

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
INSTITUTIONEN FÖR KEMI- OCH BIOTEKNIK

Skrivning i Termodynamik och Biokemi
för Bt1 (KOO041), K1 (KOO042) och Kf1 (KOO081)

Måndag 111212
08:00-12:00 i KA, KC eller KE enligt särskilt schema på Ping-pong

Lämna in dina lösningar på separata blad,
och Biokemidelen med dina inringade svar

Skriv ditt namn på alla inlämnade blad.

Del 1. Termodynamik (30p)

Instruktioner: Egen miniräknare av valfri typ. För godkänt krävs minst 15 poäng (ett bonuspoäng). För VG (tre bonuspoäng) krävs minst 22 poäng och för MVG (fem bonuspoäng) krävs minst 25 poäng. Alla lösningar och svar skall motiveras och lämnas in på utdelade papper.

1. (10p)

Fosforsyrslighet H_3PO_3 är en två-protonig syra med $\text{pK}_{a1} = 2.00$ och $\text{pK}_{a2} = 6.59$.

- Teckna reaktionsformlerna för de två syra/bas-jämvikterna (2p)
- Beräkna pH om 0.122 g av H_3PO_3 löses upp i 50 mL vatten (3p)
(Tips: ta bara hänsyn till den första jämvikten och förklara varför det är OK)
- Vad blir pH i en lösning där jämvikts-koncentrationen av Na_2HPO_3 är dubbelt så hög som koncentrationen av NaH_2PO_3 ? (3p)
- Du önskar tillverka en buffert med pH7. Vilka två av kemikalierna H_3PO_3 , NaH_2PO_3 och Na_2HPO_3 skulle du välja att använda för att bereda bufferten? (2p)

Lösnings-förslag



b) Startkoncentrationen av H_3PO_3 blir $c_0 = [0.122\text{g}/81.99\text{g/mol}]/0.05 \text{ liter} = 0.0298\text{M}$



| | | | |
|------|-----------|---|---|
| f.b. | c_0 | 0 | 0 |
| v.j. | $c_0 - x$ | x | x |

så $x^2/(c_0 - x) = K_{a1}$, vilket ger $x = 0.013$ och $\text{pH} = -\log x = 1.89$. Eftersom beräknade pH blir mer än tre enheter lägre än pK_{a2} kan man bortse från den andra jämvikten.

c) Henderson-Hasselbalch ger $\text{pH} = \text{pK}_{a2} + \log([\text{HPO}_3^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_3^-]) = 6.59 + \log 2 = 6.89$

d) NaH_2PO_3 och Na_2HPO_3 ty pK_a för deras protolys-jämvikt (6.59) är närmast pH7.

2. För reaktionen $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

- Beräkna ΔG_r° vid 500K utifrån tabelldata vid 298K
- Beräkna jämviktskonstanten vid 500K.

| | $I_2(g)$ | $H_2(g)$ | $HI(g)$ |
|-----------------------------|----------|----------|---------|
| ΔH_f° (kJ/mol) | 62.44 | 0 | 26.48 |
| S_m° (J/K(mol)) | 260.69 | 130.68 | 206.59 |

a) $\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$ där

$$\Delta H_r^\circ = 2 \cdot 26.48 - 0 - 62.44 = -9.48 \text{ kJ/mol}$$

(ΔH_f° för $I_2(g)$ är inte 0 ty $I_2(s)$ är den mest stabila formen av grundämnet jod vid 298K)

$$\Delta S_r^\circ = 2 \cdot 206.59 - 260.69 - 130.68 = 21.81 \text{ J/K/mol}$$

så vid 500K blir $\Delta G_r^\circ = -9480 \text{ J/mol} - 500\text{K} \cdot 21.81 \text{ J/K/mol} = -20385 \text{ J/mol}$.

