

Dansk KemiolympiadeKomite

# Facitliste

## Dansk Kemiolympiade 2006 2. runde i København 20. januar 2006

**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 som endelige deltagere i den **38. IChO i Korea**.

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

Hvilken opløsning af de nedenstående forbindelser giver et sort bundfald, når det tilsættes til en opløsning, der indeholder  $\text{Cu}^{2+}$ -ioner?

- (a)  $\text{NH}_3$  ☐
- (b)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ☒
- (c)  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ☐
- (d)  $\text{NaOH}$  ☐

**OPGAVE 2** (5 point )

Hvilket oxid er det bedste reduktionsmiddel?

- (a)  $\text{CO}_2$  ☐
- (b)  $\text{NO}_2$  ☐
- (c)  $\text{SiO}_2$  ☐
- (d)  $\text{SO}_2$  ☒

**OPGAVE 3** (5 point )

Methylamin,  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ , reagerer med  $\text{O}_2$  og danner  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  og  $\text{H}_2\text{O}$ . Hvor stor er den ækvivalente stofmængde  $\text{O}_2$  til 1,00 mol  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ?

- (a) 2,25 mol  $\text{O}_2$  ☒
- (b) 2,50 mol  $\text{O}_2$  ☐
- (c) 3,00 mol  $\text{O}_2$  ☐
- (d) 4,50 mol  $\text{O}_2$  ☐

**OPGAVE 4** (5 point )

I et mineral, der kun indeholder mangan og oxygen, udgør mangan 69,6 masse-%. Hvad er den empiriske formel?

- (a)  $\text{MnO}$  ☐
- (b)  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  ☒
- (c)  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  ☐
- (d)  $\text{MnO}_2$  ☐

**OPGAVE 5 (5 point)**

Diiod,  $I_2$ , kan adderes til dobbeltbindinger i fedtsyrer (et diiodmolekyle pr. dobbeltbinding). Hvor mange dobbeltbindinger er der i et molekyle arachidonsyre ( $M = 304,5$  g/mol), hvis 0,125 g af syren reagerer med 0,417 g diiod?

- (a) 2 ☐
- (b) 3 ☐
- (c) 4 ☒
- (d) 8 ☐

**OPGAVE 6 (5 point)**

Toluen,  $C_7H_8$ , tilsættes benzin for at øge oktantallet. Hvilket rumfangsforhold skal der være mellem luft og toluen, for at toluen forbrændes fuldstændigt til  $CO_2$  og  $H_2O$ ? (Antag, at luft indeholder 20 vol-%  $O_2$ ).

- (a) 9/1 ☐
- (b) 11/1 ☐
- (c) 28/1 ☐
- (d) 45/1 ☒

**OPGAVE 7 (5 point)**

Sure opløsninger af dichromat,  $Cr_2O_7^{2-}$ , oxiderer  $Fe^{2+}$  til  $Fe^{3+}$  under omdannelse til  $Cr^{3+}$ . Hvilket volumen 0,175 M  $K_2Cr_2O_7$  kræves for at oxidere 60,0 mL 0,250 M  $FeSO_4$ ?

- (a) 14,3 mL ☒
- (b) 28,6 mL ☐
- (c) 42,9 mL ☐
- (d) 85,7 mL ☐

**OPGAVE 8 (5 point)**

Hvilken egenskab er ens for 1,0 g  $H_2(g)$  og 1,0 g  $CH_4$  i hver sin beholder med et volumen på 1,0 L og ved temperaturen 25 °C?

