

Dansk KemiolympiadeKomite

Dansk Kemiolympiade 2009

2. runde i København 16. januar 2009

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

Hjælpemidler: Lommeregner, DATABOG, fysik-kemi, Kemisk Formelsamling og/eller Formelsamling Kemi A.

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.

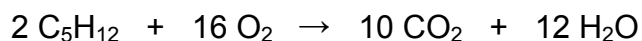
Det er angivet, hvor mange point de enkelte spørgsmål giver for korrekt besvarelse. Det er ikke en eksamen eller prøve, der ender med en karakter. Formålet er udelukkende at finde de bedste af jer som deltagere i to Kemi-Camp's samt endelige deltagere i den **41. IChO** i UK.

SMÅ OPGAVER (*multiple choice*). **NB** kun et kryds i hver opgave.**OPGAVE 1** (5 point)Hvilken af nedenstående forbindelser er mindst opløselig i vand?

- | | | |
|-----|-------------|-------------------------------------|
| (a) | butan-1-ol | ☒ |
| (b) | ethanol | ☐ |
| (c) | methanol | ☐ |
| (d) | propan-1-ol | ☐ |

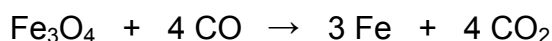
OPGAVE 2 (5 point)

Der dannes 100 L carbondioxid (0,987 bar og 50 °C) ved fuldstændig forbrænding af en portion pentan.



Hvor stor var massen af pentanen?

- | | | |
|-----|--------|-------------------------------------|
| (a) | 342 g | ☐ |
| (b) | 256 g | ☐ |
| (c) | 64,4 g | ☐ |
| (d) | 53,0 g | ☒ |

OPGAVE 3 (5 point)Magnetit, Fe_3O_4 kan reduceres til frit jern med carbonmonoxid efter nedenstående skema:Hvilken masse af Fe_3O_4 skal der anvendes for at opnå 5,0 kg jern, hvis processen har et udbytte på 88 %?

- | | | |
|-----|--------|-------------------------------------|
| (a) | 6,1 kg | ☐ |
| (b) | 6,9 kg | ☐ |
| (c) | 7,9 kg | ☒ |
| (d) | 18 kg | ☐ |

OPGAVE 4 (5 point)

Hvilket udsagn er altid sandt for spontane reaktioner?

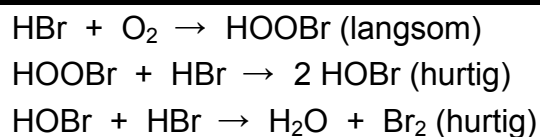
- (a) entropiændringen for systemet er negativ ☐
- (b) entalpiændringen for systemet er negativ ☐
- (c) entropiændringen for Universet er positiv ☒
- (d) ændringen i fri energi er positiv ☐

OPGAVE 5 (5 point)For reaktionen: $X + Y \rightarrow Z$, har man fundet følgende data

$[X] / M$	$[Y] / M$	Reaktionshastighed, $v / M \cdot s^{-1}$
0,10	0,10	0,020
0,10	0,20	0,080
0,30	0,30	0,540

Hvad er hastighedsudtrykket?

- (a) $v = k[X]^2$ ☐
- (b) $v = k[Y]^2$ ☐
- (c) $v = k[X][Y]$ ☐
- (d) $v = k[X][Y]^2$ ☒

OPGAVE 6 (5 point)En mulig mekanisme for reaktionen mellem HBr og O_2 er givet i nedenstående tabel

Hvad er reaktionsskemaet for denne reaktion?

- (a) $HBr + O_2 \rightarrow HOOBr$ ☐
- (b) $2 HBr + O_2 \rightarrow Br_2 + H_2O_2$ ☐
- (c) $4 HBr + O_2 \rightarrow 2 H_2O + 2 Br_2$ ☒
- (d) $2 HOB r \rightarrow 2 H_2O + Br_2$ ☐

OPGAVE 7 (5 point)

Når 2,00 mol af hhv. $\text{H}_2(\text{g})$ og $\text{I}_2(\text{g})$ reagerer i en 1,00 L beholder ved en bestemt temperatur, er der ved ligevægt dannet 3,50 mol HI.

