

Dansk KemiolympiadeKomite

# Dansk Kemiolympiade 2007

## 2. runde i København 19. januar 2007

### Uofficiel Facitliste

**Skriv dit OL- nr. på alle de efterfølgende sider  
– inden du begynder at se på opgaverne**

**Du skal kun regne en af opgaverne 18 og 19 (vælg selv)**

**Hjælpemidler: Lommeregner, DATABOG, fysik-kemi, Kemisk Formelsamling eller Formelsamling KEMI.**

Opgavernes antal og mængden af arbejde er gjort så stor, at du er tvunget til at udvælge og prioritere. Dette er gjort for at situationen skal minde så meget som muligt om forholdene under den Internationale Kemiolympiade (IChO), hvor det drejer sig om at finde de bedste blandt eliten af kemielever på jeres alder i hele verden. Husk på, at du er med i dag fordi du hører til blandt de bedste af alle danske kemielever. Bliv derfor ikke skuffet, når du løber ind i vanskeligheder med disse opgaver.

Det er angivet, hvor mange point de enkelte spørgsmål giver for korrekt besvarelse. Det er ikke en eksamen eller prøve, der ender med en karakter. Formålet er udelukkende at finde de bedste af jer som deltagere i to Kemi-Camp's samt endelige deltagere i den **39. IChO i Rusland**.

**SMÅ OPGAVER** (*multiple choice*)**OPGAVE 1** (5 point)

Magnetit har formelen  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Det består af jern(II)oxid og jern(III)oxid. I hvilket forhold findes jern(II) ioner og jern(III) ioner i magnetit?

- (a) 1:1
- (b) 1:2
- (c) 2:3
- (d) 3:2

**OPGAVE 2** (5 point)

Hvad er den totale masse af produkterne, hvis 2,20 g propan afbrændes i overskud af dioxygen? (Reaktionsskema:  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ )

- (a) 2,20 g
- (b) 3,60 g
- (c) 6,60 g
- (d) 10,2 g

**OPGAVE 3** (5 point)

Hvilket rumfang af koncentreret svovlsyre (18 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) skal der bruges for at fremstille 2,50 L 1,00 M fortyndet svovlsyre opløsning?

- (a) 7,20 mL
- (b) 14,4 mL
- (c) 69,4 mL
- (d) 139 mL

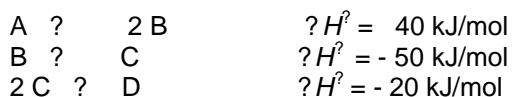
**OPGAVE 4** (5 point)

I en forbindelse, der kun indeholder bor og svovl, udgør bor 18,3 masse-%. Hvad er den empiriske formel?

- (a) BS
- (b)  $\text{B}_2\text{S}_3$
- (c)  $\text{B}_3\text{S}_4$
- (d)  $\text{BS}_2$

**OPGAVE 5** (5 point)

Man har følgende tre reaktioner:

Beregn  $? H^{\circ}$  for reaktionen:  $D + A \quad ? \quad 4 C$ 

- (a) - 100 kJ/mol
- (b) - 60 kJ/mol
- (c) - 40 kJ/mol
- (d) 100 kJ/mol

**OPGAVE 6** (5 point)Bromidionerne fra 2,00 g af et bromid forurenset nitratsalt fældes som sølvbromid. Til dette kræves 6,40 mL 0,200 M  $\text{AgNO}_3$  opløsning. Hvad er masse procenten af bromidioner?

- (a) 1,28 %
- (b) 2,56 %
- (c) 5,11 %
- (d) 9,15 %

**OPGAVE 7** (5 point)Sure opløsninger af permanganat,  $\text{MnO}_4^-$ , oxiderer  $(\text{COOH})_2$  til  $\text{CO}_2$  under omdannelse til  $\text{Mn}^{2+}$ . Hvilket volumen 0,0200 M  $\text{KMnO}_4$  kræves for at oxidere 120 mg  $(\text{COOH})_2$ ?