$$b) K = \exp(-\Delta G_r^\circ/RT) = \exp(20385/8.314/500) = \exp(4.90) = 134$$

3. Kinetiken hos reaktionen $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ har studerats vid 500K. Hastighetskonstanten för framåtreaktionen är $k_f = 4.3 \cdot 10^{-7} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$, och för bakåtreaktionen är $k_b = 6.4 \cdot 10^{-9} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

a) Utifrån enheten på hastighetskonstanterna, visa att både framåt- och bakåt-reaktionen är elementära. (2p)

b) Beräkna ett värde på jämviktskonstanten för $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ utifrån hastighetskonstanterna. (6p)

c) Jämför med värdet på K du beräknade i uppgift 2. (2p)

a) Båda hastighetskonstanterna har den enhet $\text{M}^{-1} \text{s}^{-1}$ som gäller för en andra ordningens reaktion. Det stödjer att framåt-reaktionen är elementär (I_2 möter H_2 och bildar HI i ett steg), och att bakåt-reaktionen också är elementär (två HI träffas och bildar I_2 och H_2 i ett steg)

$$b) r = k_f[I_2][H_2] - k_b[HI]^2 = 0 \text{ (jämvikt) ger att } K = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} = k_f/k_b = 4300/6.4 = 671$$

c) Kinetikresultaten ger en något högre jämviktskonstant än de termodynamiska data gör.

Del 2. Biokemi (50p)

(för Bt, K och Kf som valt Biokemi)

Instruktioner: Det finns 50 delfrågor/påståenden som har svaret Ja eller Nej. Ringa in ditt val invid varje fråga. Rätt val ger 1 poäng på delfrågan, fel val ger 0 poäng. För godkänt krävs minst 41 poäng och för VG (ett bonuspoäng) krävs 47 poäng.

1. Vad är sant om prokaryota celler?

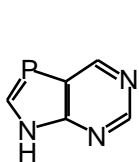
- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. Är minst 50 μm stora | Ja | Nej | Nej |
| b. Har plasma-membran | Ja | Nej | Ja |
| c. Har en cirkulär DNA-molekyl | Ja | Nej | Ja |
| d. Har mitokondrier | Ja | Nej | Nej |
| e. Växter består av prokaryoter celler | Ja | Nej | Nej |

2. Vad är sant om nukleinsyror?

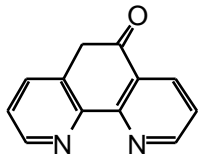
- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. En nukleinsyra är uppbyggd av nukleotider | Ja | Nej | Ja |
| b. En nukleinsyra är uppbyggd av aminosyror | Ja | Nej | Nej |
| c. Nukleinsyror finns i cellmembranet | Ja | Nej | Nej |
| d. Nukleinsyror finns i kloroplaster | Ja | Nej | Ja |
| e. Nukleinsyror lagrar den genetiska informationen | Ja | Nej | Ja |

3. Vad är sant om cellmembranet?

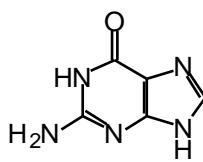
- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. Består av fosfolipider och proteiner | Ja | Nej | Ja |
| b. Består av fosfolipider och nukleinsyror | Ja | Nej | Nej |
| c. Är arrangerat som ett dubbel-lager av fosfolipider | Ja | Nej | Ja |
| d. Är arrangerat som ett dubbel-lager där det ena lagret består av fosfolipider och det andra av proteiner | Ja | Nej | Nej |
| e. Joner rör sig lika lätt genom ett lipid-membran som i vatten | Ja | Nej | Nej |

4. Vilka av följande kemiska strukturer återfinns i DNA eller RNA?

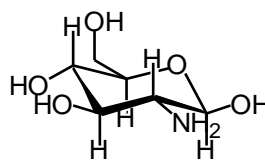
a



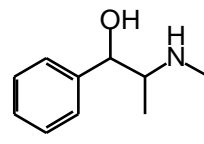
b



c



d



e

- | | | |
|-------|-----|-----|
| a. Ja | Nej | Nej |
| b. Ja | Nej | Nej |
| c. Ja | Nej | Ja |
| d. Ja | Nej | Nej |
| e. Ja | Nej | Nej |

5. Vad är sant om DNA och proteiner vid olika temperaturer?

- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. DNA-helixen övergår i enkel-strängar vid hög temperatur. | Ja | Nej | Ja |
| b. DNA-helixen övergår i enkel-strängar vid låg temperatur. | Ja | Nej | Nej |
| c. Högre temperatur hjälper DNA att sönderfalla i nukleotider. | Ja | Nej | Ja |
| d. Proteiner bildar bara α -helixar vid förhöjda temperaturer | Ja | Nej | Nej |
| e. Proteiner bildar oregelbundna strukturer vid höga temperaturer | Ja | Nej | Ja |