Beregn ligevægtskonstanten K

- | | | |
|-----|------|-------------------------------------|
| (a) | 3,70 | ☐ |
| (b) | 14,0 | ☐ |
| (c) | 56,0 | ☐ |
| (d) | 196 | ☒ |

OPGAVE 8 (5 point)

pH i en mættet opløsning af $\text{Fe}(\text{OH})_2$ er 8,67.

Hvad er opløselighedsproduktet, K_{op} for $\text{Fe}(\text{OH})_2$

- | | | |
|-----|--------------------------------|-------------------------------------|
| (a) | $5 \cdot 10^{-6} \text{ M}^3$ | ☐ |
| (b) | $2 \cdot 10^{-11} \text{ M}^3$ | ☐ |
| (c) | $1 \cdot 10^{-16} \text{ M}^3$ | ☐ |
| (d) | $5 \cdot 10^{-17} \text{ M}^3$ | ☒ |

OPGAVE 9 (5 point)

Hvad er energien af en foton fra en laser, der udsender lys med bølgelængden 632,8 nm?

- | | | |
|-----|---------------------------------|-------------------------------------|
| (a) | $3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ | ☒ |
| (b) | $1,26 \cdot 10^{-31} \text{ J}$ | ☐ |
| (c) | $2,52 \cdot 10^{-33} \text{ J}$ | ☐ |
| (d) | $4,19 \cdot 10^{-40} \text{ J}$ | ☐ |

OPGAVE 10 (5 point)

Hvilken af nedenstående ioner er ikke isoelektronisk med Ar?

- | | | |
|-----|------------------|-------------------------------------|
| (a) | S^{2-} | ☐ |
| (b) | K^+ | ☐ |
| (c) | Sc^{2+} | ☒ |
| (d) | Ti^{4+} | ☐ |

OPGAVE 11 (5 point)

Hvilken af nedenstående processer frigiver mest energi?

- (a) $\text{Mg}^{2+}(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^+(\text{g})$ ☐
- (b) $\text{Mg}^+(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{g})$ ☐
- (c) $\text{Na}^{2+}(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}^+(\text{g})$ ☒
- (d) $\text{Na}^+(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{g})$ ☐

OPGAVE 12 (5 point)

I hvilken af nedenstående ioner har man den korteste nitrogen-oxygenbinding?

- (a) NO^+ ☒
- (b) NO_2^+ ☐
- (c) NO_2^- ☐
- (d) NO_3^- ☐

OPGAVE 13 (5 point)

Hvilken af nedenstående forbindelser kan danne hydrogenbindinger til vand, men kan ikke til danne hydrogenbindinger indbyrdes?

- (a) HF ☐
- (b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ☐
- (c) CH_3NH_2 ☐
- (d) CH_3OCH_3 ☒

OPGAVE 14 (5 point)Hvor mange forbindelser har molekylformlen $C_2H_3Cl_3$?

- | | | |
|-----|---|-------------------------------------|
| (a) | 2 | ☒ |
| (b) | 3 | ☐ |
| (c) | 4 | ☐ |
| (d) | 5 | ☐ |

OPGAVE 15 (5 point)Hvor mange π -bindinger indeholder trans-but-2-endisyre ($C_4H_4O_4$)?

- | | | |
|-----|---|-------------------------------------|
| (a) | 1 | ☐ |
| (b) | 2 | ☐ |
| (c) | 3 | ☒ |
| (d) | 4 | ☐ |

OPGAVE 16 (5 point)For reaktionen $A \rightarrow B$ gælder, at reaktionshastigheden, $v = k[A]$. Efter 50,0 min er 40,0 % af A omdannet, hvad er størrelsen af hastighedskonstanten, k

- | | | |
|-----|---------------------------------------|-------------------------------------|
| (a) | $8,00 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ | ☐ |
| (b) | $1,02 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ | ☒ |
| (c) | $1,39 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ | ☐ |
| (d) | $1,83 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ | ☐ |

STØRRE OPGAVER**OPGAVE 17****Syre-base**

- a) Natriumphosphat (1/12), ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) har mistet noget af sit krystalvand og er blevet til $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$. For at bestemme det aktuelle indhold af krystalvand udførtes en titrering med $\text{HCl}(\text{aq})$ med phenolphthalein som indikator.