- (a) 13,3 mL
- (b) 26,7 mL
- (c) 53,4 mL
- (d) 66,7 mL

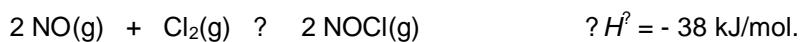
**OPGAVE 8** (5 point)

Hvad er den molare masse af en gas, hvis 10,0 g af den fylder 4,48 L ved 273 K og 101,3 kPa?

- (a) 2,00 g/mol
- (b) 25,0 g/mol
- (c) 50,0 g/mol
- (d) 100 g/mol

**OPGAVE 9** (5 point)

Vi ser på gasfasereaktionen:

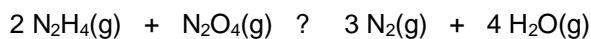


Hvis aktiveringsenergien for reaktionen fra venstre mod højre er 62 kJ/mol, hvad er aktiveringsenergien for den modsatte reaktion?

- (a) 24 kJ/mol
- (b) 38 kJ/mol
- (c) 62 kJ/mol
- (d) 100 kJ/mol

**OPGAVE 10** (5 point)

Vi ser på gasfasereaktionen:



Hvis  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$  forbruges med hastigheden  $0,12 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , med hvilken hastighed dannes  $\text{N}_2(\text{g})$  så?

- (a) 0,080  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- (b) 0,12  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- (c) 0,18  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- (d) 0,36  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

**OPGAVE 11** (5 point)

Hvad er pH i en 0,20 M opløsning af en svag syre HA, ( $K_S = 1,00 \cdot 10^{-6}$  M) der også er 0,40 M med hensyn til NaA?

- (a) 3,15
- (b) 3,35
- (c) 5,70
- (d) 6,30

**OPGAVE 12** (5 point)

Opløselighedsproduktet for  $MgF_2$ ,  $K_o = 6,4 \cdot 10^{-9}$  M<sup>3</sup>

Hvad er  $[Mg^{2+}]$  i en opløsning af 0,10 M NaF mættet med  $MgF_2$ ?

- (a) 0,050 M
- (b)  $1,9 \cdot 10^{-3}$  M
- (c)  $1,2 \cdot 10^{-3}$  M
- (d)  $6,4 \cdot 10^{-7}$  M

**OPGAVE 13** (5 point)

For hvilket stof findes der to stereoisomere?

- (a) 1,1-dichlorethan
- (b) 1,1-dichlorethen
- (c) 1,2-dichlorethan
- (d) 1,2-dichlorethen

**STØRRE OPGAVER****OPGAVE 14****Syre-base**

Phosphorsyre er en triprot syre (trivalent syre)

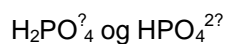
- a) Opskriv reaktionsbrøken for protolyse af phosphorsyre,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  og beregn pH i 1,5 M opløsning af  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . (10 point)

$$K_s = ([\text{H}^+] \cdot [\text{H}_2\text{PO}_4^-] / [\text{H}_3\text{PO}_4])$$

$$7,59 \cdot 10^{-3} = x^2/1,5 \Rightarrow x = 0,107 \text{ eller } \text{pH} = 0,97$$

En puffer opløsning med  $\text{pH} = 7,00$  ønskes fremstillet

- b) Hvilke ioner indgår i pufferen og i hvilket forhold (10 point)



$$6,17 \cdot 10^{-8} = 1,00 \cdot 10^{-7} \cdot ([\text{HPO}_4^{2-}] / [\text{H}_2\text{PO}_4^-]) \Rightarrow [\text{HPO}_4^{2-}] / [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,617:1$$

50,0 ml af pufferen fra b), hvor den mest forekomne ion har den molære koncentration 0,1 M tilsættes 2,0 mmol NaOH.