6. Vad är sant om protein-struktur?

- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. Sekundärstrukturen består bara av β -flak | Ja | Nej | Nej |
| b. Sekundärstrukturen hålls primärt ihop med vätebindningar | Ja | Nej | Ja |
| c. Primärstruktur är proteinets tre-dimensionella form | Ja | Nej | Nej |
| d. Kovalenta bindningar är viktigast för att bygga upp den tertiära strukturen | Ja | Nej | Nej |
| e. Proteinets tertiära struktur är viktig för dess funktion | Ja | Nej | Ja |

7. Vad är sant om enzymer?

- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. Enzymer påverkar ΔG för reaktionen | Ja | Nej | Nej |
| b. Enzymer påverkar aktiveringsenergin för reaktionerna | Ja | Nej | Ja |
| c. Ett enzym kan göra syra- och baskatalys samtidigt | Ja | Nej | Ja |
| d. Enzymkatalys kräver att substratet binds med kovalenta bindningar | Ja | Nej | Nej |
| e. Proteiner kan vara enzymer. | Ja | Nej | Ja |

8. Vad är sant om protein-syntesen?

- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. Tre DNA-baser kodar för en aminosyra | Ja | Nej | Ja |
| b. Fyra DNA-baser kodar för en aminosyra | Ja | Nej | Nej |
| c. Vatten förbrukas när två aminosyror bildar en peptid-bildning | Ja | Nej | Nej |
| d. Proteinsyntesen kallas också translation | Ja | Nej | Ja |
| e. Proteinsyntesen kallas också transkription | Ja | Nej | Nej |

9. Vad är sant om metabolismen?

- | | | | |
|---|----|-----|-----|
| a. Katabolismen är den del av metabolismen där nytt cellmaterial byggs upp | Ja | Nej | Nej |
| b. Metabolism sker bara i cytoplasman | Ja | Nej | Nej |
| c. För att bygga upp nytt cellmaterial behövs energi, t.ex. i form av NADPH | Ja | Nej | Ja |
| d. Vid oxidativ fosforylering bildas ATP | Ja | Nej | Ja |
| e. Nästan alla metabolism-reaktioner katalyseras av DNA | Ja | Nej | Nej |

10. Vad händer under glykolysen?

- | | | | |
|--|----|-----|-----|
| a. Glukos sönderdelas | Ja | Nej | Ja |
| b. NADH förbrukas | Ja | Nej | Nej |
| c. NADH bildas | Ja | Nej | Ja |
| d. En av slutprodukterna är citrat | Ja | Nej | Nej |
| e. Nettoresultat är att ATP produceras | Ja | Nej | Ja |

KONSTANTER OCH OMRÄKNINGSFAKTORER

Internationellt (av Codata) rekommenderade värden baserade på mätresultat tillgängliga 1986

$$\begin{aligned}
 c &= 2.99792 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \\
 h &= 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \\
 N_A &= 6.0221 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\
 e &= 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\
 F &= 96485 \text{ C mol}^{-1} = 96.485 \text{ kJ V}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\
 m_e &= 9.10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5.48580 \cdot 10^{-4} \text{ u} \\
 m_p &= 1.67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1.00728 \text{ u} \\
 m_n &= 1.67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1.00866 \text{ u} \\
 R &= 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0.083145 \text{ l bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\
 &= 0.082058 \text{ l atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 62.364 \text{ l Torr K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\
 1 \text{ bar} &= 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N m}^{-2} \\
 1 \text{ atm} &= 1.01325 \text{ bar} = 101.325 \text{ kPa} \\
 1 \text{ Torr} &= 1/760 \text{ atm} = 1.333224 \text{ mbar} = 133.3224 \text{ Pa} \\
 1 \text{ \AA} &= 10^{-10} \text{ m} \\
 1 \text{ l} &= 10^{-3} \text{ m}^3 \\
 0 \text{ }^\circ\text{C} &= 273.15 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Ekvivalenta energier