17,933 g $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$ blev afvejet, opløst i vand og fortyndet til 0,500 L.
20,00 mL af denne opløsning blev titreret med 0,105 M $\text{HCl}(\text{aq})$.
Ved farveomslag var der anvendt 20,95 mL $\text{HCl}(\text{aq})$.

Vis ved beregning at $c(\text{PO}_4^{3-}) = 0,110 \text{ M}$. (10 point)

Indikatoren viser når al PO_4^{3-} er opbrugt

$$c(\text{PO}_4^{3-}) = (0,105 \cdot 20,95) / 20,00 = 0,110 \text{ M}$$

- b) Beregn pH i den fremstillede opløsning af $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$ (10 point)

$$K_b = x^2 / (c - x), \text{ hvor } x \text{ er } [\text{OH}^-] \text{ og } c = c(\text{PO}_4^{3-}) \Rightarrow x = 0,04076 \text{ eller } \text{pOH} = 1,390 \Rightarrow \text{pH} = 12,61$$

- c) Bestem X i formlen $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$ (10 point)

$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}) = 17,933 \text{ g} / (0,02000 \cdot 0,110 \cdot 25) = 326,09 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 163,88 \text{ g/mol} \Rightarrow M(X \text{H}_2\text{O}) = 326,09 - 163,88 = 162,21 \text{ g/mol.}$$

$$X = 162,21 / 18,02 = 9,0$$

Titreringen i a) blev fortsat efter man havde aflæst forbruget ved ækvivalenspunktet.

d) Beregn pH efter tilsætning af i alt 41,90 mL HCl(aq) (10 point)

I denne situation er det kun H_2PO_4^- der spiller en rolle ergo har man en amfolyt opløsning.

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \cdot (2,12 + 7,21) = 4,67$$

e) Beregn pH efter tilsætning af i alt 50,00 mL HCl(aq) (10 point)

Her har man en puffer: $\text{pH} = \text{p}K_s + \log(n(\text{H}_2\text{PO}_4^-)/n(\text{H}_3\text{PO}_4))$

$$n(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 20,00 \cdot 0,110 - (50,00 - 41,90) \cdot 0,105 = 1,3495$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = (50,00 - 41,90) \cdot 0,105 = 0,8505$$

$$\text{pH} = 2,12 + \log(1,3495/0,8505) = 2,32$$

OPGAVE 18**Sølvkompleks**

Sølv kan opløses i en vandig opløsning af natriumcyanid under forbrug af oxygen efter følgende reaktionsskema:



For at undgå dannelsen af det meget flygtige og meget giftige HCN skal pH holdes over 10.

- a) Bestem stoffmængdekonzentrationen af NaCN, c_{NaCN} når pH i opløsningen har værdien 10,7 (10 point)

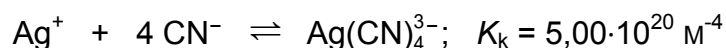
$$K_b = [\text{OH}^-]^2 / (c - [\text{OH}^-]), \text{ hvor } c = c(\text{CN}^-) \text{ og } \text{pH} = 10,7 \Rightarrow \text{pOH} = 3,3 \\ \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-3,3}$$

$$K_b = 2,04 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$c(\text{CN}^-) = 0,0128 \text{ M}$$

Vi ser nu på en ny situation, hvor man starter med Ag^+ (aq) og NaCN(aq).

