

Tentamen KFKA05 Molekylära drivkrafter 1: Termodynamik, 2022-10-24

Tillåtna hjälpmedel: Miniräknare (med tillhörande handbok), utdelat formelblad med tabellsamling samt *S/ Chemical Data* och *Tabeller och Formler* eller motsvarande.

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

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

Högrebetygs-del C: max 24 poäng.

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

För högre betyg än 3 krävs minst 6 poäng på C-delen samt tillräckligt hög sammanlagd poäng (troliga gränser är 42 respektive 52 poäng).

Anonymkod:

Personlig identifierare:

Godkäntdel A (uppgift 1–4)

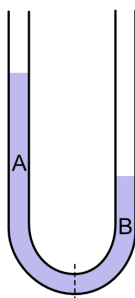
På denna del krävs endast svar. Svara direkt på provbladet (glöm inte att lämna in det!). Det är ingen skillnad mellan att svara fel eller att inte svara. Poängen på varje uppgift ges normalt av den givna maxpoängen minus antalet felaktiga/saknade svar, men kan inte bli negativ.

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

Systemets entropi, S :	☐ ökar	☐ minskar	☐ oförändrad
Systemets volym, V :	☐ ökar	☐ minskar	☐ oförändrad
Systemets entalpi, H :	☐ ökar	☐ minskar	☐ oförändrad
Gibbs energi för systemet, G :	☐ ökar	☐ minskar	☐ oförändrad

(3 p)

2. Figuren nedan visar två saltlösningar (A och B) som åtskiljs av ett semipermeabelt membran som släpper igenom vatten men inte joner.



Vilken av lösningarna har högst saltkoncentration nu när de är i osmotisk jämvikt med varandra?

☐ A har högst ☐ B har högst ☐ A och B har lika hög konc.

(1 p)

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

sant	falskt	
☐	☐	I en spontan process i ett isolerat system är entropin alltid konstant.
☐	☐	För en spontan process under konstant temperatur och volym gäller att $\Delta F < 0$.
☐	☐	Saltvatten har högre kokpunkt än rent vatten.
☐	☐	Vid en adiabatisk kompression av ideal gas så ökar gasens inre energi.
☐	☐	Om $\Delta_r H^\ominus < 0$ för en kemisk reaktion så ökar jämviktskonstanten med stigande temperatur.
☐	☐	I en ideal vätskeblandning är aktivitetsfaktorn för båda komponenterna lika med 1.
☐	☐	Frysunkten för vatten stiger med ökande tryck.
☐	☐	Den kemiska potentialen för vatten är högre i en saltlösning än i rent vatten.

(7 p)

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

sant	falskt	
☐	☐	q_{trans} är den största faktorn i q för $\text{Cl}_2(\text{g})$ vid 600 K.
☐	☐	q_{vib} är den minsta faktorn i q för $\text{Cl}_2(\text{g})$ vid 600 K.
☐	☐	Vibrationsbidraget till $C_{p,m}$ för $\text{Cl}_2(\text{g})$ är försumbart vid 600 K.
☐	☐	Translationsenerginivåerna för en elektron ligger närmare varandra i en kubisk låda med sidan 10 Å än i en kubisk låda med sidan 15 Å.

(3 p)

Godkänd del B (uppgift 5–10)

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

5. En viss peptid består av sex aminosyror. När peptiden är veckad har den 1 konfiguration med energin 0. När den är oveckad har den $6 \cdot 3 = 18$ konfigurationer med energin ε_0 .

Beräkna vilket värde ε_0 måste ha för att minst 50% av peptiderna skall vara veckade vid 37 °C. Svaret skall anges i J mol⁻¹. (3 p)

6. I en meteorologisk demonstration låter vi fuktig varm luft, närmare bestämt en gasblandning med molbråket för vattenånga $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0.082$, svalna i ett slutet system under konstant totaltryck 0.40 bar.

Om vi försummar yteffekter, vid vilken temperatur kommer vattenången börja kondensera?

Du får anta att ångbildningsentalpin är oberoende av temperaturen. (4 p)

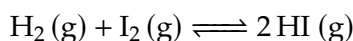
7. Vi låter 0.237 mol syrgas (som får antas ideal) vid temperaturen 298 K expandera reversibelt från volymen 1.27 m³ till volymen 3.56 m³.

(a) Hur mycket värme måste vi tillföra under processen för att hålla temperaturen konstant?

