

Tentamen KFKA10 Termodynamik och ytkemi, 2023-01-09

Tillåtna hjälpmedel: Miniräknare, utdelat formelblad och tabellblad.

Godkänt-del A (endast svar): max 14 poäng.

Godkänt-del B (motiveringar krävs): max 26 poäng.

Högrebetygs-del C: max 40 poäng.

För godkänt krävs 30 poäng (av 40) på del A+B.

Högre betyg avgörs av den sammanlagda poängen på del A+B+C.

Anonymkod:

Personlig identifierare:

Godkänt-del A (uppgift 1–4)

På denna del krävs endast svar. Svara direkt på provbladet. Poängen på varje uppgift ges av angiven maxpoäng minus antalet felaktiga/saknade svar, men kan inte bli negativ.

1. Betrakta processen då flytande vatten fryser till is vid normalt tryck och 0°C . Systemet består av alla vattenmolekyler. Hur ändras följande storheter under processen?

Systemets entropi, S :	<input type="checkbox"/> ökar	<input type="checkbox"/> minskar	<input type="checkbox"/> oförändrad
Systemets volym, V :	<input type="checkbox"/> ökar	<input type="checkbox"/> minskar	<input type="checkbox"/> oförändrad
Systemets inre energi, U :	<input type="checkbox"/> ökar	<input type="checkbox"/> minskar	<input type="checkbox"/> oförändrad
Gibbs energi för systemet, G :	<input type="checkbox"/> ökar	<input type="checkbox"/> minskar	<input type="checkbox"/> oförändrad

(3 p)

2. Vilken av följande differentialekvationer är korrekt för reversibel adiabatisk expansion av ideal gas? Ringa in den korrekta.

(1 p)

$$C_V dT = \frac{nRT}{V} dV$$

$$C_V dT = -\frac{nRT}{V} dV$$

$$C_p dT = \frac{nRT}{V} dV$$

$$C_V dV = -\frac{nRT}{V} dT$$

$$C_p dp = \frac{nRT}{p} dT$$

3. Ange för vart och ett av följande påståenden om det är sant eller falskt.

sant	falskt	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vid en adiabatisk kompression (volymminskning) av ideal gas ökar gasens temperatur.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Den kemiska potentialen för vatten är högre i saltvatten än i rent vatten (vid samma tryck och temperatur).
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Om attraktiva krafter dominerar mellan molekylerna i en gas så är kompressionsfaktorn $Z < 1$.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	I en exoterm process är $\Delta H < 0$.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Om man värmer en ideal gas vid konstant tryck (1 bar) så blir ökningen i inre energi större än värmeförseln
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Den isoterma kompressibiliteten κ beskriver hur volymen för ett ämne beror på trycket.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Om ett makrotillstånd bara motsvaras av ett fåtal mikrotillstånd så har makrotillståndet låg entropi.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ångbildning är alltid en reversibel process oavsett temperatur och tryck.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Om aktivitetsfaktorerna γ_A och γ_B för en vätskeblandning är mindre än 1 så interagerar molekylerna A och B "bättre" med varandra än vad som antas i en ideal lösning.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kapillärsänkning är en effekt som uppstår om kontaktvinkeln θ är mindre än 90 grader.

(7 p)

4. (a) Vad kallas fenomenet att ett löst ämne B ansamlas vid en yta?

(b) Om ämnet B, löst i vatten, ansamlas vid vattenytan, så blir lösningens ytspänning

- högre än för rent vatten
- lägre än för rent vatten
- högre eller lägre än för rent vatten, beroende på B:s egenskaper.

(c) Om du fortsätter att tillsätta mer av B kanske du finner att ytspänningen efter ett tag plötsligt slutar ändras. Vad beror detta troligen på? (endast ett svar)

- B-molekylerna bildar aggregat
- vattenytan blir mättad med avseende på B
- solubilisering
- vattnets kemiska potential har uppnått sitt maximala värde.