- (a) Trykket ☐
- (b) Antal molekyler ☐
- (c) Molekylernes gennemsnitlige hastighed ☐
- (d) Molekylernes gennemsnitlige kinetiske energi ☒

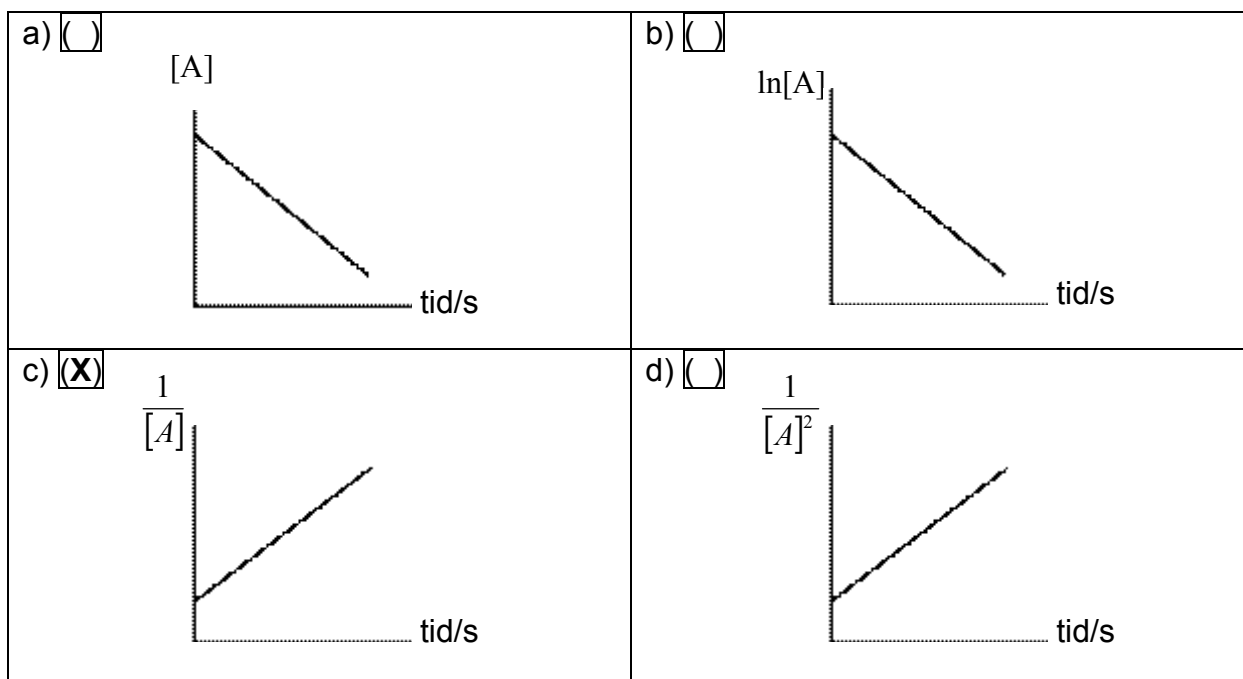
**OPGAVE 9** (5 point)

Reaktionen  $A \rightarrow B$ , som er af 1. orden med hensyn til A, Hvilke af følgende størrelser ænders, når koncentrationen af A ændres?

- (a) Reaktionshastigheden ☒
- (b) Halveringstiden ☐
- (c) Hastighedskonstanten og halveringstiden ☐
- (d) Både reaktionshastighed, hastighedskonstant og halveringstid ☐

**OPGAVE 10** (5 point)

Hvilken graf gengiver en irreversibel reaktion,  $A \rightarrow B$ , som er af 2.orden med hensyn til A?

**OPGAVE 11** (5 point)

Hvad er pH i en 0,010 M opløsning af en svag syre HA, hvor protolysegraden er 4 %?

- (a) 0,60 ☐
- (b) 0,80 ☐
- (c) 2,80 ☐
- (d) 3,40 ☒

**OPGAVE 12** (5 point )

For reaktionen:

 $\text{PbI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{I}^{-}(\text{aq})$  er opløselighedsproduktet,  $K_o = 8,4 \cdot 10^{-9} \text{ M}^3$ Hvad er koncentrationen af  $\text{Pb}^{2+}$  i en mættet opløsning af blyiodid, hvor  $[\text{I}^{-}] = 0,01 \text{ M}$ ?

- (a)  $8,4 \cdot 10^{-7} \text{ M}$  ☐
- (b)  $8,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  ☒
- (c)  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$  ☐
- (d)  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$  ☐

**OPGAVE 13** (5 point )

For hvilket stof findes der to optisk aktive isomere?

