}} x$ waarin x de molfractie opgeloste stof is.

Uitwerking: $\Delta T = \frac{8.314 \times 373^2}{40.6 \cdot 10^3} \frac{2 \times 11/58.44}{1000/18.0} \text{ K} = 0.2 \text{ K}$ (factor 2 vanwege splitsing in ionen)

Beschouwing: Het effect op de kooktemperatuur van 100 °C is bijzonder klein,, 1 significant cijfer is voldoende om dit aan te tonen.

- b. [40%] Elders vinden we als verklaring, dat door het osmotische effect groenten “steviger” blijven. Bereken het osmotische effect van 1 eetlepel keukenzout op een liter kookwater.

Methode: De osmotische druk van een oplossing

$$\Pi = 2 \frac{RT}{V_{\text{H}_2\text{O}}} x_{\text{NaCl}} \text{ (Van 't Hoff factor 2 vanwege opsplitsing in ionen)}$$

Uitwerking: $\Pi = 2 \frac{8.314 \cdot 373}{18.0 \cdot 10^{-6}} \frac{11/58.44}{1000/18.0} \text{ Pa} = 1.2 \text{ MPa}$

Beschouwing: Een aanzienlijke osmotische druk van 12 Bar, 2 significante cijfers vanwege de nauwkeurigheid van de ingewogen hoeveelheid zout.

- c. [20%] Men wil geen zout toevoegen. Hoe kan dan hetzelfde osmotische effect bereikt worden?

- Met een snelkookpan (hogedrukpan).
- Met een andere oplosbare stof, zoals suiker.
- Met een niet-oplosbare stof, zoals olie.
- Dat kan niet.

Beargumenteer kort het antwoord.

Hetzelfde osmotische effect bereikt men alleen met een stof die vergelijkbaar veel ionen/moleculen in oplossing brengt.

Opgave 5: Essay (gewicht 1 uit 10 punten)

- Behandel in een essay (**maximaal één A4-kantje**) een onderwerp dat u interessant vindt, met behulp van de theorie die tot de stof van het college behoort. Een berekening maakt essentieel deel uit van het essay.
- Gebruik hiervoor een **apart vel tentamenpapier** en schrijf daar géén stukken van andere vraagstukken op! Alleen **handgeschreven** essays zullen beoordeeld worden.
- De ingeleverde essays zullen ook worden beoordeeld op originaliteit en inventiviteit. Het beste essay zal de *Van 't Hoff award* worden uitgereikt.