

## Tentamen för Termodynamik och ytkemi, KFKA10, 2018-01-08

Tillåtna hjälpmedel: Miniräknare, utdelat formelblad och tabellblad.

Godkänt-del A (endast svar): Max 14 poäng

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

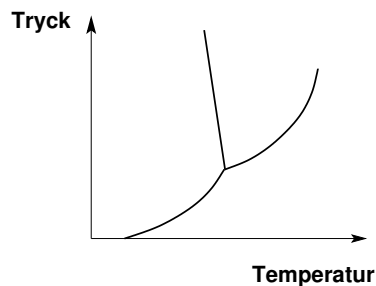
Högrebetygs-del C: Max 42 poäng.

För godkänt krävs 30 poäng (av 40) på del A+B, eller 41 poäng (av 82) på del A+B+C.

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

Den som bara ska omtentera termodynamikdelen skippar uppgifterna 10, 12 och 23.

### Godkänt-del A (uppgift 1–10) Endast svar krävs, svara direkt på provbladet.



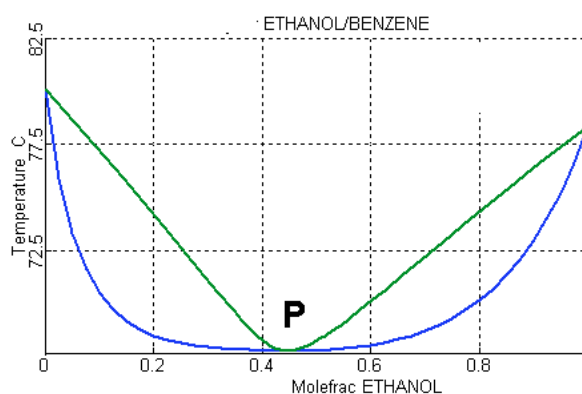
- Märk ut de tre vanliga faserna (g, s, l) i fasdiagrammet för vatten ovan. (Diagrammet är inte skalenligt.)
- Hur ändras vattnets fryspunkt när trycket ökar? (se diagrammet ovan)  
 sjunker    stiger    oförändrad
- Om en gas komprimeras isotermt till mycket liten volym, kan det då ske en fasövergång till vätskeform?  
 Ja, alltid.  
 Ja, om temperaturen är högre än den kritiska temperaturen.  
 Ja, om temperaturen är lägre än den kritiska temperaturen.  
 Ja, om trycket är lägre än ångtrycket.  
 Nej, aldrig.
- Följande tabell ger kompressionsfaktorn ( $Z$ ) vid 200 K för en viss gas vid tre olika tryck. Vid vilket av dessa tryck har gasen minst molvolym?

	<b>p</b>	<b>Z</b>
<input type="checkbox"/>	50 atm	0.90
<input type="checkbox"/>	100 atm	0.75
<input type="checkbox"/>	200 atm	0.85

- Vilket eller vilka av följande påståenden är alltid sant för en spontan process i ett isolerat system?  
 Inre energin är konstant.  
 Entropin är konstant.  
 Entropin ökar.  
 Inre energin minskar.  
 Entalpin minskar.  
 Gibbs energi minskar.

(2 p)

6. Vilken eller vilka av följande är *extensiva* storheter? (extensiv=beror på mängden)
- tryck
  - volym
  - temperatur
  - systemets värmekapacitet
7. Hur ändras systemets entropi om två olika gaser (som varit åtskilda) blandas?
- ökar
  - minskar
  - oförändrad
8. Vad betyder det när väder-appen säger att luftfuktigheten är 50%?
- att partialtrycket för vattenånga är 0.5 atm
  - att ångtrycket över vatten är 0.5 atm
  - att partialtrycket för vattenånga är hälften så stort som ångtrycket över vatten
  - att partialtrycket för vattenånga är dubbelt så stort som ångtrycket över vatten
  - att hälften av alla vattenmolekyler befinner sig i gasfas



9. Vi tillreder en vätskeblandning av 1.0 mol bensen och 4.0 mol etanol. Avläs följande ur diagrammet ovan:

- (a) Blandningens kokpunkt: \_\_\_\_\_
- (b) Molbråket etanol i den första ångan när blandningen kokas: \_\_\_\_\_
- (c) Molbråket etanol i den slutliga ångan om vi utför fraktionerad destillation av blandningen: \_\_\_\_\_
- (d) Vad kallas punkten P i figuren: \_\_\_\_\_ (4 p)