- (a) 1,2-dichlorethen ☐
- (b) 1,4-dichlorbenzen ☐
- (c) bromchlormethan ☐
- (d) 2-chlorbutan ☒

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

Til at indstille (bestemme koncentrationen af) en opløsning af natriumhydroxid anvendes kaliumhydrogenphthalat, som er et salt af phtalsyre (1,2-benzendisyre).

Der titreres til rødt omslag med phenolphthalein som indikator.

Der afvejes 0,4084 g kaliumhydrogenphthalat, der opløses i vand til et rumfang på 25,00 mL.

a) Bestem stofmængdekonzentrationen af kaliumhydrogenphthalat. (10 point)

$$c = 0,4084 \text{ g} / 204,22 \text{ g/mol} / 0,025 \text{ L} = 0,07999 \text{ mol/L}$$

b) Beregn pH i opløsningen. (10 point)

Amfolyt       $\text{pH} = \frac{1}{2}(2,95 + 5,41) = 4,18$

Til titreringen anvendes 19,51 mL natriumhydroxid-opløsning.

c) Bestem stofmængdekonzentrationen af natriumhydroxid. (10 point)

$$c(\text{NaOH}) = 0,002000 / 0,01951 = 0,1025 \text{ M}$$

- d) Beregn pH i opløsningen når halvdelen af natriumhydroxid-opløsningen er tilsat. (10 point)

Puffer (50/50) => pH = 5,41

- e) Beregn pH i opløsningen når al natriumhydroxid-opløsningen er tilsat. (10 point)

Svag syre =>  $\text{pOH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_{\text{B}} - \log c_{\text{B}}) = 4,97$  => pH = 9,03

## OPGAVE 15

### Ligevægt og termodynamik

Halogener danner indbyrdes en række mere eller mindre stabile forbindelser. En af disse er bromchlorid, BrCl, som dekomponerer ved 500 °C til de rene dihalogenmolekyler.

- a) Opskriv reaktionsskemaet for dekomponeringen. (10 point)



Ligevægtskonstanten ved 500 °C for reaktionen er  $K_{\text{c}} = 32$ .

I en beholder gælder fra start ved 500 °C følgende:  $[\text{BrCl}] = [\text{Br}_2] = [\text{Cl}_2] = 0,25 \text{ mol/L}$ .

- b) Vis ved beregning at systemet ikke er i ligevægt til start ved 500 °C. (10 point)

$$Y = \frac{0,25M \cdot 0,25M}{(0,25M)^2} = 1 < K_{\text{c}}$$

- c) I hvilken retning vil reaktionen forløbe ved 500 °C. (10 point)

Mod højre – Y skal vokse for at nå  $K_c$

- d) Beregn de aktuelle koncentrationer af BrCl, Cl<sub>2</sub> og Br<sub>2</sub> når systemet er i ligevægt ved 500 °C. (10 point)

$$32 = \frac{(0,25 + x) \cdot (0,25 + x)}{(0,25 - 2x)^2} \quad x = 0,113 \quad (x = 0,135 \text{ kan ikke anvendes})$$

$$[\text{BrCl}] = 0,024 \text{ mol/L} \quad \text{og} \quad [\text{Cl}_2] = [\text{Br}_2] = 0,36 \text{ mol/L}$$

- e) Beregn  $\Delta G$  for reaktionen ved startbetingelserne ved 500 °C (10 point)

$$\begin{aligned} \Delta G &= \Delta G^\ominus + R \cdot T \cdot \ln(Y) = -R \cdot T \cdot \ln(K) + R \cdot T \cdot \ln(Y) = R \cdot T \cdot (-\ln(32) + \ln(1)) \\ &= -22,3 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

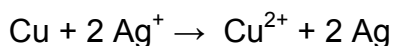
**OPGAVE 16****Uorganisk kemi**

En prøve med massen 25,00 g indeholder en blanding af NaCl og KCl. Prøven opløses i vand og tilsættes 840 mL 0,500 M AgNO<sub>3</sub>. Der dannes bundfaldet som filtreres fra. I filtratet anbringes et stykke rent kobber med massen 100 g. Efter endt reaktion (mellem kobber og sølvioner) bestemmes massen af der resterende kobber og det dannede sølv til 101,52 g.