- c) Beregn pH i den fremkomne opløsning. (10 point)

	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	OH <sup>-</sup>	$\text{HPO}_4^{2-}$
Start	0,0050	0,0020	$0,0050 \cdot 0,617 = 0,003085$
Ændring	-0,0020	-0,0020	+0,0020
Slut	0,0030	~ 0,00	0,005085

$$\text{pH} = 7,21 + \log(0,005085 / 0,0030) = 7,44$$

100 mL af den oprindelige opløsning i a) tilsættes 300 mmol NaOH

d) Beregn pH i den dannede opløsning (10 point)

Den altdominerende ion er  $\text{HPO}_4^{2-}$

Amfolyt opløsning:  $\text{pH} = \frac{1}{2} (7,21 + 12,38) = 9,80$

e) Beregn  $[\text{H}^+]$  i en 0,20 M opløsning af  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (10 point)

$$K_B = \frac{([\text{OH}^-] \cdot [\text{HPO}_4^{2-}])}{[\text{PO}_4^{3-}]}$$

$$2,40 \cdot 10^{-2} = \frac{x^2}{0,2} \Rightarrow x = 0,0693 \text{ eller } \text{pOH} = 1,16 \Rightarrow \text{pH} = 12,84$$

## OPGAVE 15

## Ammoniakproduktion

Vi betragter ammoniaksyntesen:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$

a) Beregn ligevægtskonstanten for reaktionen ved  $400^\circ\text{C}$ . (10 point)

$$\Delta H_m = -92,22 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_m = -199,2 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T \cdot \Delta S_m = 41,87 \text{ kJ/mol}$$

$$K = \exp(-\Delta G_m/RT) = 5,64 \cdot 10^{-4} \text{ bar}^{-2} \text{ (enheden ses af udtrykket for ligevægtskonstanten)}$$

$\text{N}_2(\text{g})$  og  $\text{H}_2(\text{g})$  er fra begyndelsen tilsat i stofmængdeforholdet 1:3. Molbrøken af  $\text{NH}_3$  betegnes  $x$  og molbrøkerne af reaktanterne betegnes  $x_{\text{N}_2}$  hhv.  $x_{\text{H}_2}$ . Bemærk at der til enhver tid gælder  $x + x_{\text{N}_2} + x_{\text{H}_2} = 1$ .

b) Opskriv udtryk for  $x_{\text{N}_2}$  og  $x_{\text{H}_2}$  som funktion af  $x$ . (10 point)

$$x_{\text{N}_2} = (1-x)/4$$

$$x_{\text{H}_2} = 3(1-x)/4$$

c) Angiv et udtryk for  $x$ , hvori ligevægtskonstanten  $K$  og trykket  $p$  indgår på højre side. Løsningen må gerne have form af en andengradsligning. (10 point)

$$K = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}^3} = \frac{(x \cdot P)^2}{(x_{\text{N}_2} \cdot P) \cdot (x_{\text{H}_2} \cdot P)^3} = \frac{4^4}{3^3 P^2} \cdot \frac{x^2}{(1-x)^4} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{x}{(1-x)^2} = \pm A,$$

hvor  $A = \sqrt{27K} \cdot \frac{P}{16}$ . Idet  $A > 0$  og  $x > 0$ , kan den negative løsning elimineres. Dvs.

$$\frac{x}{(1-x)^2} = A \text{ eller } x = \frac{1 + 2A \pm \sqrt{1 + 4A}}{2A}.$$

d) Beregn  $x$  ved  $p = 1000$  bar og  $T = 400^\circ\text{C}$ . (10 point)

$$A = 7,713$$

$$x = 0,699 \text{ (kun den ene løsning giver } 0 < x < 1)$$

Slettet: 0

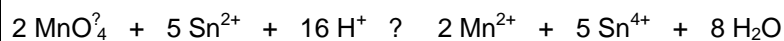
e) Hvilke faktorer afgør valget af tryk og temperatur for en industriel ammoniaksyntese? (10 point)

Molbrøken af produktet,  $x$ , er størst ved lav temperatur og højt tryk. Ud fra en termodynamisk betragtning er dette altså de bedste vilkår. *Konstruktionsmaterialerne* (stål, evt. Inconel) sætter dog en grænse for hvor højt tryk, der kan anvendes. *Reaktionshastigheden* vokser med stigende temperatur, så produktionen vil være gavnet af en høj temperatur og/eller en *heterogen katalysator*. De bedste katalysatorer tillader dog næppe temperaturer under  $400^\circ\text{C}$ . I sidste ende er det *prisen* på anlægget og driften, der er afgørende. Stål og pumper til højt tryk og høj temperatur er meget omkostningsrige.