10. Trycket inuti en liten vattendroppe är
- högre än utanför
  - lägre än utanför
  - lika stort som utanför

**Godkänt-del B (uppgift 11–17)**

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

11. Du har två vattenlösningar av glukos, en med koncentrationen 1 M och den andra med koncentrationen 0.1 M. Rita en enkel uppställning som involverar de två lösningarna och som förklarar vad *osmos* är. Beskriv vad som skulle hända i den uppritade uppställningen och varför. För full poäng ska förklaringen använda begreppet *kemisk potential*. (3 p)
12. I en vattenlösning av etanol är etanolkoncentrationen högre i ytskiktet mot luft än i bulken. Vad kallas detta fenomen och hur kan det förklaras molekylärt? (2 p)
13. Hur mycket stiger temperaturen om vi tillför 1.00 kJ värme till 98 gram cyklohexan ( $M = 84.16 \text{ g/mol}$ ) vid konstant tryck. Den molära värmekapaciteten för cyklohexan är  $C_{p,m} = 156 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . (4 p)
14. 2.40 mol av en ideal gas expanderar reversibelt och isotermt vid 300 K från volymen 50.0 liter till volymen 90.0 liter. Beräkna  $w$ ,  $q$  och  $\Delta S$  för processen. (5 p)
15. Vid temperaturen 500 K är jämviktskonstanten  $K = 119$  för reaktionen  
 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HI}(\text{g})$   
I en jämviktsblandning vid temperaturen 500 K är partialtrycket för  $\text{H}_2(\text{g})$  0.200 bar och för  $\text{I}_2(\text{g})$  0.300 bar. Beräkna partialtrycket för  $\text{HI}(\text{g})$ . (4 p)
16. Vid 40.0°C är ångtrycket över ren bensen 31.2 kPa och ångtrycket över ren toluen 11.2 kPa. Över en viss ideal vätskeblandning av bensen och toluen är partialtrycket för toluen 7.4 kPa vid 40.0°C. Beräkna det totala ångtrycket över blandningen. (4 p)
17. Den normala kokpunkten (vid 1 atm) för  $\text{NH}_3$  är  $-33.5^\circ\text{C}$  och ångbildningsentalpin för  $\text{NH}_3$  är 23.35 kJ/mol (ångbildningsentalpin får antas vara oberoende av temperaturen). Hur stort måste trycket minst vara för att  $\text{NH}_3$  ska vara vätska vid 0°C? (4 p)

**Högrebetyg-del C (uppg 18–23).****Behöver endast göras för att uppnå betygen 4 eller 5.**

Observera att här 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.

18. En eldkolv är ett verktyg för att göra upp eld som använts sedan urminnes tider i vissa delar av Sydostasien. I en eldkolv används en hastig kompression av luft för att öka temperaturen så högt att tändmaterialet, vanligtvis kol-tyg, antänds. Eftersom kompressionen går så snabbt kan vi anta att ingen värmeöverföring sker från luften till väggarna, men den går ändå tillräckligt långsamt för att vi ska kunna anta att processen är reversibel. Du kan bortse från tändmaterialets påverkan. Luftens värmekapacitet är  $C_{p,m} = 29.0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  och får antas vara oberoende av temperaturen. Ideal gas får antas.

I en viss eldkolv komprimeras luften, som ursprungligen har temperaturen  $25^\circ\text{C}$  och trycket  $1.00 \text{ atm}$ , från volymen  $52.0 \text{ ml}$  till volymen  $2.30 \text{ ml}$ . Beräkna sluttemperaturen, sluttrycket och ändringen i inre energin för gasen.

(7 p)

19. I vår föreläsningssal stod en kvarglömd halvfull vattenflaska som varit stängd sedan före jul.

- Hur stor andel av vattenmolekylerna i flaskan är i gasfas om temperaturen är  $25^\circ\text{C}$ ?
- Om vi värmer flaskan till  $100^\circ\text{C}$  utan att öppna den, hur högt blir trycket inuti flaskan?
- Hade svaren i **a** och **b** påverkats om det hade varit kolsyrat vatten i flaskan? I så fall i vilken riktning och varför? (inga beräkningar behövs)

Glöm inte redovisa dina antaganden. Använd gärna data från tabellen nedan.