- a) Bestem stofmængden af sølvioner. (10 point)

$$n = 420 \text{ mmol}$$

- b) Opskriv et afstemt reaktionsskema for reaktionen mellem kobber og sølvioner. (10 point)



- c) Bestem stofmængden af de sølvioner, der omdannes til frit sølv og bestem den samlede stofmængde af chloridioner. (10 point)

$$1,52 = n(2 \cdot 108 - 63) \Rightarrow 2 n = 19,9 \text{ mmol og } n(\text{Cl}^-) = 400,1 \text{ mmol}$$

- d) Opstil de to ligninger der knytter  $m(\text{NaCl})$  og  $m(\text{KCl})$  sammen. (10 point)

$$m(\text{NaCl})/M(\text{NaCl}) + m(\text{KCl})/M(\text{KCl}) = 0,4001 \text{ og } m(\text{NaCl}) + m(\text{KCl}) = 25,00$$

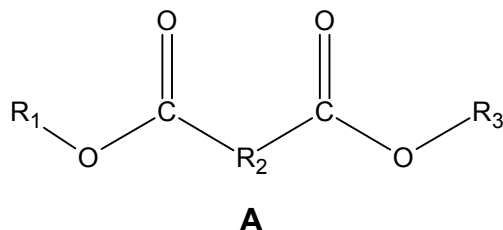
- e) Bestem massen af KCl. (10 point)

$$m(\text{KCl}) = 7,44 \text{ g}$$

## OPGAVE 17

## Identifikation af en ester

2,81 g af en optisk aktiv diester, **A**, bliver forsæbet med 30,00 mL 1,00 M NaOH.



Efter forsæbningen tilbagetitreres overskydende NaOH med 6,00 mL 1,00 M HCl.

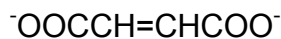
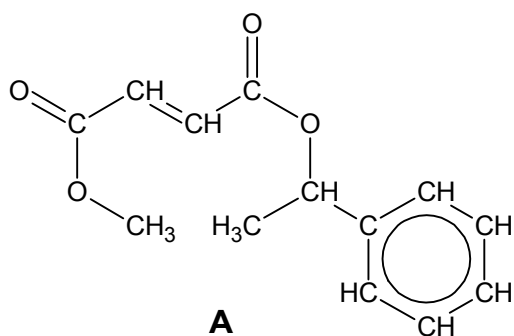
a) Bestem molarmassen af **A**. (10 point)

$$M(A) = \frac{2,81 \text{ g}}{12 \text{ mmol}} = 234 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

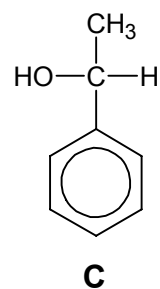
**A** indeholder kun C, H og O. Forsæbningsprodukterne er en optisk inaktiv dicarboxylsyre, **B**, (som dog forekommer på baseform i den basiske opløsning), methanol og en optisk aktiv alkohol **C**.

Det kan endvidere oplyses, at **C** har molekylformlen  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$  og indeholder en phenylgruppe.

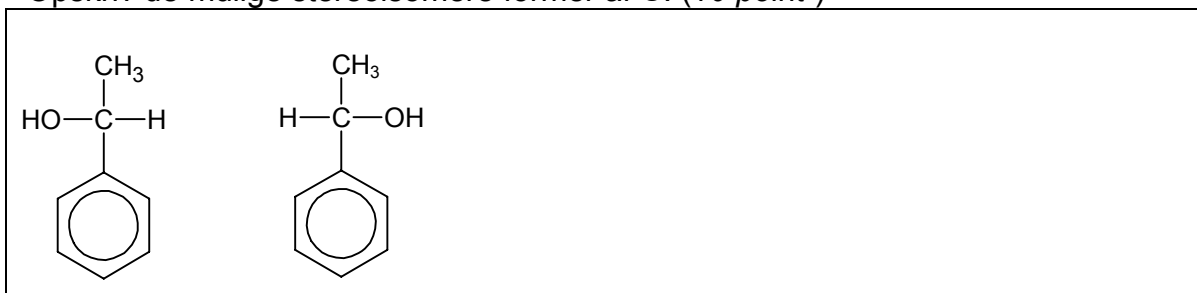
b) Opskriv strukturformlerne for **A**, **B** og **C** uden angivelse af stereoisomeri. (10 point)