**OPGAVE 16**

Et stykke af en legering af tin og bismuth med massen 0,472 g opløses i overskud af svovlsyre, hvorved der dannes tin(II) ioner og bismuth(III) ioner. Opløsningen fortyndes til 100 mL i en målekolbe og der udtages portioner på 25,00 mL, som titreres med en opløsning af 0,0107 M  $\text{KMnO}_4$ . Under reaktionen dannes der tin(IV) ioner og mangan(II) ioner, der sker intet med bismuth(III) ionerne under titreringen.

a) Opskriv og afstem reaktionsskemaet for ovennævnte reaktion (10 point)



Der anvendes i gennemsnit 15,61 mL  $\text{KMnO}_4$  opløsning til hver titrering.

b) Beregn stofmængden af anvendt  $\text{MnO}_4^{2-}$  ioner (10 point)

$$15,61 \text{ mL} \cdot 0,0107 \text{ M} = 0,1669 \text{ mmol}$$

c) Hvordan kan vide at man er kommet til ækvivalenspunktet? (10 point)

Væsken får en blivende svag pink(violet) farve.

d) Beregn massen af tin i det anvendte stykke legering (10 point)

$$0,1669 \text{ mmol} \cdot 5/2 \cdot 118,7 \text{ mg/mmol} = 49,53 \text{ mg} \Rightarrow 4 \cdot 49,53 \text{ mg} = 198 \text{ mg}$$

Hvad sker der i hvert af nedenstående tilfælde med den fundne masse af tin

e) (sæt et kryds): (10 point)

**HVIS:**

Der i løbet af titreringen dannes  $\text{MnO}_2$  i stedet for  $\text{Mn}^{2+}$  ioner pga. en stigning i pH

Den bliver større  Den bliver mindre  Den forbliver den samme

Målekolben var fyldt over stregen (mere end 100 mL) men der regnes stadig med 100 mL.

Den bliver større  Den bliver mindre  Den forbliver den samme

Det oprindelige stykke legering var dækket af et oxid.

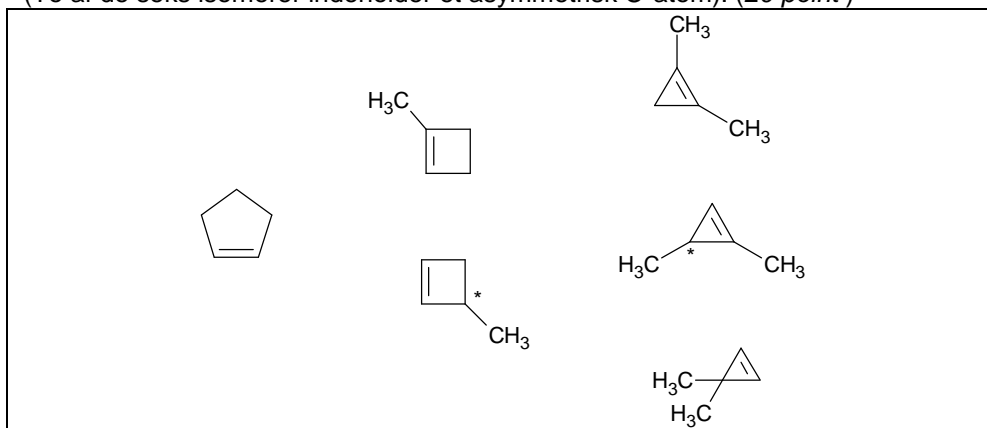
Den bliver større  Den bliver mindre  Den forbliver den samme

## OPGAVE 17

Der findes mange forskellige strukturisomere stoffer med molekylformlen  $C_5H_8$ . Men der findes kun seks stoffer, som er cycliske alkener med en dobbeltbinding i ringen, og som ikke indeholder en ethylgruppe. (Hvis man ser bort fra enantiomerer.)