Opløsningen indeholder som sagt Ag^+ og har $c_{\text{NaCN}} = 0,020 \text{ M}$. Man kan antage der er et stort overskud af NaCN i forhold til Ag^+ . pH i opløsningen måles til 10,8. Der indstiller sig følgende ligevægt i opløsningen:



- b) Beregn forholdet mellem $[\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}]$ og $[\text{Ag}^+]$ i denne opløsning (10 point)

$$K_k = [\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}] / ([\text{Ag}^+] \cdot [\text{CN}^-]^4)$$

$$[\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}] / [\text{Ag}^+] = K_k \cdot [\text{CN}^-]^4 \text{ og}$$

$$[\text{CN}^-] = c(\text{CN}^-) - [\text{OH}^-] = 0,0200 - 10^{-3,2} = 0,0194 \text{ M}$$

$$[\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}] / [\text{Ag}^+] = 5,00 \cdot 10^{20} \text{ M}^{-4} \cdot (0,0194 \text{ M})^4 = 7,04 \cdot 10^{13}$$

- c) Hvis $[Ag^+]$ i kompleksligevægten skal forøges, skal man så tilsætte syre eller base? – begrund dit svar! (10 point)

$[Ag^+]$ stiger hvis $[CN^-]$ falder og $[CN^-]$ falder hvis $[H^+]$ øges.

Der skal altså anvendes en syre.

$[Ag^+]$ gøres 10 gange så stor ved tilsætning af base/syre.

- d) Beregn $[CN^-]$ i denne opløsning - der kan ses bort fra evt. volumenforøgelse i forbindelse med tilsætning af base/syre (10 point)

$$[Ag^+]_{\text{EFTER}}/[Ag^+]_{\text{FØR}} = 10 \text{ og } [Ag(CN)_4^{3-}] = [Ag^+] \cdot K_k \cdot [CN^-]^4$$

$$[Ag(CN)_4^{3-}]_{\text{FØR}} + [Ag^+]_{\text{FØR}} = [Ag(CN)_4^{3-}]_{\text{EFTER}} + [Ag^+]_{\text{EFTER}} \Rightarrow$$

$$[Ag^+]_{\text{FØR}} \cdot K_k \cdot [CN^-]_{\text{FØR}}^4 + [Ag^+]_{\text{FØR}} = [Ag^+]_{\text{EFTER}} \cdot K_k \cdot [CN^-]_{\text{EFTER}}^4 + [Ag^+]_{\text{EFTER}}$$

$$[Ag^+]_{\text{EFTER}}/[Ag^+]_{\text{FØR}} = (K_k \cdot [CN^-]_{\text{FØR}}^4 + 1) / (K_k \cdot [CN^-]_{\text{EFTER}}^4 + 1) = 10$$

$$[CN^-]_{\text{EFTER}}^4 = (K_k \cdot [CN^-]_{\text{FØR}}^4) / K_k \cdot 10 - 9 / K_k \cdot 10 \approx (K_k \cdot [CN^-]_{\text{FØR}}^4) / K_k \cdot 10$$

$$[CN^-]_{\text{EFTER}} = [CN^-]_{\text{FØR}} \cdot 10^{-1/4} = 0,0194 \cdot 0,5623 = 0,0109 \text{ M}$$

OPGAVE 19**Kobber**

Kobber er et meget anvendt brugsmetal. Et af de mest almindelige kobberminerale er chalcopirit.

Chalcopirit indeholder (efter masse) 34,63 % Cu, 30,43 % Fe og resten er svovl.

a) Vis at chalcopirit har den empiriske formel CuFeS_2 (10 point)

$$n_{\text{Cu}} = 34,63/63,546 = 0,54496 \text{ mol}$$

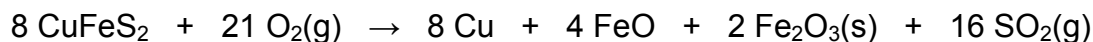
$$n_{\text{Fe}} = 30,43/55,845 = 0,54490 \text{ mol}$$

$$n_{\text{S}} = 34,94/32,065 = 1,08966 \text{ mol}$$

Hvilket jo svarer til forholdet 1:1:2

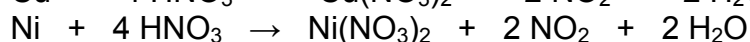
Fremstillingen af kobber foregår ved oxidation af chalcopirit med oxygen i en "smelter". Der tilsættes også kvarts (SiO_2), som sammen med de dannede jernoxider danner en letflydende slagge. Råkobberet dannes altså ved en enkelt proces.