**B**

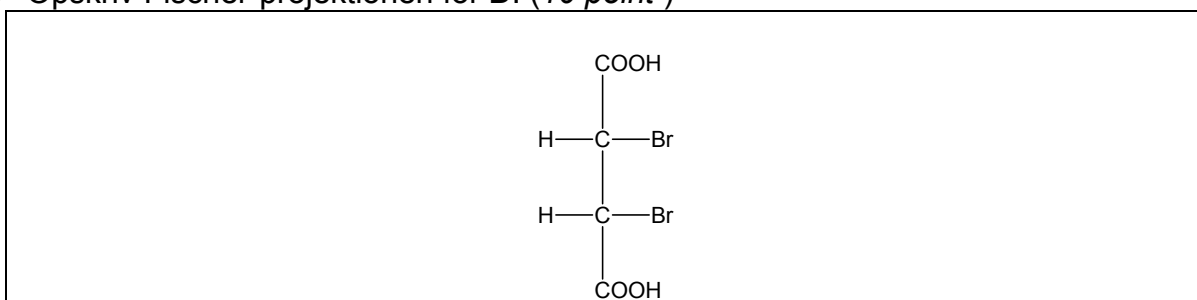


c) Opskriv de mulige stereoisomere former af **C**. (10 point)

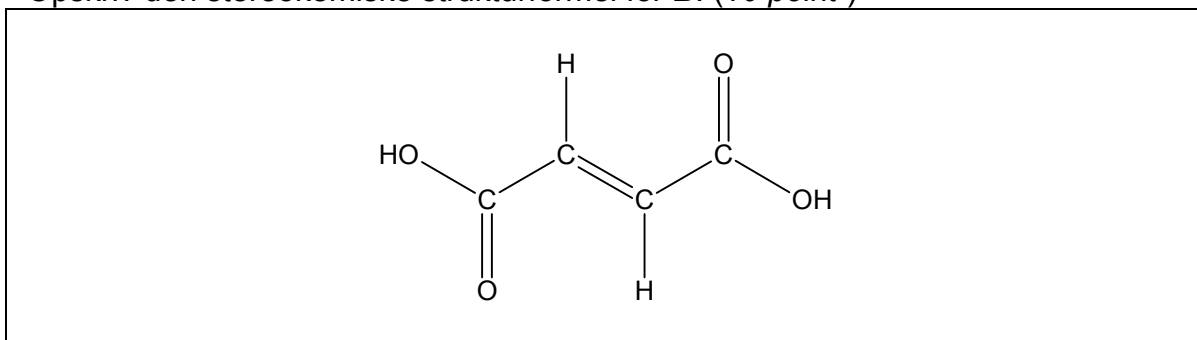


**B** kan addere  $\text{Br}_2$  og give et optisk inaktivt produkt, **D**.

d) Opskriv Fischer-projektionen for **D**. (10 point)

