

# Tentamen KFKA10 Termodynamik och ytkemi, 2020-01-13

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.

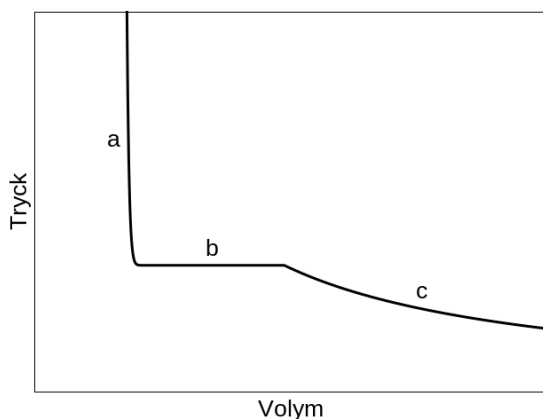
Den som bara ska omtentera termodynamikdelen skippar uppgifterna 5, 6, 8 och 16.

Anonymkod:

Personlig identifierare:

## Godkänt-del A (uppgift 1–6)

På denna del krävs endast svar. Svara direkt på provbladet.



1. Diagrammet ovan visar hur trycket beror på volymen för en mol av ett rent ämne vid en viss temperatur  $T$ . Vilken eller vilka faser finns i respektive punkt?

(a) \_\_\_\_\_

(b) \_\_\_\_\_

(c) \_\_\_\_\_

(2 p)

2. Med hänsyn till diagrammet i föregående uppgift, kan vi säga något säkert om temperaturen  $T$  i relation till ämnets kritiska temperatur  $T_c$ ?

Ja,  $T > T_c$

Ja,  $T = T_c$

Ja,  $T < T_c$

Nej.

(1 p)

3. Vad händer med följande egenskaper när saltkoncentrationen ökar i en vattenlösning av salt?

(a) Smältpunkten:  stiger  sjunker

(b) Kemiska potentialen för vatten:  ökar  minskar

(c) Det osmotiska trycket:  ökar  minskar

(2 p)

4. Ange för vart och ett av följande påståenden om det är sant eller falskt. Varje obesvarad eller felaktigt besvarad fråga ger 1 poängs avdrag.

**sant falskt**

I en spontan process i ett isolerat system ökar entropin.

Vid en isoterm expansion av ideal gas minskar systemets entropi.

För en spontan kemisk reaktion som sker vid konstant tryck och temperatur är  $\Delta G > 0$ .

Den kemiska potentialen för en gas ökar med ökande tryck.

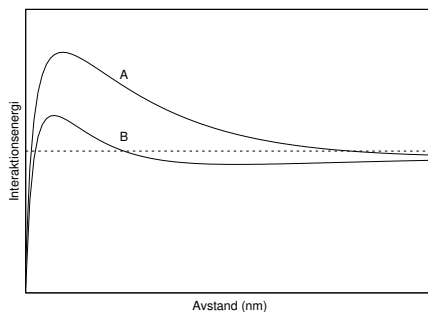
Vid en isobar expansion av ideal gas måste temperaturen öka.

Vid en adiabatisk reversibel expansion av ideal gas måste inre energin minska.

Det totala ångtrycket för en ideal lösning av A och B ligger alltid mellan ångtrycket för rent A och ångtrycket för rent B vid samma temperatur.

Om den fasta fasen av ett ämne har högre densitet än den flytande fasen så sjunker smältpunkten med ökande tryck.

(6 p)



5. Figuren ovan visar DLVO-interaktionsenergin mellan två kolloidala partiklar i en vattenlösning. Det enda som skiljer kurvorna A och B åt är koncentrationen salt i lösningen. Den streckade linjen markerar 0-nivån (ingen interaktion).

(a) Vilken kurva ger högst stabilitet (längst livslängd) på den kolloidala suspensionen? \_\_\_\_\_

(b) Vilken kurva har högst Debye-längd? \_\_\_\_\_

(c) Vilken kurva har högst koncentration salt? \_\_\_\_\_

(2 p)

6. Sätt in rätt ord eller begrepp på de två tomma platserna:

När amfifila molekyler tillsätts till vatten så blir den lokala koncentrationen

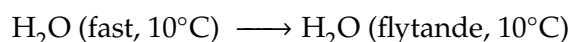
\_\_\_\_\_ vid vattenytan än i bulken. Detta fenomen kallas \_\_\_\_\_.

(1 p)

**Godkänt-del B (uppgift 7–13)**

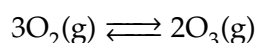
På denna del ska slutsatser motiveras och beräkningar redovisas. Tag för vana att alltid göra en rimlighetsbedömning.