b) Afstem nedenstående reaktionsskema (10 point)



Kobber anvendes til mange ting bl.a. sammen med nikkel til fremstilling af "sølvmonter". For at bestemme indholdet af kobber i en "sølvmønt" (masse 3,1422 g) blev den opløst i koncentreret salpetersyre.

c) Afstem nedenstående reaktionsskemaer (10 point)



Opløsningen blev fortyndet til 100 mL i en målekolbe(stamopløsningen).
Til bestemmelse af indholdet af metalioner i 0,2000 mL af stamopløsningen blev der anvendt en opløsning af Na₂EDTA, med stofmængdekonzentrationen 0,009889 M. EDTA reagerer med metalionerne i forholdet 1:1 og ved ækvivalenspunktet var der tilsat 10,21 mL EDTA opløsning.

d) Bestem stofmængden af metalioner i hele stamopløsningen (10 point)

$$n_{\text{EDTA}} = 10,21 \text{ mL} \cdot 0,009889 \text{ M} = 0,10097 \text{ mmol} = n_{\text{Cu}} + n_{\text{Ni}}$$

Samlet stofmængde af metalioner i stamopløsningen:
 $0,10097 \text{ mmol} \cdot (100 \text{ mL} / 0,2000 \text{ mL}) = 50,48 \text{ mmol}$

e) Beregn massen af henholdsvis kobber og nikkel i "sølvmonnten" (10 point)

$$M_{\text{Cu}} \cdot n_{\text{Cu}} + M_{\text{Ni}} \cdot n_{\text{Ni}} = 3,1422 \text{ g og}$$
$$n_{\text{Cu}} + n_{\text{Ni}} = 0,05048 \text{ mol}$$

$$M_{\text{Cu}} \cdot n_{\text{Cu}} + M_{\text{Ni}} \cdot (0,05048 - n_{\text{Cu}}) = 3,1422$$