(b) Vad blir då entropiändringen för systemet (gasen) respektive omgivningen? (5 p)

8. Beräkna ändringen i entalpi respektive entropi för en kopparklump med massan 3.52 kg som ändrar temperatur från 25 °C till 0 °C. (3 p)

9. Gör två oberoende beräkningar (uppgift a och b) av jämviktskonstanten för följande reaktion vid 150 °C:



(a) *Med hjälp av tabelldata.* 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 2.00 mol HI(g) i en tom behållare med volymen 50.0 liter blir jämviktspartialtrycket för HI(g) 1.23 bar då temperaturen är 150 °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 3.82 mol pentan och 4.87 mol hexan.

(a) Vad ska det omgivande trycket vara för att denna vätskeblandning ska ha kokpunkten 20 °C?

(b) Beräkna molbråket för hexan i ångan över samma blandning vid 20 °C. (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. Vi återvänder till kopparklumpen i uppgift 8.

- (a) Beräkna ändringen i klumpens volym under temperatursänkningen.
- (b) Hur stort tryck behöver vi utsätta klumpen för om vi vill åstadkomma samma volymsändring som i a-uppgiften genom att istället höja trycket och hålla temperaturen konstant?

(6 p)

12. Toppkranen på en gasflaska med helium går sönder så att gasen snabbt strömmar ut i den omgivande atmosfären där lufttrycket är 1.0 atm. Gasflaskan har initialt temperaturen 298 K och trycket 150 bar.

Beräkna vilken temperatur gasen har då den strömmat ur flaskan under antagandena att processen är så snabb att den sker adiabatiskt, att gasen är ideal, att du kan försumma den lilla gasvolym som är kvar i flaskan efter expansionen samt att värmekapaciteten är konstant i hela temperaturintervallet.

Ledning: Betrakta den utströmmande gasen som vore den innesluten i en fullständigt elastisk ballong.

(6 p)

13. Uppskatta den normala kokpunkten för en blandning som består av 40.0 viktsprocent etanol och 60.0 viktsprocent vatten.

För att kunna lösa uppgiften behöver du ansätta att blandningen är ideal.

(6 p)

14. Till 1.000 kg H_2O sattes varierande mängder NaCl(s) och densiteten bestämdes vid 20.0°C när saltet löst sig. Resultatet visas i tabellen nedan.

Bestäm den partiella molära volymen av NaCl i lösningen i det undersöka koncentrationsintervallet.

Du får ansätta att partiella molära volymen är konstant i intervallet. För full poäng måste alla datapunkter användas.

$m_{\text{NaCl}}/\text{kg}$	0.02041	0.04167	0.08696	0.13636
$\rho/(\text{kg m}^{-3})$	1012.5	1026.8	1055.9	1085.7

(6 p)

Lösningar Tentamen KFKA05, 2022-10-24

OBS! Det kan finnas felräkningar i nedanstående lösningar!

Godkänt-del A (uppgift 1)

Av tentamenskonstruktionstaktiska skäl ges inga svar för denna del, förutom enstaka kommentarer på någon uppgift.

1. Många missade hur G ändrar sig. Tänk på att smältning vid normala smältpunkten är en reversibel process. Många hade också problem med H . Behöver man tillsätta eller ta bort värme för att smälta is? Det är frågan man behöver ställa sig för att lösa den.
2. Skillnaden i vätskepelarnas höjd uppstår pga skillnad i osmotiskt tryck mellan de bägge lösningarna. Så på vilken sida är då osmotiska trycket störst? Vad innebär det för koncentrationerna?
3. Många missade påstående ett. Tänk att totala $S_{\text{tot}} = S + S_{\text{omg}}$ alltid måste öka i en spontan process. Var var måste entropin öka om systemet är isolerat? Många missade även sista påståendet. Enklaste sättet att komma åt det är att bara kika på uttrycket för kemisk potential för en blandning. Minskar eller ökar den om man pytsar i ett främmande ämne?
4. Många missade påstående tre och fyra. Tre: 600 K är *inte* mycket mindre än θ_{vib} . Fyra: reflektera en stund över att $\varepsilon_{\text{trans}} \propto 1/L^2$.

Godkänt-del B (uppgift 5–10)

I de flesta fall ges endast numeriska värden på någon mellanräkning samt svar. Vanliga fel som studenter gjort under tentan kan också kommenteras.

