

Tentamen, Termodynamik och ytkemi, KFKA01, 2016-10-26

Tillåtna hjälpmedel: Miniräknare (med tillhörande handbok), utdelat formelblad.

Slutsatser skall motiveras och beräkningar redovisas. Tag för vana att alltid göra en rimlighetsbedömning.

För godkänt krävs att totala poängantalet på tentamen är minst 30.

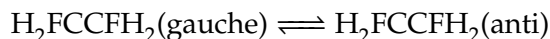
Den som bara ska omtentera termodynamikdelen gör uppgift 1–7. Skrivtiden är då 4 timmar och för godkänt krävs minst 21 poäng.

1. Du ska konstruera ett soldrivet ångkraftverk och från en nyligen avklarad kurs i termodynamik kommer du ihåg att du bör sträva efter så reversibla delprocesser som möjligt. Du tillför därför värmen precis vid $121\text{ }^\circ\text{C}$, vilket är vattnets kokpunkt vid 2 bar, så att vattnet förångas och pressar ut en kolv mot ett yttre tryck som är 2 bar.

- (a) Beräkna w , ΔS och ΔU när 1 kg vatten vid $121\text{ }^\circ\text{C}$ förångas på detta sätt.
- (b) Beräkna Gibbs molära standardenergi för förångning av vatten ($\Delta_{\text{vap}}G^\ominus$) vid $121\text{ }^\circ\text{C}$.

Ångbildningsentalpin $\Delta_{\text{vap}}H$ är $40,7\text{ kJ mol}^{-1}$ och får antas oberoende av temperaturen och trycket. (6 p)

2. Jämviktskonstanten för gasfasjämvikten mellan två isomerer av 1,2-difluoroetan



mättes vid några olika temperaturer. Man fann

$T/^\circ\text{C}$	24	34	46	56	79	92
K	0,110	0,115	0,125	0,130	0,136	0,149

- (a) Beräkna $\Delta_r H^\ominus$ och $\Delta_r S^\ominus$ för reaktionen under antagandet att bägge är temperaturoberoende.
- (b) Bestäm den temperatur vid vilken $K = 0,2$.

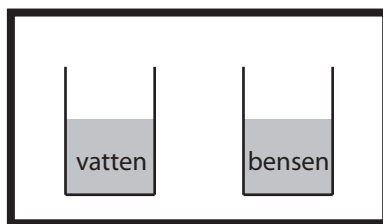
(6 p)

3. I ett experiment ville man år 1916 bestämma molmassan för sukros. Man blandade 10,18 g sukros med 100 g vatten och mätte det osmotiska trycket i lösningen till 8,85 atm vid 0°C .

- (a) Bestäm molmassan för sukros från dessa data.
- (b) Vi vet idag att molmassan för sukros är $343,2\text{ g/mol}$. Beräkna aktivitetsfaktorn för vatten i lösningen.

(6 p)

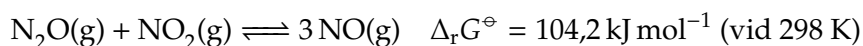
4. Figuren nedan visar en bägare med bensen (C_6H_6) och en med vatten som är placerade inuti en sluten behållare vid $25^\circ C$. Jämvikt råder.



- (a) Beräkna partialtrycken av både bensen och vatten i behållaren. Mängderna bensen i vattnet och vatten i bensen är mycket små och får försummas i denna deluppgift.
- (b) Beräkna koncentrationen bensen i vattenlösningen, uttryckt i mg per kg vatten.

Ångbildningsentalpin $\Delta_{\text{vap}}H$ för vatten respektive bensen är $40,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ och $30,7 \text{ kJ mol}^{-1}$, och kan antas vara oberoende av temperaturen. Kokpunkterna vid 1 atm är $100,0^\circ C$ och $80,2^\circ C$. Konstanten i Henrys lag för bensen i vatten är $K^H = 5,5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$. (6 p)

5. Dikväveoxid (N_2O), som också kallas lustgas, är en av de gaser som bidrar mest till växthuseffekten, trots att halten i atmosfären bara är ca 0,5 ppm, d.v.s. molbråket är $0,5 \cdot 10^{-6}$. Den ska inte förväxlas med kvävedioxid (NO_2), som istället bidrar till försurning och har ett molbråk på $0,02 \cdot 10^{-6}$ i atmosfären. Dessa båda gaser står i jämvikt med en ännu mindre förekommande gas, kväveoxid (NO), enligt följande reaktionsformel:



- (a) Beräkna molbråket för NO i atmosfären vid 298 K och totaltrycket 1 bar, om vi förutsätter att reaktionen är i jämvikt.
- (b) Vi placerar en viss mängd atmosfärsluft (298 K, 1 bar) i en sluten behållare där vi kan ändra totaltrycket utan att ändra temperaturen. Om vi vill öka molbråket för NO , bör vi då öka eller minska totaltrycket?
- (c) Vid vilket totaltryck skulle molbråken av NO och NO_2 bli lika stora i behållaren i b-uppgiften? Alla andra reaktioner kan försummas. (6 p)

6. Vi placerar 0,3 mol ideal gas vid 298 K och 1 bar i en värmeisolerad behållare med en rörlig kolv som kan låsas fast. Den molära värmekapaciteten för gasen, $C_{V,m} = 20 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, antas vara oberoende av temperaturen. Värme kan tillföras med hjälp av en elektrisk motståndstråd inne i behållaren. Trycket utanför behållaren är hela tiden 1 bar.
- Vi börjar med att låsa fast kolven (d.v.s. hålla volymen konstant) och tillföra 600 J värme med hjälp av tråden. Beräkna gasens temperatur och tryck efter detta steg.
 - Därefter lossar vi kolven så att gasen får expandera adiabatiskt mot det konstanta trycket 1 bar. Beräkna gasens sluttemperatur.
 - I ett annat experiment startar vi från det ursprungliga tillståndet men låser inte fast kolven alls utan tillför samma värmemängd, 600 J, under konstant tryck. Beräkna gasens sluttemperatur.
- (6 p)

7. (a) Visa att expansionskoefficienten, som vi definierat genom $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$, även kan uttryckas som

$$\alpha = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p$$

där ρ är densiteten.