7. I en viss process som utförs under det konstanta trycket 1.00 bar tillför vi 125 J värme till systemet, samtidigt som systemets volym ökar med 0.50 liter. Beräkna  $\Delta U$ . (3 p)
8. Rita ett schematiskt diagram över hur ytspänningen varierar med bulkkoncentrationen amfifil i uppgift 6. Märk ut cmc i diagrammet och ange vilken sorts aggregat som förekommer över denna koncentration. (2 p)
9. Beräkna den molära entropiändringen för den irreversibla processen:



Vattnets smältentalpi vid  $0^\circ\text{C}$  är 6.008 kJ/mol. Den molära värmekapaciteten  $C_{p,m}$  är 75.37 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup> för flytande vatten och 37.65 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup> för is. (5 p)

10. I december inträffade i Lund en lägenhetsexplosion som troligen orsakades av förvaring av sprayburkar i en ugn som råkade sättas på. Låt oss modellera en sådan sprayburk som en stel behållare med den konstanta volymen 1.00 liter, och låt oss vidare anta att burken *enbart* innehåller 300 gram butan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), alltså ingen luft eller andra ämnen. Butan har den normala kokpunkten  $-0.4^\circ\text{C}$  och ångbildningsentalpin 22.44 kJ/mol (denna får antas vara oberoende av temperaturen). En stor del av butanet i burken kommer vara i vätskefas så länge temperaturen är under den kritiska temperaturen för butan ( $152^\circ\text{C}$ ). Beräkna trycket inuti burken vid temperaturen  $100^\circ\text{C}$ . (4 p)
11. Om temperaturen på sprayburken i föregående uppgift höjs över den kritiska temperaturen övergår all butan till superkritisk fluid, som kan betraktas som en icke-ideal gas. Beräkna trycket inuti burken vid temperaturen  $200^\circ\text{C}$ , om kompressionsfaktorn  $Z = 0.43$  för butan vid detta tillstånd.  
*Kommentar: Ett troligt händelseförlopp är att detta tryck fick burken att gå sönder så att en explosiv blandning av luft och butan uppstod och sedan antändes.* (3 p)
12. Marknära ozon (O<sub>3</sub>(g)) är en luftförorening som bildas genom bland annat reaktioner med kväveoxider. Om det slutade att bildas nytt ozon skulle ozonhalten på bara några dagar nå extremt låga nivåer eftersom jämvikten



skulle inställa sig, vars termodynamiska jämviktskonstant är  $6 \cdot 10^{-58}$  vid  $25^\circ\text{C}$ .

- (a) Hur stort skulle i så fall partialtrycket ozon bli i vanlig luft vid  $25^\circ\text{C}$  och 1 atm?
- (b) Beräkna  $\Delta_r G^\ominus$  för reaktionen vid  $25^\circ\text{C}$ . (4 p)
13. Ångtrycket vid  $100.0^\circ\text{C}$  för en vattenlösning av CaCl<sub>2</sub>, som består av 26.9 viktsprocent CaCl<sub>2</sub>, uppmättes till 79.5 kPa.
  - (a) Beräkna molbråket för vatten i lösningen utifrån viktsprocenten.
  - (b) Beräkna aktiviteten för vatten i lösningen utifrån mätningen.
  - (c) Beräkna aktivitetsfaktorn  $\gamma$  för vatten i lösningen. (5 p)

**Högrebetyg-del C (uppg 14–18)**

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.

14. 3.22 mol syrgas vid trycket 1.00 bar och temperaturen 300 K komprimeras adiabatiskt och reversibelt tills temperaturen blir 400 K. Därefter får gasen expandera isotermt och reversibelt tills den återigen har trycket 1.00 bar. Den molära värmekapaciteten för syrgas är  $C_{V,m} = 21.0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  och du får anta att gasen är ideal.

- (a) Beräkna entropiändringen för gasen under det andra delsteget.  
 (b) Beräkna gasens tryck efter det första delsteget.

(8 p)

15. Tabellen nedan visar hur  $\Delta H^\ominus$  för en viss kemisk reaktion varierar med temperaturen. I hela denna uppgift antar vi att  $\Delta_r C_p$  är skilt från 0, men oberoende av temperaturen.

- (a) Bestäm  $\Delta_r C_p$  för reaktionen (för full poäng ska all data användas med hjälp av linjär regression).  
 (b) Vid temperaturen 320 K är jämviktskonstanten 0.0478. Beräkna jämviktskonstanten vid 1000 K.