Slettet: )

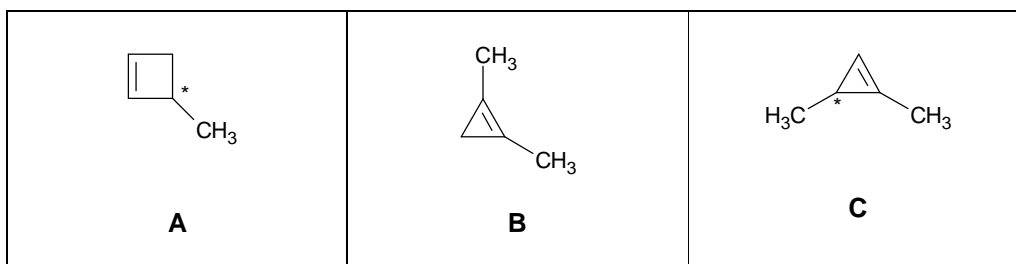
- a) Opskriv strukturformlerne for de seks stoffer med molekylformlen  $C_5H_8$ . (To af de seks isomerer indeholder et asymmetrisk C-atom). (20 point)



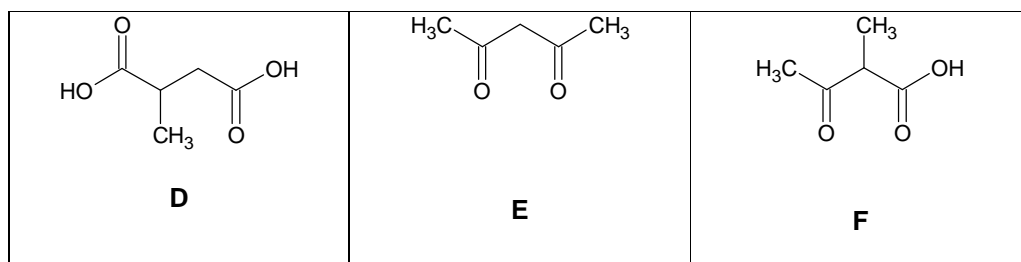
Tre reagensglas (mærket stof **A**, stof **B** og stof **C**) indeholder hver én af disse seks mulige stoffer. Til hvert glas tilsættes en opløsning af oxidationsmidlet  $KMnO_4$  under sure betingelser. Under disse betingelser vil dobbeltbindingen brydes. Der dannes stofferne **D**, **E** og **F** med følgende egenskaber:

- Stof **A** giver en dicarboxylsyre (**D**) som indeholder et asymmetrisk C-atom.
- Stof **B** danner en diketon (**E**) som ikke indeholder et asymmetrisk C-atom.
- Stof **C** danner stoffet **F**, som indeholder både en carboxylsyre og en keto-gruppe, og som desuden indeholder et asymmetrisk C-atom.

- b) Angiv hvilke af de seks isomerer, der er mærket **A**, **B** og **C**. (10 point)



c) Opskriv strukturformlerne for produkterne **D**, **E** og **F**. (10 point)



**Du skal kun regne en af opgaverne 18 og 19 (vælg selv)****OPGAVE 18**

Et stof **A** indeholder 45,3% C og 6,60% H samt halogen og oxygen. MS-spektret har to toppe ved masserne 106 og 108 i forholdet 3:1. **A** giver et rødbrunt bundfald ved tilsætning af en opløsning af 2,4-dinitrofenylhydrazin (2,4-D).

a) Giv en forklaring på de to toppe i MS-spektret, og bestem halogenet. (10 point)

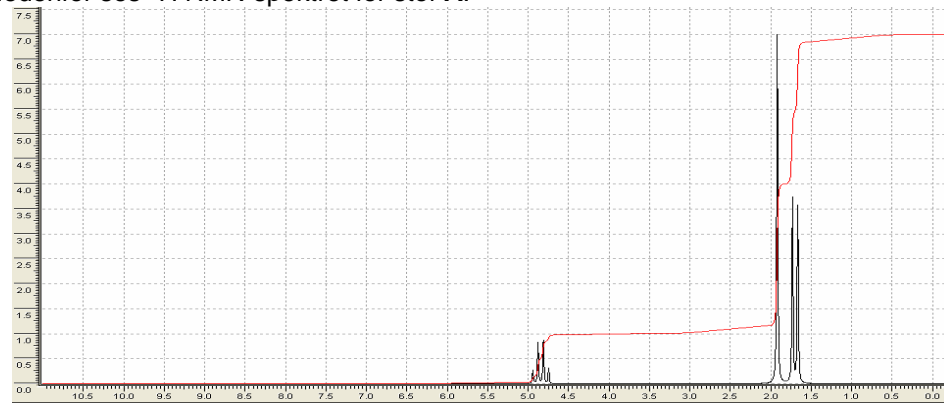
De to toppe skyldes isotoper af chlor i forholdet 3:1.