5. Boltzmanns fördelningslag är

$$\frac{p_o}{p_v} = \frac{g_o}{g_v} e^{-\frac{\Delta \varepsilon}{RT}} = \frac{18}{1} e^{-\frac{\varepsilon_0}{RT}}$$

Då 50% är veckade är kvoten $p_o/p_v = 1$. Vi löser ut $\varepsilon_0 = 7.5 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Uppgiften går förstås också att lösa genom att teckna q :

$$q = g_v e^{-\frac{0}{RT}} + g_o e^{-\frac{\varepsilon_0}{RT}} = g_v + g_o e^{-\frac{\varepsilon_0}{RT}}$$

och sedan

$$p_v = \frac{g_v}{q} = \frac{g_v}{g_v + g_o e^{-\frac{\varepsilon_0}{RT}}} = \frac{1}{1 + 18 e^{-\frac{\varepsilon_0}{RT}}} = 0.5$$

för att sedan lösa ut ε_0 .

6. Största utmaningen med denna uppgift är kanske att inse att man lika gärna hade kunnat fråga efter kokpunkten vid $p = 0.082 \cdot 0.4 \text{ bar} = 3280 \text{ Pa}$ (eftersom ju vatten kondenserar när partialtrycket vatten är lika med eller större än vattens ångtryck).

När väl den svårigheten är avklarad, ger Clausius–Clapeyrons ekvation

$$\ln \frac{3280 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} = -\frac{\Delta_{\text{vap}}H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{373} \right)$$

slutligen att $T = 295.7 \text{ K} = 22.6^\circ\text{C}$ om man använder normala kokpunkten som referenspunkt samt ångbildningsentalpin vid normala kokpunkten och ansätter att den är konstant i intervallet.

7. (a) Eftersom processen sker vid konstant temperatur och gasen är ideal är $\Delta U = 0$ så att $q = -w$. Alltså är ett sätt att bara beräkna arbetet för den reversibla processen. Vi får

$$\begin{aligned} q = -w &= \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{ex}} dV = \int_{V_1}^{V_2} p dV \\ &= nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = 605 \text{ J} \end{aligned}$$

- (b) Eftersom processen skett reversibelt och vid konstant temperatur har vi

$$\Delta S = \int \frac{1}{T} dq_{\text{rev}} = \frac{q}{T} = 2.03 \text{ J K}^{-1}$$

Denna kan förstås också räknas ut från volymnsändringen:

$$\Delta S = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p}{T} dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nR}{V} dV = nR \ln \frac{V_2}{V_1} = 2.03 \text{ J K}^{-1}$$

Entropiändringen i omgivningen är $\Delta S_{\text{omg}} = q_{\text{omg}}/T = -q/T = -2.03 \text{ J K}^{-1}$.

Nedanstående är överkurs!

Många studenter försökte sig på en alternativ lösningsmetod, där man räknade i två steg: (1) först en adiabatisk reversibel expansion varvid systemet hamnar i en temperatur T_2 och sedan (2) uppvärmning från T_2 tillbaks till 298 K. Problemet med den vägen är att den *inte är reversibel*. Steg 2 kräver ju att omgivningen har en högre temperatur än systemet, vilket i sin tur gör att uppvärmningen sker av sig självt, dvs irreversibelt. Låt oss ändå genomföra räkningarna (korrekt) för att se hur det blir. *Nedanstående är alltså inte en korrekt lösning till tentamensfrågan:*

Först adiabatisk expansion för att finna T_2 . Vi använder värmekapaciteten för sygas, $C_{V,m} = 21.05 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Adiabatisk reversibel expansion,

$$C_{V,m} \ln \frac{T_2}{298} = -R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

ger $T_2 = 198.3 \text{ K}$. För att höja temperaturen tillbaks till 298 K krävs nu tillförsel av $q = nC_{V,m}(298 - T_2) = 497 \text{ J}$, vilket är en mindre värmemängd än för den korrekta reversibla isoterma expansionen. Men, ändringen i entropi för systemet vid värmningen är

$$\Delta S = nC_{V,m} \ln \frac{298}{T_2} = 2.03 \text{ J K}^{-1}$$

dvs precis samma som för den reversibla isoterma expansionen. Något annat vore förvånande eftersom S ju är en tillståndsfunktion. Omgivningen däremot får en mindre ändring i entropi. Detta beror på att den oändligt stora omgivningen inte ändrar sin temperatur vid värmeöverföringen och kan avge alla värmemängder reversibelt. Så

$$\Delta S_{\text{omg}} = \frac{q_{\text{omg,rev}}}{T} = \frac{q_{\text{omg}}}{T} = -\frac{q}{T} = -\frac{497}{298} = -1.67 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Denna alternativa väg kan ses som en approximation av den väg systemet spontant hade tagit om man hade låtit processen ske av sig självt. Först hade systemet expanderat relativt snabbt (och därmed ungefärligt adiabatiskt) och sedan hade omgivningen återställt systemets temperatur i en långsammare värmeöverföringsprocess. Arbetet hade blivit mindre ($|w| = 497 \text{ J}$) än för den reversibla vägen ($|w| = 605 \text{ J}$). Förmodligen hade arbetet blivit ännu mindre eftersom expansionen sannolikt inte heller hade skett reversibelt.