| E/kJ mol ⁻¹ | E/kcal mol ⁻¹ | E/eV | E/J | T/K | vågta/ cm ⁻¹ |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.23901 | 0.010364 | 1.6605 · 10 ⁻²¹ | 120.27 | 83.59 |
| 4.1840 | 1 | 4.3364 · 10 ⁻² | 6.948 · 10 ⁻²¹ | 503.2 | 349.8 |
| 96.49 | 23.061 | 1 | 1.6022 · 10 ⁻¹⁹ | 1.1604 · 10 ⁴ | 8066 |
| 6.022 · 10 ²⁰ | 1.4393 · 10 ²⁰ | 6.242 · 10 ¹⁸ | 1 | 7.243 · 10 ²² | 5.034 · 10 ²² |
| 8.314 · 10 ⁻³ | 1.9872 · 10 ⁻³ | 8.617 · 10 ⁻⁵ | 1.3807 · 10 ⁻²³ | 1 | 0.6950 |
| 1.196 · 10 ⁻² | 2.859 · 10 ⁻³ | 1.240 · 10 ⁻⁴ | 1.986 · 10 ⁻²³ | 1.439 | 1 |

Termodynamiska formler

$$H = U + PV$$

$$G = H - TS$$

$$\Delta U = q + w$$

$$dw = -P_{\text{ex}} dV$$

$$C = q/\Delta T$$

$$\ln(P_2/P_1) = (\Delta H_{\text{vap}}^\circ/R) \cdot (1/T_1 - 1/T_2)$$

$G_i = G_i^\circ + RT \cdot \ln a_i$; ämnet i har aktiviteten $a_i = P_i/P^\circ$ (gaser) eller $[i]/c^\circ$ (ämnen i utspädd lösning) eller x_i (blandningar). För rena kondenserade faser är $a_i = 1$.

$$\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q$$

$$P_i = x_i \cdot P_i(\text{pure}) \text{ (Raoult's lag)}$$

$$s = k_H \cdot P \text{ (Henry's lag)}$$

$$\Delta T_f = i k_f [a], \text{ där } [a] \text{ uttrycks i mol/kg}$$

$$\Delta T_b = i k_b [a], \text{ där } [a] \text{ uttrycks i mol/kg}$$

$$\Pi = iRT \cdot [a], \text{ där } [a] \text{ uttrycks i mol/dm}^3$$

ATOMVIKTER

| | | | |
|-------------|----------|-----------|----------|
| aluminium | 26,98154 | magnesium | 24,305 |
| antimon | 121,75 | mangan | 54,9380 |
| argon | 39,948 | molybden | 95,94 |
| arsenik | 74,9216 | natrium | 22,98977 |
| barium | 137,34 | neodym | 144,24 |
| beryllium | 9,01218 | neon | 20,179 |
| bly | 207,2 | nickel | 58,71 |
| bor | 10,81 | niob | 92,9064 |
| brom | 79,904 | osmium | 190,2 |
| cerium | 140,12 | palladium | 106,4 |
| cesium | 132,9054 | platina | 195,09 |
| dysprosium | 162,50 | praseodym | 140,9077 |
| erbiium | 167,26 | rhenium | 186,2 |
| europium | 151,96 | rodium | 102,9055 |
| fluor | 18,99840 | rubidium | 85,4678 |
| fosfor | 30,97376 | rutenium | 101,07 |
| gadolinium | 157,25 | samarium | 150,4 |
| gallium | 69,72 | selen | 78,96 |
| germanium | 72,59 | silver | 107,868 |
| guld | 196,9665 | skandium | 44,9559 |
| hafnium | 178,49 | strontium | 87,62 |
| helium | 4,00260 | svavel | 32,06 |
| holmium | 164,9304 | syre | 15,9994 |
| indium | 114,82 | tallium | 204,37 |
| iridium | 192,22 | tantal | 180,9479 |
| jod | 126,9045 | tellur | 127,60 |
| järn | 55,847 | tenn | 118,69 |
| kadmium | 112,40 | terbium | 158,9254 |
| kalций | 40,08 | titan | 47,90 |
| kalium | 39,098 | torium | 232,0381 |
| kisel | 28,086 | tulium | 168,9342 |
| klor | 35,453 | uran | 238,029 |
| kobolt | 58,9332 | vanadin | 50,9414 |
| kol | 12,011 | vismut | 208,9804 |
| koppar | 63,546 | volfram | 183,85 |
| krom | 51,996 | väte | 1,0079 |
| krypton | 83,80 | xenon | 131,30 |
| kvicksilver | 200,59 | ytterbium | 173,04 |
| kväve | 14,0067 | yttrium | 88,9059 |
| lantan | 138,9055 | zink | 65,38 |
| litium | 6,941 | zirkonium | 91,22 |
| lutetium | 174,9 | | |