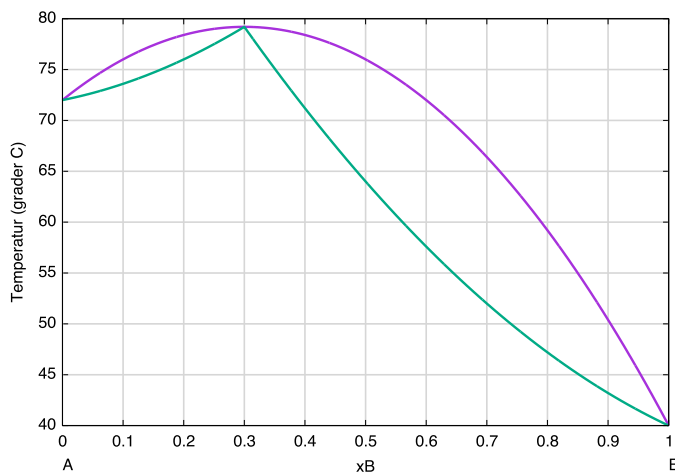
$T$ (K)	$\Delta H^\ominus$ (kJ/mol)
440	43.8
530	41.6
590	40.0
660	38.4

(8 p)

16. När varm fuktig luft stiger uppåt och kyls av kan det bildas områden i atmosfären som är övermättade på vattenånga. I ett visst sådant område är det nuvarande partialtrycket för vattenånga 635 Pa och temperaturen  $0.0^\circ\text{C}$ . Vid denna temperatur är vattnets ångtryck 611 Pa (över plan yta), densiteten  $1000 \text{ kg/m}^3$  och ytspänningen  $75.8 \text{ mN/m}$ . Vi tänker oss nu att det i det här området finns en liten sfärisk vattendroppe som har radien 23.0 nanometer.

- (a) Kommer droppen att växa eller krympa i denna miljö? Motivera med beräkningar.  
 (b) Utifrån det aktuella partialtrycket för vattenånga, beräkna  $\Delta G$  för processen att kondensera mot en plan yta (vanlig kondensation från termodynamiken) respektive mot den lilla droppen. Vad innebär tecknet på  $\Delta G$  i de två fallen?  
 (c) Skillnaden mellan de två uträknade  $\Delta G$  borde ju motsvara ökningen av ytenergin (per mol vatten) när droppen växer. Visa med beräkningar eller härledning att detta stämmer. *Tips: Om du ogillar differentialekalkyl, ansätt en mycket liten ökning av droppens radie och beräkna hur ytenergin ökar per mol som droppen ökar i storlek.*

(8 p)



17. Besvara följande frågor med hjälp av ovanstående tillståndsdigram för en vätskeblandning av A och B, som gäller vid trycket 1 atm. Gör så noggranna avläsningar som möjligt.

- Vad är den normala kokpunkten för en blandning med molbråket  $x_B = 0.7$ .
- Du utför en enkel destillation av denna vätskeblandning, d.v.s. du kokar lösningen och transporterar bort ångan. Skissa ett diagram över hur vätskans respektive ångans sammansättning varierar med tiden (ingen skala behövs på tidsaxeln). Det ska på y-axeln gå att läsa av startvärdena (då lösningen börjar koka) samt värdena efter lång tid, men kurvorna däremellan behöver inte vara exakta utan bara rimliga.
- Är aktivitetsfaktorerna större eller mindre än 1? Motivera svaret.
- Skissa ett annat diagram över hur det totala ångtrycket varierar med sammansättningen vid den konstanta temperaturen  $75^\circ\text{C}$ . Du behöver inte göra några beräkningar, men märk ut "1 atm" på rätt plats på y-axeln.

(8 p)

18. Vi återvänder till sprayburken i uppgift 10 men låter nu bli att steka den i ugnen utan tänker oss istället en mer normal användning av den. Närmare bestämt: Systemet befinner sig från början vid jämvikt vid  $25^\circ\text{C}$ . Under en kort tid öppnar vi en ventil så att 10.0 gram butan läcker ut i den omgivande luften (som har trycket 1.00 atm) utan värmeutbyte med omgivningen. Därefter stängs ventilen och systemet får återgå till jämvikt, fortfarande utan värmeutbyte med omgivningen. Beräkna den slutliga temperaturen.

Följande data för butan kan vara användbara:

$$\Delta_{\text{vap}}H = 22.44 \text{ kJ/mol (vid kokpunkten)}$$

$$C_{p,m}(l) = 132.42 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$C_{p,m}(g) = 98.49 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

Glöm inte att ange vilka approximationer du gör! Det är inte nödvändigt att räkna exakt!

(8 p)