8. Mängden koppar är 55.39 mol och $C_{p,m} = 24.44 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Detta ger

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} n C_{p,m} dT = n C_{p,m} \Delta T = -33.84 \text{ kJ}$$

och

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{n C_{p,m}}{T} dT = n C_{p,m} \ln \frac{T_2}{T_1} = -118.6 \text{ J K}^{-1}$$

9. När man har en kemisk jämvikt är det alltid bra att börja med att teckna jämviktskonstanten (här behövs den i uppgift b):

$$K = \frac{(p_{\text{HI}}/p^\ominus)^2}{(p_{\text{H}_2}/p^\ominus) \cdot (p_{\text{I}_2}/p^\ominus)} = \frac{p_{\text{HI}}^2}{p_{\text{H}_2} \cdot p_{\text{I}_2}}$$

Eftersom $p^\ominus$ förkortas bort helt så kan man förstås räkna med vilken tryckenhet man vill i uppgift (b).

- (a) Här fick vi ansätta att reaktionsentalpin och reaktionsentropin är konstanta. Därför räcker det att använda värdena som man får från tabell vid 25°C :

$$\Delta_r H^\ominus(25^\circ\text{C}) = 2 \cdot 26.48 \text{ kJ mol}^{-1} - 62.44 \text{ kJ mol}^{-1} = -9.48 \text{ kJ mol}^{-1}$$

och

$$\begin{aligned} \Delta_r S^\ominus(25^\circ\text{C}) &= 2 \cdot 206.59 - 130.684 - 260.69 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 21.80 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \end{aligned}$$

Detta ger $\Delta_r G^\ominus(150^\circ\text{C}) = -18.7 \text{ kJ mol}^{-1}$, vilket i sin tur ger $K = 204$.

Om man räknar mer noggrant och först beräknar $\Delta_r H^\ominus(150^\circ\text{C})$ och $\Delta_r S^\ominus(150^\circ\text{C})$ genom att använda $\Delta_r C_p^\ominus = -24.95 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, får man istället $K = 173$.

- (b) Totaltrycket före jämvikt är $p_{FJ} = 2.0 \cdot RT/V = 1.407$ bar. Enligt uppgiften är partialtrycket av HI vid jämvikt 1.23 bar.

För varje mol HI som reagerar bildas 0.5 mol H_2 och I_2 . Alltså är deras partialtryck vid jämvikt $p_{H_2} = p_{I_2} = 0.5 \cdot (p_{FJ} - 1.23) = 0.0887$ bar. Insättning av alltihop i K ovan ger $K = 192$.

Om man inte hänger med i tryckresonemangen ovan kan förstås istället först räkna ut hur många mol HI man har vid jämvikt från det givna partialtrycket och ideala gaslagen. Då fås $n_{HI} = 1.75$ mol. Eftersom man vet hur många mol som fanns före jämvikt vet man därmed också hur många mol H_2 och I_2 som bildats ($n_{H_2} = n_{I_2} = 0.126$ mol). Därefter räknar man ut deras partialtryck från ideala gaslagen och får då förstås samma svar som ovan.

10. Detta är en ren och snygg tillämpning av Raoult's lag. Därför startar vi med att beräkna molbråket hexan i vätskan

$$x_H = \frac{n_H}{n_P + n_H} = 0.560$$

- (a) En vätska kokar när dess totala ångtryck är lika med det omgivande trycket. Enligt Raoult's lag har vi det totala ångtrycket

$$p_{\text{tot}} = x_H p_H^* + (1 - x_H) p_P^* = (9.06 + 25.45) \text{ Pa} = 34.51 \text{ kPa}$$

och därför skall det omgivande trycket vara 34.51 kPa.

- (b) Molbråket hexan i ångan är hexans partialtrycks del av totala ångtrycket om ångan är ideal:

$$y_H = \frac{p_H}{p_{\text{tot}}} = \frac{x_H p_H^*}{p_{\text{tot}}} = 0.263$$

där andra likheten följer av Raoult's lag igen.

Överbetygsdel C (uppgift 11–14)

11. Enlig tabellsamlingen är $\alpha = 0.501 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, $\kappa_T = 0.725 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \text{ bar}^{-1}$ och $\rho = 8960 \text{ kg/m}^3$. Startvolymen är $V_1 = m/\rho = 392.86 \text{ cm}^3$.