$$63,546 \cdot n_{\text{Cu}} + 58,693 \cdot (0,05048 - n_{\text{Cu}}) = 3,1422$$

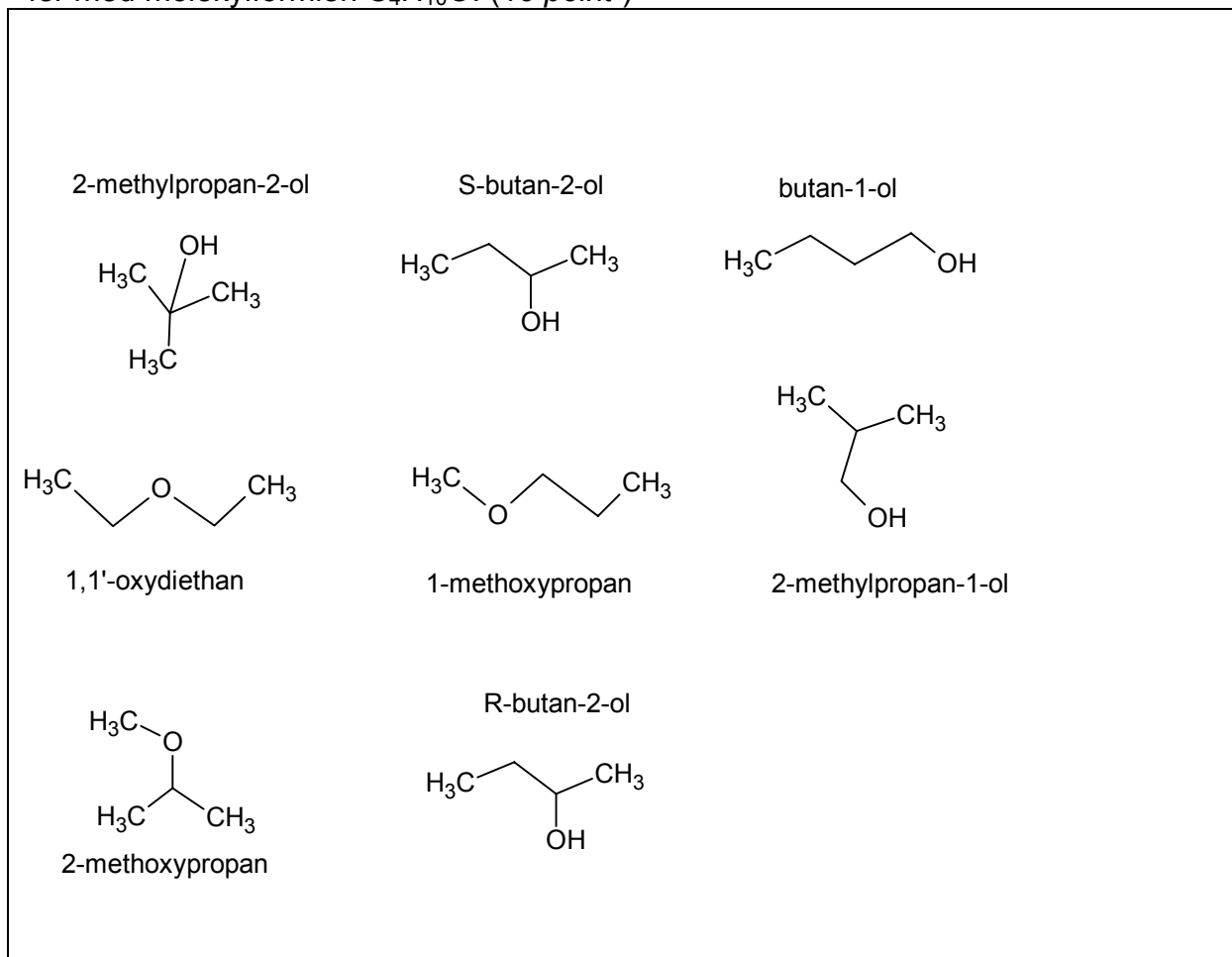
$$n_{\text{Cu}} = 0,03696 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{Cu}} = 2,349 \text{ g}$$

$$n_{\text{Ni}} = 0,01352 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{Ni}} = 0,7935 \text{ g}$$

OPGAVE 20

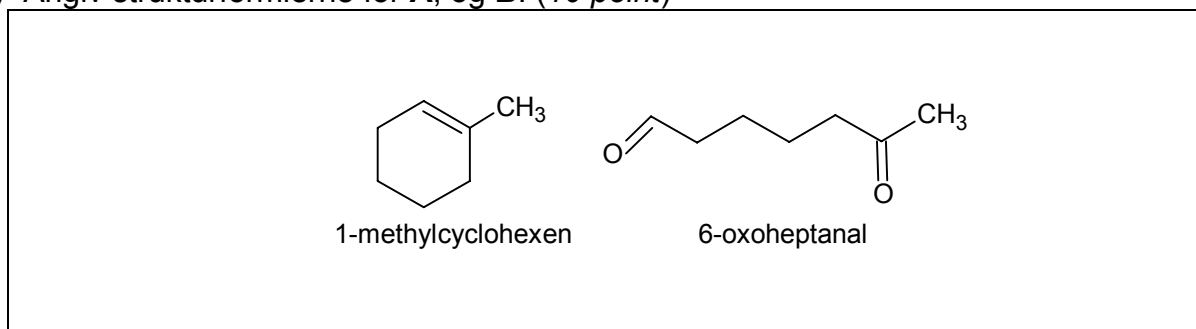
Der findes otte forskellige, ikke-cykliske, isomerer stoffer med molekylformlen $C_4H_{10}O$