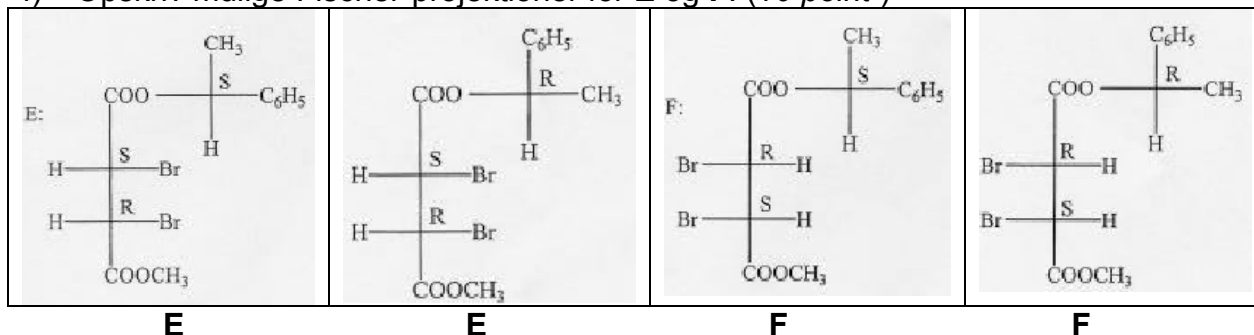


e) Opskriv den stereokemiske strukturformel for **B**. (10 point)



Diesteren **A** kan addere  $\text{Br}_2$  og give en blanding af to optisk aktive forbindelser **E** og **F**.

f) Opskriv mulige Fischer-projektioner for **E** og **F**. (10 point)



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

En elementaranalyse af et stof **A** giver følgende resultat:

C: 64,8 %; H: 13,6 %; O: 21,6 %.

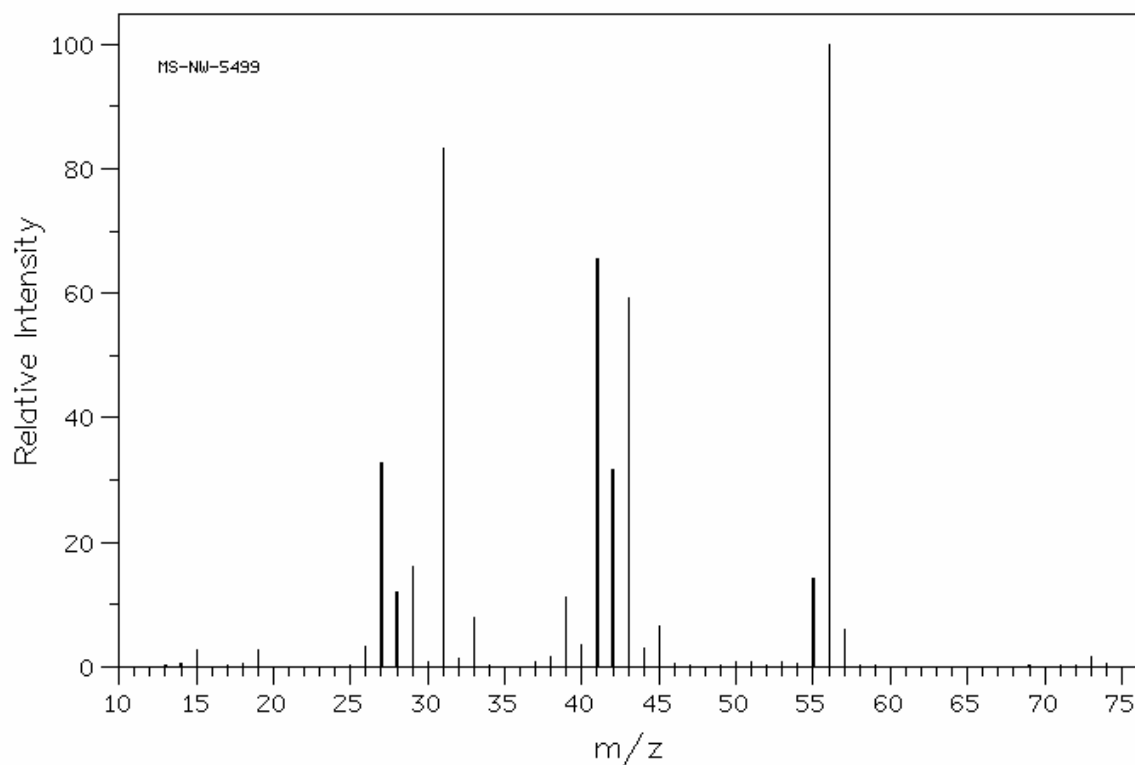
a) Beregn den empiriske formel for **A**. (10 point)