(7 p)

2A Thermodynamic Data at 25 °C		A11	
Substance	Molar mass, $M/(\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})$	Enthalpy of formation, $\Delta H_f^\circ/(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	Gibbs free energy of formation, $\Delta G_f^\circ/(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	18.02	-285.83	-237.13
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	18.02	-241.82	-228.57

20. En viss vätska har molvolymen  $43.20 \text{ cm}^3/\text{mol}$  vid trycket  $1.00 \text{ bar}$  och temperaturen  $298.0 \text{ K}$ . Vi gör nu två experiment:

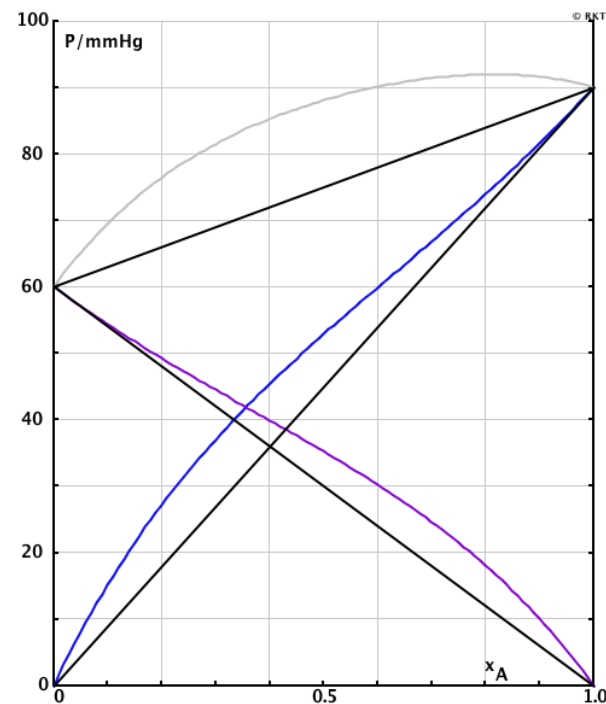
- När vi ökar trycket till  $215 \text{ bar}$  under konstant temperatur så minskar molvolymen till  $42.33 \text{ cm}^3/\text{mol}$ .
- När vi ökar trycket till  $215 \text{ bar}$  under konstant volym så ökar temperaturen till  $313.1 \text{ K}$ .

Beräkna utvidgningskoefficienten  $\alpha$  och den isoterma kompressibiliteten  $\kappa_T$  ur dessa experiment. (7 p)

21. Tidigare såg vi att jämviktskonstanten är  $K = 119$  för reaktionen  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HI}(\text{g})$  vid temperaturen  $500 \text{ K}$ . Vid samma temperatur är reaktionsentalpin  $\Delta_r H^\circ = -11.0 \text{ kJ/mol}$ . Beräkna reaktionsentalpin och jämviktskonstanten för reaktionen vid temperaturen  $1000 \text{ K}$  med hjälp av följande molära värmekapaciteter, som får antas vara oberoende av temperaturen:

Ämne	$C_{p,m} (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
$\text{H}_2(\text{g})$	28.82
$\text{I}_2(\text{g})$	36.90
$\text{HI}(\text{g})$	29.16

(7 p)



22. Diagrammet ovan visar partialtrycken och det totala ångtrycket över en vätskeblandning av A och B vid 320 K som funktion av molbråket  $x_A$  (de svarta linjerna är endast hjälplinjer som visar idealt beteende).

- Bestäm aktiviteten och aktivitetsfaktorn för vardera komponenten (A och B) för en vätskeblandning vars molbråk  $x_A = 0.6$ .
- Om ångan över blandningen i **a** samlades upp och kondenserades, vad skulle ångtrycket bli över kondensatet vid 320 K?

(7 p)

23. För att bestämma ytöverskottet av en anjonisk surfaktant NaX i vattenlösning mättes kapillärstigningen (höjden över vätskenivån) i ett glasrör med radien 0.50 mm för fem lösningar med olika koncentrationer [NaX], vid temperaturen 298 K. Du kan anta att ytskiktet är mättat med surfaktant så att ytöverskottet är konstant i hela mätintervallet och att aggregatbildning inte har skett i någon av lösningarna. Densiteten kan sättas till  $1.00 \text{ g/cm}^3$  för alla lösningar och kontaktvinkeln kan sättas till  $0^\circ$ .

- Rita en schematisk skiss över hur surfaktantmolekylerna är orienterade i ytlagret. Använd det vanliga sättet att rita amfifila molekyler och namnge molekylernas delar.
- Bestäm ytöverskottet ur mätresultaten i tabellen nedan.
- Om vi ur lösningen med bulkkoncentrationen 12.4 mM skulle samla upp ett  $1.00 \mu\text{m}$  tjockt ytskikt, hur stor skulle koncentrationen surfaktant i detta ytprov då vara?

(7 p)

Konc (mM)	6.0	7.5	9.0	10.7	12.4
Höjd (mm)	20.7	18.1	16.4	14.3	12.9