Altså indeholder **A** halogenet chlor.

b) Bestem molekylformlen for **A**. (10 point)

$C_4H_7OCl$

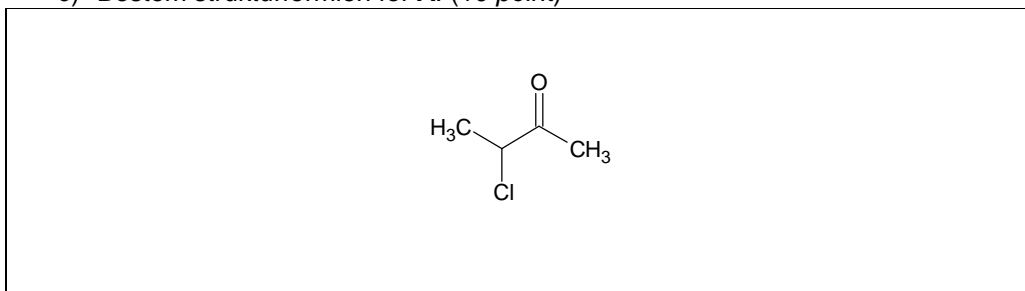
Nedenfor ses  $^1H$  NMR-spektret for stof **A**.



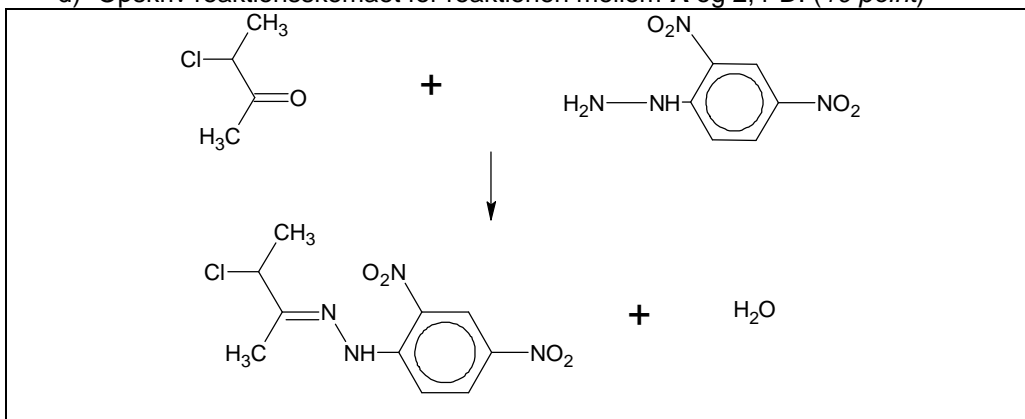
$^1H$  NMR-spektrum for stof **A**.

$\delta$  /ppm

c) Bestem strukturformlen for **A**. (10 point)

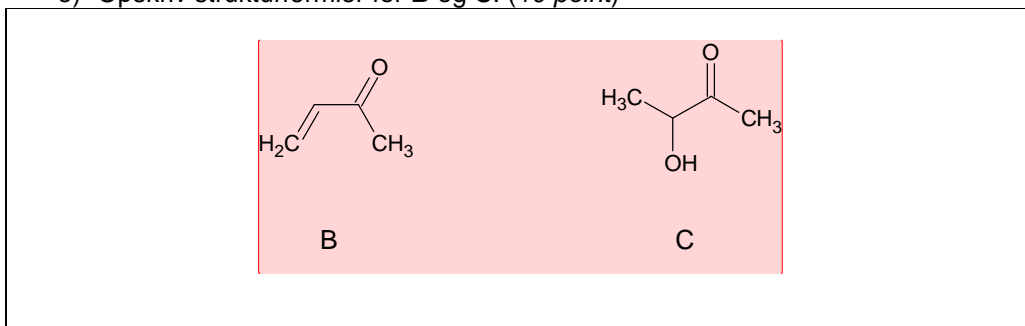


d) Opskriv reaktionsskemaet for reaktionen mellem **A** og 2,4-D. (10 point)