C: 5,396 mol      4 : 10 : 1      C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O

H: 13,456 mol

O: 1,35 mol

Med henblik på at finde frem til molekylformlen optages et massespektrum (MS) for **A**:



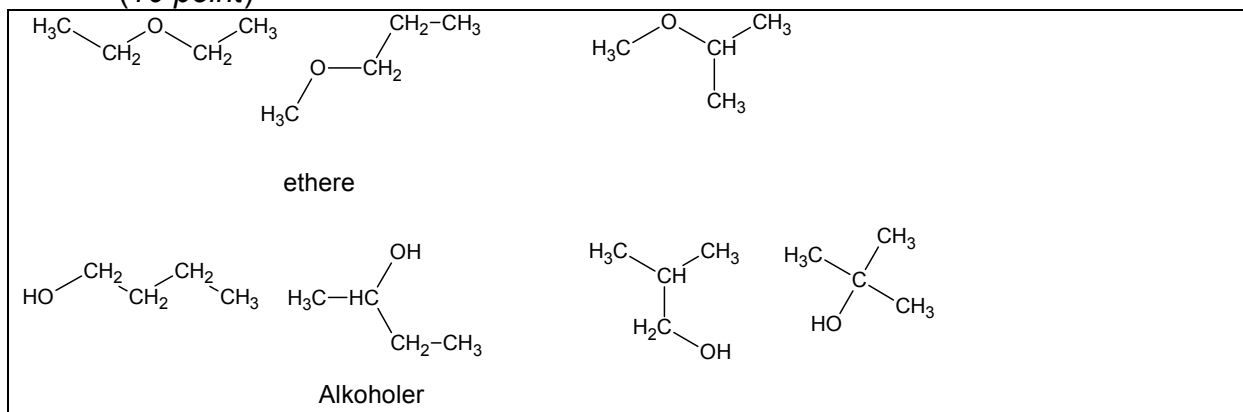
Massespektrum for **A**. (Molekylarionen kan **ikke** ses i MS-spektret)

- b) Opskriv molekylformlen for **A**, idet du argumenterer ud fra MS-spektret. Bemærk, at molekylarionen **ikke** kan ses i MS-spektret. (10 point)

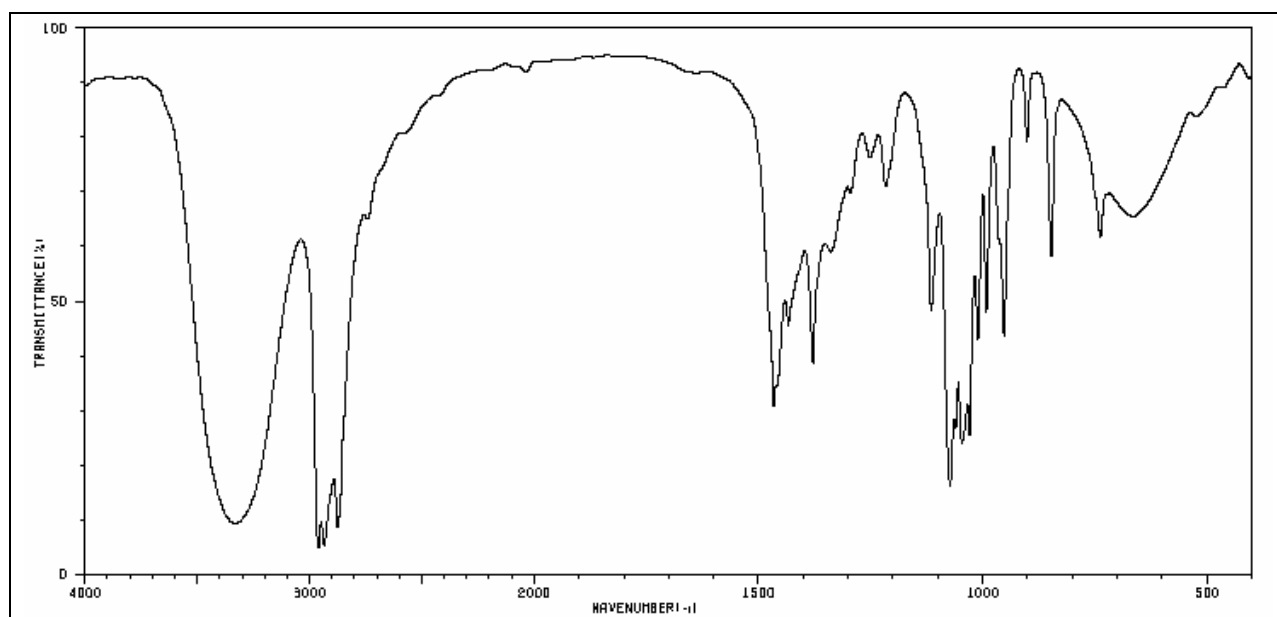
$M(C_4H_{10}O) = 74$  g/mol Molekylarionen kan ikke være derover altså:  $C_4H_{10}O$