- a) Opskriv strukturformlerne for så mange som muligt af de otte, ikke-cykliske, stoffer med molekylformlen $C_4H_{10}O$. (16 point)



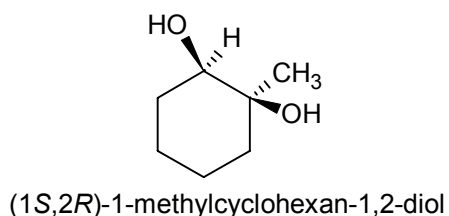
En cyklisk forbindelse **A** (C_7H_{12}) gennemgår ozonolyse (en proces der kløver dobbeltbindinger og danner en carbonylgruppe på hver af de to carbonatomer som dobbeltbindingen gik mellem) og efterfølgende behandling med zink og saltsyre, hvorved der dannes en forbindelse, **B** ($C_7H_{12}O_2$) 6-oxoheptanal

- b) Angiv strukturformlerne for **A**, og **B**. (10 point)



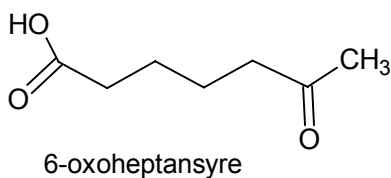
Hvis **A** reagerer med permanganat-ioner i basisk opløsning ved 0° C dannes En cyklisk forbindelse **C** ($C_7H_{14}O_2$). **C** indeholder et eller flere asymmetriske carbonatomer (kirale centre).

c) Opskriv strukturformlen for **C**. (10 point)



Hvis **A** reagerer med permanganat-ioner i sur opløsning dannes en ikke cyklisk forbindelse **D** ($C_7H_{12}O_3$).

d) Opskriv strukturformlen og navnet for **D**. (10 point)



OPGAVE 21**Identifikation af organisk forbindelse**

0,2753 g af en organisk forbindelse, **E** gav ved fuldstændig forbrænding 0,6602 g CO₂ og 0,1352 g H₂O og intet andet.

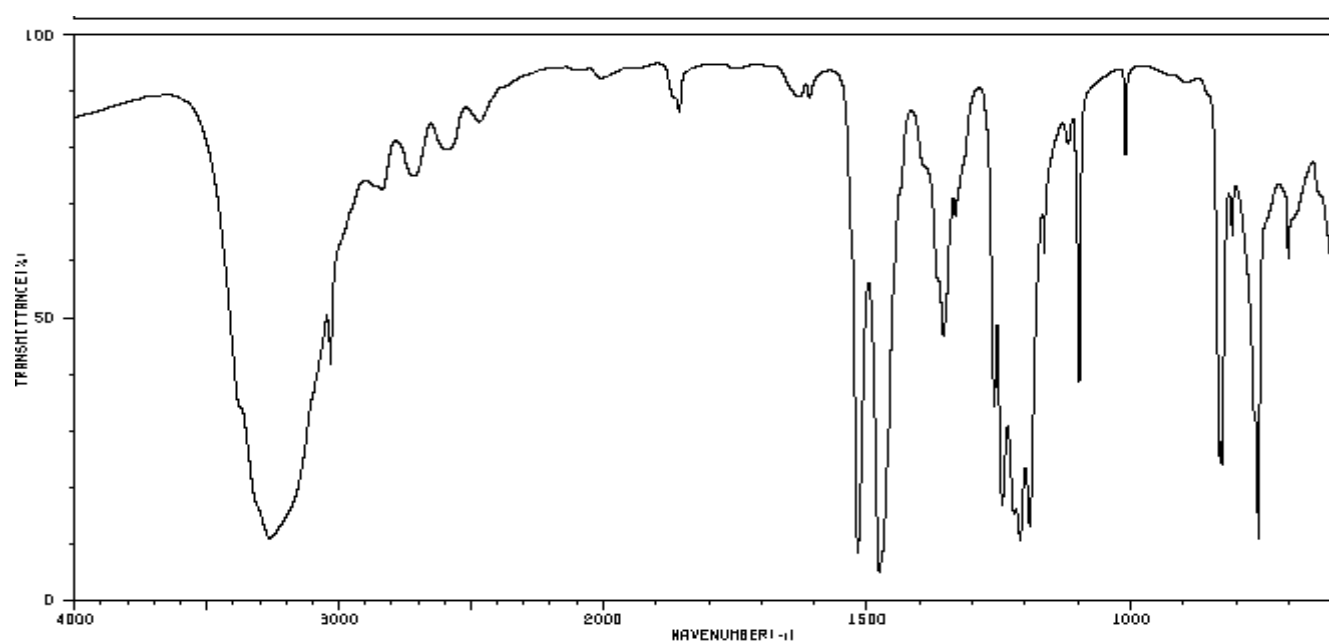
a) Vis at den empiriske formel for **E** er C₆H₆O₂