Stof **A** tilsættes en opløsning af natriumhydroxid og der dannes to nye stoffer. Stof **B** dannes ved elimination og stof **C** ved substitution.

e) Opskriv strukturformler for **B** og **C**. (10 point)

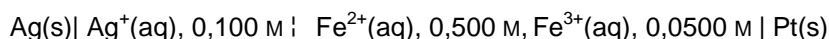


## OPGAVE 19

Et element opbygges af: en sølvstang anbragt i 100 mL 0,100 M  $\text{AgNO}_3$ -opløsning i et bægerglas og en platinstang (inaktiv elektrode) i 100 mL opløsning med både  $[\text{Fe}^{2+}]$  og  $[\text{Fe}^{3+}] = 0,0500 \text{ M}$  i et andet bægerglas. De to opløsninger forbindes med en saltbro. Temperaturen er  $25^\circ\text{C}$  under hele eksperimentet

Slettet:

- a) Tegn cellediagrammet for elementet og beregn  $e_0$  for sølv halvcellen (10 point)

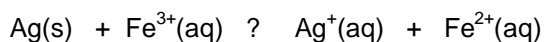


$$e_0(\text{Ag}^+) = 800 \text{ mV} + 59,2 \text{ mV} \cdot \log[\text{Ag}^+] = 800 \text{ mV} + (-59,2 \text{ mV}) = 740,8 \text{ mV}$$

- b) Beregn  $U_0$  for elementet og opskriv den strømgivende reaktion.. (10 point)

$$e_0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 771 \text{ mV} + 59,2 \text{ mV} \cdot \log[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}] = 771 \text{ mV} + 0 \text{ mV} = 771 \text{ mV}$$

$$U_0 = 771 \text{ mV} - (740,8 \text{ mV}) = 30,2 \text{ mV}$$



Rumfanget øges i begge bægerglas til 200 mL (der tilsættes rent vand).

- c) Beregn elementets nye  $U_0$  (10 point)

$$[\text{Ag}^+] = 0,05 \text{ M}$$

$$e_0(\text{Ag}^+) = 800 \text{ mV} + 59,2 \text{ mV} \cdot \log[\text{Ag}^+] = 800 \text{ mV} + (-77 \text{ mV}) = 723 \text{ mV}$$

$$e_0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 771 \text{ mV} + 59,2 \text{ mV} \cdot \log[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}] = 771 \text{ mV} + 0 \text{ mV} = 771 \text{ mV}$$

$$U_0 = 771 \text{ mV} - (723 \text{ mV}) = 48 \text{ mV}$$

Hvis den strømgivende reaktion får lov at forløbe til ende, vil der indstille sig en ligevægt.

d) Beregn ligevægtskonstanten for denne ligevægt (10 point)

$$K = 10^{(z \cdot U_0 / 59,2 \text{ mV})} \quad U_0 = 800 \text{ mV} - 771 \text{ mV} = 29 \text{ mV}$$

$$K = 10^{(29/59,2)} = 3,01 \text{ M}^{-1}$$

e) Beregn  $[Ag^+]$  og  $[Fe^{2+}]$  ved ligevægt (10 point)

Slettet:

	Ag(s)	+ Fe <sup>3+</sup> (aq)	? Ag <sup>+</sup> (aq)	+ Fe <sup>2+</sup> (aq)
Før		0,0500	0,100	0,0500
Ligevægt		0,0500 - x	0,100+x	0,0500+x
3,01 = (0,100+x)•(0,0500+x)/(0,0500-x) => x = 0,0455				
Ligevægt		0,0045 M	0,1455 M	0,0955 M