- (a) Vi integrerar $dV/V = \alpha dT$ och får

$$\ln \frac{V_2}{V_1} = \alpha \Delta T$$

vilket ger $V_2/V_1 = 0.9987$. Alltså är $V_2 = 392.37 \text{ cm}^3$ så att volymsändringen är $\Delta V = -0.492 \text{ cm}^3$ (-0.13%).

- (b) Integration av $dV/V = -\kappa_T dp$ ger

$$\ln \frac{V_2}{V_1} = -\kappa_T \Delta p$$

så att $\Delta p = 173 \text{ MPa}$.

12. Vid adiabatisk expansion av ideal gas mot konstant yttre tryck har vi

$$dU = dw = -p_{\text{ex}} dV$$

och

$$dU = C_V dT$$

Vi sätter lika, integrerar mellan V_1 och V_2 samt T_1 och T_2 , nyttjar ideala gaslagen två gånger och får till sist

$$-R p_{\text{ex}} \cdot (T_2/p_{\text{ex}} - T_1/p_1) = C_{V,m} \cdot (T_2 - T_1)$$

där $T_1 = 298 \text{ K}$ är starttemperaturen, $p_1 = 150 \text{ bar}$ är starttrycket, $p_{\text{ex}} = 1 \text{ atm}$ är det konstanta yttre trycket och T_2 är den sökta sluttemperaturen. $p_2 = p_{\text{ex}}$ därför att expansionen avstannar då. Antalet mol n förkortas bort.

Vi löser ut $T_2 = 179 \text{ K} = -93^\circ \text{C}$.

13. Precis som i uppgift 10 är detta en tillämpning av Raoult's lag med den skillnaden att vi nu också måste ta hänsyn till att de rena ämnas ångtryck varierar med temperaturen (i uppgift 10 var dessa givna).

Med hjälp av CC:s ekvation finner vi att ångtrycket för ett rent ämne med ångbildningsentalpin $\Delta_{\text{vap}} h$ och normala kokpunkten T_{norm} är

$$p^* = p_{\text{norm}} \exp \left(\frac{\Delta_{\text{vap}} h}{R} \cdot \left(-\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{\text{norm}}} \right) \right)$$

där $p_{\text{norm}} = 1 \text{ atm}$.

Totala ångtrycket vid temperaturen T fås därför av

$$\begin{aligned} p_{\text{tot}} &= x_W p_W^* + x_E p_E^* = x_W p_W^* + (1 - x_W) p_E^* \\ &= x_W p_{\text{norm}} \exp \left(\frac{\Delta_{\text{vap}} h_W}{R} \cdot \left(-\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{\text{norm},W}} \right) \right) \\ &\quad + (1 - x_W) p_{\text{norm}} \exp \left(\frac{\Delta_{\text{vap}} h_E}{R} \cdot \left(-\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{\text{norm},E}} \right) \right) \end{aligned}$$

Eftersom $x_W = 0.79$ (från viktsprocent och molmassor) är T den enda okända storheten när p_{tot} sätts lika med 1 atm . Vi kör Solver på räknaren och får $T = 367 \text{ K}$.

14. Partiella volymen av natriumklorid definieras som

$$V_{\text{NaCl}} = \left(\frac{\partial V}{\partial n_{\text{NaCl}}} \right)_{p,T,n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

och den totala volymen är

$$V = n_{\text{NaCl}} V_{\text{NaCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}} V_{\text{H}_2\text{O}}$$

Man måste alltså bestämma derivatan V_{NaCl} . Det är därför lämpligt att skriva om tabellen så att den innehåller totala volymen och antalet mol NaCl. Totala volymen vid de fyra värdena är

$$V = \frac{m_{\text{tot}}}{\rho} = \frac{m_{\text{NaCl}} + m_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho} = \frac{m_{\text{NaCl}} + 1 \text{ kg}}{\rho}$$

Substansmängden NaCl ges naturligtvis av $m_{\text{NaCl}}/M_{\text{NaCl}}$. Vi får då en ny tabell

n_{NaCl}	0.3493	0.7130	1.488	2.333
V/dm^{-3}	1.0078	1.0145	1.0294	1.0467

Eftersom vi får anta att partiella molära volymen är konstant i hela intervallet och vi vet att antalet mol vatten är konstant, gör vi en linjäranpassning till data i tabellen enligt

$$V = a \cdot n_{\text{NaCl}} + b$$

där $a = V_{\text{NaCl}} = 0.0196 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$. $b = 1.000 \text{ dm}^3$, vilket ju är rimligt eftersom b är volymen av vattnet i blandningen).