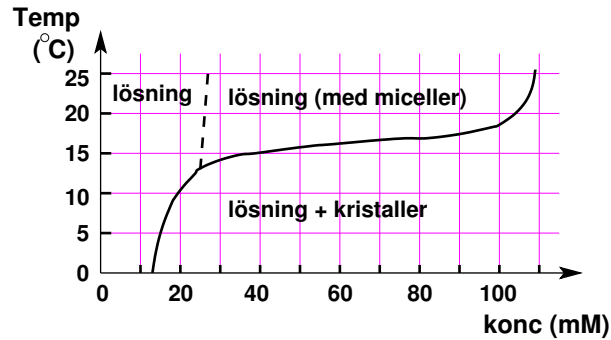
- (b) I intervallet 0°C till 30°C vid trycket 1 atm beskrivs densiteten för flytande vatten (i enheten kg/m^3) väl av

$$\rho = 1544,5 - 1,311T - \frac{1,391 \cdot 10^7}{T^2}$$

där T är temperaturen i K. Utnyttja polynomet och relationen från (a) för att ta fram ett uttryck för hur expansionskoefficienten α beror av temperaturen för vatten i intervallet 0°C till 30°C .

- Bestäm den temperatur där $\alpha = 0$.
 - Beräkna expansionskoefficienten vid 1°C .
- (6 p)
8. Adsorptionen av N_2 (g) till en viss materialyta vid 77 K beskrivs av BET-ekvationen med parametern $Z = 15$. Ångtrycket (p^{vap}) för N_2 vid denna temperatur är 1,00 atm och ångbildningsentalpin är 5,59 kJ/mol.
- För ett visst materialprov uppmäts massan adsorberad kvävgas till 34 mg vid kvävgastrycket 0,50 atm. Beräkna materialets ytarea om varje kvävgasmolekyl i ett monoskikt antas uppta arean $0,162 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2$.
 - Värdet på Z tolkas ibland som relaterat till den molära desorptionsentalpin (E_1) för första lagret, enligt ekvationen $Z = \exp([E_1 - \Delta_{\text{vap}}H]/RT)$. Beräkna E_1 och avgör om en ankommande gasmolekyl föredrar att binda till materialytan eller till redan adsorberat lager.
 - Uppskatta den totala entalpiändringen (ΔH) för den adsorption som skett i uppgift a.
- (6 p)

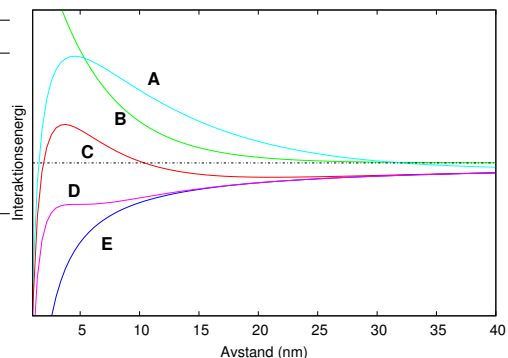
9. Figuren nedan visar en del av fasdiagrammet för en surfaktantlösning (de röda rutorna är bara hjälp för avläsning). Vi håller temperaturen konstant vid 20°C. Vi startar med 1 liter rent vatten (med ytspänningen 72,8 mN/m) och tillsätter gradvis surfaktanten, vilken är ett natriumsalt som kan skrivas NaX.



- (a) Bestäm den kritiska micellbildningskoncentrationen (cmc) för NaX vid 20°C.
- (b) När vi tillsatt 1 millimol NaX mäter vi lösningens ytspänning genom att uppmäta en kapillärstigning på 13,3 mm i ett hydrofilt glasrör ($\theta = 0$) med radien 1.00 mm. Bestäm ytspänningen och ytöverskottet av NaX för denna lösning.
- (c) När vi tillsatt 500 millimol NaX så finns både fasta kristaller och vätska. Bestäm koncentrationen av NaX i vätskan och uppskatta hur mycket av denna koncentration som utgörs av miceller.
- (6 p)
10. (a) Figuren nedan visar hur interaktionsenergin mellan två sfäriska partiklar, som vi antar vara oljedroppar i en emulsion, varierar med avståndet enligt DLVO-teorin, för fem olika val av parametrar, som vi kan kalla "system". Para ihop rätt kurva (A-E) med rätt system (1-5). Beräkna också lösningens jonstyrka för de tre första systemen.

syst	lösning	övrigt
1	3.7 mM NaCl	-
2	2.7 mM FeCl ₃	-
3	0.3 mM MgCl ₂	-
4	3.7 mM NaCl	$\psi_0 = 0$
5	3.7 mM NaCl	$H = 0$

I övrigt är parametrarna identiska, exempelvis har alla system samma Hamaker-konstant H utom det som har $H = 0$.



- (b) Rangordna systemen från det som förväntas vara den mest stabila ("långlivade") emulsionen till den minst stabila.
- (c) Är någon av emulsionerna termodynamiskt stabil?
- (d) Ett av systemen kan inte förekomma i verkligheten utan är bara en teoretisk konstruktion. Vilket av dem och varför?
- (6 p)