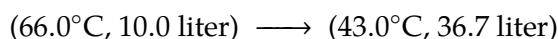
(d) Vilket värde ska du sätta in på talet N i Gibbs ekvation om B är en anjonisk surfaktant?

(3 p)

Godkänt-del B (uppgift 5–10)

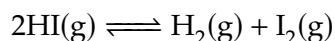
På denna del ska slutsatser motiveras och beräkningar redovisas. Tag för vana att alltid göra en rimlighetsbedömning.

5. I en viss process som utförs under det konstanta trycket 0.90 bar tillför vi 170 J värme till systemet, samtidigt som systemets volym minskar från 1.63 liter till 1.02 liter. Beräkna ΔU . (3 p)
6. I en meteorologisk demonstration låter vi fuktig varm luft, närmare bestämt en gasblandning med molbråket för vattenånga $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0.062$, svalna i ett slutet system under konstant totaltryck 0.50 bar. Om vi försummar yteffekter, vid vilken temperatur kommer vattenångan börja kondensera? Du får anta att ångbildningsentalpin, som du hittar i tabellen, är oberoende av temperaturen. (4 p)
7. Förklara i vilken riktning och under vilka förutsättningar ytkemiska effekter skulle kunna påverka svaret på föregående uppgift. Hänvisa till relevant ekvation och förklara tankekedjan. (3 p)
8. Beräkna entalpiändringen ΔH och entropiändringen ΔS när 0.576 mol syrgas genomgår följande process:



Du får anta ideal gas och att värmekapaciteten är oberoende av temperaturen. (5 p)

9. Gör två oberoende beräkningar (uppgift a och b) av jämviktskonstanten för följande reaktion vid 180°C:



- (a) Med hjälp av tabelldata (observera att samtliga ämnen är i gasfas!). Du får anta att $\Delta_r H^\ominus$ och $\Delta_r S^\ominus$ är oberoende av temperaturen.
- (b) Med hjälp av följande experimentaldata: Om du inför 0.862 mol HI(g) i en tom behållare med volymen 50.0 liter blir jämviktspartialtrycket för HI(g) 55.7 kPa då temperaturen är 180°C.

Observera att svaret inte behöver bli precis lika i a- och b-uppgifterna p.g.a. mätosäkerhet och approximationer. (6 p)

10. Blandningar av pentan och hexan kan betraktas som ideala. Vid 20°C är ångtrycket över ren pentan 57.90 kPa och över ren hexan 16.17 kPa. Vi tillreder en vätskeblandning av 2.87 mol pentan och 1.16 mol hexan.
 - (a) Vad ska det omgivande trycket vara för att denna vätskeblandning ska ha kokpunkten 20°C?
 - (b) Om vi analyserar 3.00 milliliter av ångan över samma blandning vid 20°C, hur stor substansmängd av pentan respektive hexan återfinns där?

(5 p)

Högrebetyg-del C (uppg 11–14)

Denna del behöver göras för att uppnå betygen 4 eller 5. *Observera* att det normalt endast ges delpoäng för lösningar som kommit ett stort steg närmare det efterfrågade resultatet, och då endast om studenten kan motivera hur en framkomlig väg ser ut. Alla slutsatser skall motiveras och antaganden och beräkningar redovisas. Tag för vana att alltid göra en rimlighetsbedömning.

11. I dessa tider letar många efter sätt att spara energi, t.ex. vid matlagning. I den här uppgiften ska du uppskatta den energiförlust du gör varje gång du lyfter bort locket till en kastrull för att t.ex. röra i maten.