Stof **A** kan indeholde to forskellige funktionelle grupper.

- c) Opskriv molekylformler for **A**, som indeholder forskellige funktionelle grupper. (10 point)



IR spektret for **A** ses nedenfor.



IR-spektrum for **A**

- d) Bestem den funktionelle gruppe i **A** ud fra IR-spektret, idet du argumenterer ud fra absorptionsbånd over  $1500\text{ cm}^{-1}$ . (10 point)

Tydeligt bånd for OH-strækning ved  $3200\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ .  
CH-stræk lige under  $3000\text{ cm}^{-1}$  ( $\text{sp}^3$ ) -ingen dobbeltbindinger.

Altså en alkohol.

For at bestemme den endelige struktur optages et  $^1\text{H}$  NMR-spektrum for **A**:



$^1\text{H}$  NMR-spektrum for **A**.

- e) Opskriv strukturformel og navn for **A**, idet du argumenterer ud fra integralkurve, kemiske skift og koblingsmønstre. (10 point)

| Top | Antal H | Antal naboer | Kemisk skift | Gruppe                               | Tabel   |
|-----|---------|--------------|--------------|--------------------------------------|---------|
| a   | 3       | 2            | 0,75         | $\text{CH}_3\text{--C}$              | 0,9     |
| b   | 2       | 5            | 1,1          | $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--C}$ | 1,1     |
| c   | 2       | 4            | 1,35         | $\text{C--CH}_2\text{--C}$           | 1,4     |
| d   | 1       | 0            | 3,7          | O-H                                  | 0,5-4,5 |
| e   | 2       | 2            | 3,8          | $\text{--CH}_2\text{--OH}$           | 3,6     |

**Butan-1-ol**

**OPGAVE 19****Elektrokemi**

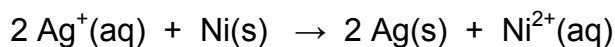
Et element opbygges af en sølvstang anbragt i 100 mL 0,200 M AgNO<sub>3</sub>-opløsning i et bægerglas og en nikkelstang i 100 mL 0,090 M Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-opløsning. De to opløsninger forbindes med en saltbro. Temperaturen er 25 °C under hele eksperimentet.

a) Tegn cellediagrammet for elementet. (10 point)



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

$$U_o = 759 \text{ mV} - (-288 \text{ mV}) = 1047 \text{ mV}$$



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

c) Beregn elementets nye  $U_o$ . (10 point)

$$U_o = 741 \text{ mV} - (-297 \text{ mV}) = 1038 \text{ mV}$$

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

d) Beregn ligevægtskonstanten for denne ligevægt. (10 point)

$$K = 10^{(2 \cdot 1057/59)} = 6,8 \cdot 10^{35} \text{ M}^{-1} \quad (\text{lidt mere præcist: } 6,0 \cdot 10^{35} \text{ m}^{-1})$$

e) Beregn  $[\text{Ni}^{2+}]$  i nikkelhalvcellen. (10 point)

$$[\text{Ni}^{2+}] = (9 + 10) \text{ mmol} / 200 \text{ mL} = 0,095 \text{ M}$$