Andre undersøgelser viser at **E** har molekylformelen C₆H₆O₂.

E kan oxideres med dichromationer i sur opløsning til **F**, C₆H₄O₂

b) Opskriv et afstemt reaktionsskema for denne reaktion.

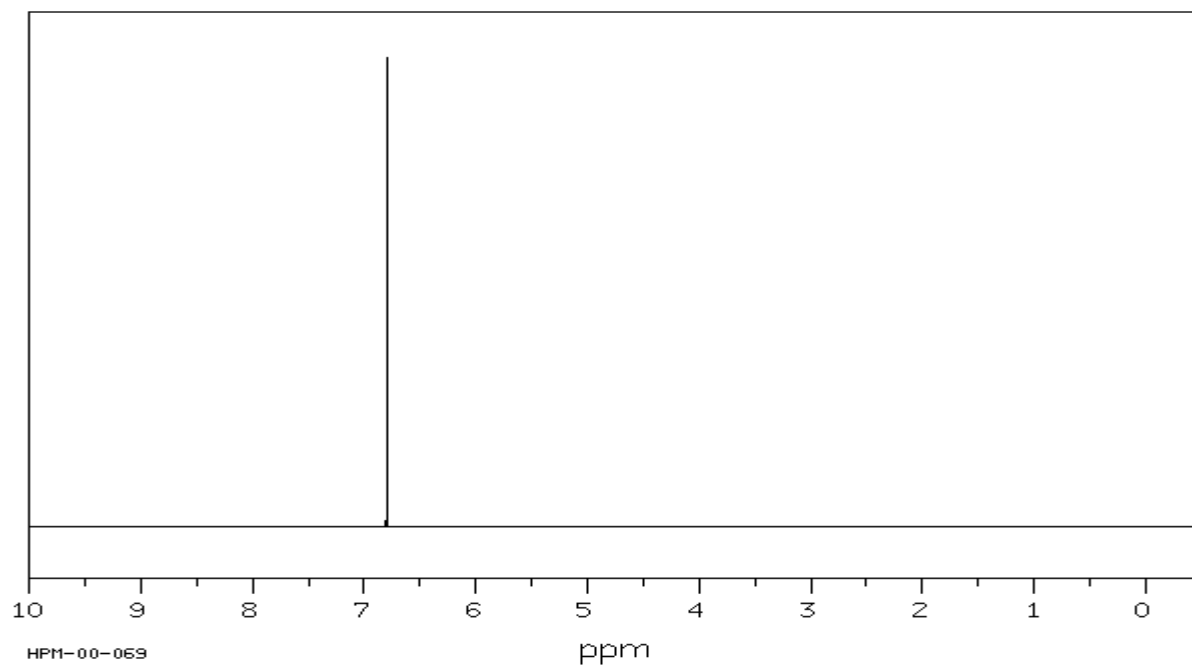




Ovenfor er vist et IR-spektrum for **E**

c) Begrund ud fra IR-spektret, hvilke(n) funktionel(le) gruppe(r) **E** indeholder.

Nedenfor er vist et HNMR- spektrum for **F**



d) Bestem strukturformlerne for **E** og **F**