Låt oss för enkelhets skull anta att innehållet är rent vatten vid 90°C . Utöver detta vatten innehåller kastrullen 1 liter "tomrum" som naturligtvis fylls upp av luft och vattenånga till ett totaltryck av 1 atm, och denna gasblandning har samma temperatur som det flytande vattnet i kastrullen, vilket den också står i jämvikt med. Låt oss också anta att när du lyfter bort locket ersätts gasblandningen ögonblickligen med torr luft (20°C , 0% luftfuktighet) från det omkringliggande rummet. Den mängd (låt säga n mol) vattenånga som då "försvunnit" ur kastrullen kan sägas ge en energiförlust som motsvarar den värme som har krävts för att överföra n mol vatten från vätskeform vid 20°C till gasform vid 90°C (bidraget från uppvärmningen av syre och kväve får försummas).

(10 p)

12. Omvänd osmos är en effektiv teknik för avsaltning av havsvatten. Tekniken bygger på att havsvatten och färskvatten placeras på varsin sida om ett semipermeabelt membran, varefter man på havsvattnet applicerar ett mekaniskt tryck som gör att vattenmolekyler transporteras genom membranet från havsvattensidan till färskvattensidan, d.v.s. tvärtemot vad som sker i "vanlig" osmos.

- (a) Beräkna det teoretiskt minsta möjliga mekaniska tryck som behöver appliceras för att omvänd osmos ska ske om havsvattnet enbart antas innehålla 4.00 viktprocent NaCl (fullständigt dissocierat till joner) och temperaturen är $+10.0^{\circ}\text{C}$. Antag också att aktivitetsfaktorn för vatten kan sättas till 0.98 under dessa betingelser.
- (b) I praktiken har det visat sig att för att få tillräckligt stort flöde genom membranet behöver vattnets kemiska potential vara 50 J/mol *högre* på saltvattensidan än på andra sidan. Hur stort tryck behöver appliceras för att uppnå detta?

(10 p)

13. Vi tittar på en enkel (men ineffektiv) kylanläggning där köldmediet A alltid befinner sig i gasfas. För att erhålla kyleffekten får den komprimerade gasen (40°C ; 8.76 bar) passera ett litet hål, varvid trycket minskar till 1.30 bar. Vid de förutsättningar som gäller (inget värmeutbyte, kontinuerligt flöde) sker den processen vid *konstant entalpi*. Köldmediet A är förstås valt så att dess egenskaper gör att temperaturen minskar vid tryckfallet. Några av ämnets materialegenskaper framgår ur tabellen nedan.

- Beräkna gasens temperatur efter tryckfallet.
- Beräkna gasens molvolym före respektive efter tryckfallet.
- I nästa steg överförs värme från omgivningen (det utrymme man önskar kyla) till köldmediet så att gasen återfår temperaturen 40°C medan trycket hålls konstant. Beräkna hur mycket värme som överförs för varje mol av A som passerar.

(10 p)

Egenskaper för ämne A	
Molär värmekapacitet	$C_{p,m} = 89 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Joule-Thomsonkoefficienten	$\mu_{JT} = 1.75 \cdot 10^{-5} \text{ K/Pa}$
Andra virialkoefficienten	$B = 0.56 \text{ dm}^3/\text{mol}$

14. Vi betraktar en suspension av sfäriska, positivt laddade kolloidpartiklar i en vattenlösning av NaCl vid 25°C , där Debyelängden är 2.0 nm.

- Skissa ett diagram över den lokala koncentrationen av kloridjoner som funktion av avståndet från en partikel. Sätt ut gradering på avståndssaxeln.
- Beräkna bulkkoncentrationen av NaCl . Vattnets dielektricitetskonstant ϵ_r kan sättas till 80 .
- Med DLVO-modellen kan man uppskatta hur Gibbs interaktionsenergi mellan två partiklar varierar med avståndet. Om vi ändrar avståndet från 2 nanometer till 1 nanometer, med hur stor faktor skulle interaktionsenergin ändras under förutsättning att van der Waals-interaktionerna kan försummas? Är interaktionsenergin positiv eller negativ?
- Om vi tvärtom antar att den elektrostatiska interaktionen kan försummas så att det *bara* finns van der Waals-interaktioner, med hur stor faktor skulle interaktionsenergin ändras då?

(10 p)