

Dansk Kemiolympiade 2022

2. runde i København 28. januar 2022

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

Hjælpemidler: Lommeregner/PC/Mac, DATABOG, fysik-kemi, Kemisk Formelsamling og/eller Formelsamling Kemi A og/eller kemi 112.

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 så kan deltage i tre kemi-camps. De fire bedste herfra vil kvalificere sig til at deltage i den **5. NChO (5. Nordiske Kemiolympiade)** i Reykjavik, Island og den **54. IChO (54. Internationale Kemiolympiade)** Kina. Der er **365** point i alt.

SMÅ OPGAVER (*multiple choice*). NB kun et svar i hver opgave.

Til multiple-choice opgaverne på de følgende sider *skal* du bruge svararket herunder – krydser, cirkler og andre afmærkninger under selve opgaverne bedømmes *ikke*.

Opgave	Svar	Opgave	Svar
1		14	
2		15	
3		16	
4		17	
5		18	
6		19	
7		20	
8		21	
9		22	
10		23	
11		24	
12		25	
13			

OPGAVE 1 (5 point)

Acetylsalicylsyre dannes ved reaktion mellem salicylsyre (2-hydroxybenzoesyre) og ethansyre(anhydrid). Hvilken type reaktion er der tale om?

- (a) Additionsreaktion
- (b) Syre/base-reaktion
- (c) Kondensationsreaktion
- (d) Redoxreaktion

OPGAVE 2 (5 point)

Hvor mange stereoisomerer findes der af 4-methylhex-2-en?

- (a) 2
- (b) 4
- (c) 8
- (d) Der er ikke mulighed for stereoisomeri

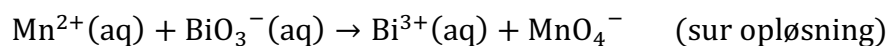
OPGAVE 3 (5 point)

Når 20,00 mL opløsning af $\text{Ba}(\text{OH})_2$ titreres med 0,235 M HCl skal der bruges 24,53 mL af syren. Hvad er den formelle koncentration af $\text{Ba}(\text{OH})_2$ -opløsningen?

- (a) 0,144 M
- (b) 0,234 M
- (c) 0,288 M
- (d) 0,075 M

OPGAVE 4 (5 point)

Hvad er koefficienten for $\text{H}^+(\text{aq})$ når nedenstående reaktion er afstemt?



- (a) 3
- (b) 4
- (c) 7
- (d) 14

OPGAVE 5 (5 point)

Hvert minut indånder man i gennemsnit 2,5 g $\text{O}_2(\text{g})$. Hvor mange dioxygenmolekyler svarer det til?

- (a) $1,9 \cdot 10^{22}$
- (b) $3,8 \cdot 10^{22}$
- (c) $4,7 \cdot 10^{22}$
- (d) $9,4 \cdot 10^{22}$

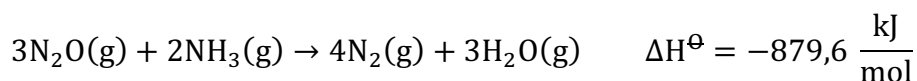
OPGAVE 6 (5 point)

En given gas har ved 25 °C og 1,013 bar en densitet på $\rho = 5,8 \frac{\text{g}}{\text{L}}$. Hvad vil gassens molarmasse være?

- (a) $10 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- (b) $20 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- (c) $130 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- (d) $190 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

OPGAVE 7 (5 point)

Givet reaktionen:

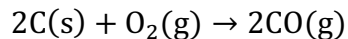


Hvad er $H^\ominus(\text{N}_2\text{O}(\text{g}))$?

- (a) $246 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (b) $82 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (c) $-82 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (d) $-246 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

OPGAVE 8 (5 point)

Hvad er fortegnene for $\Delta H^\ominus$ og $\Delta S^\ominus$ for reaktionen herunder?



- | | $\Delta H^\ominus$ | $\Delta S^\ominus$ |
|-----|--------------------|--------------------|
| (a) | - | - |
| (b) | - | + |
| (c) | + | - |
| (d) | + | + |

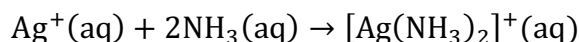
OPGAVE 9 (5 point)

Hvad bliver $[\text{Na}^+]$ når 4,20 g NaHCO_3 ($M = 84,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) og 10,6 g Na_2CO_3 ($M = 106 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) opløses i vand og fortyndes til 1,00 L?

- (a) 0,050 M
- (b) 0,100 M
- (c) 0,150 M
- (d) 0,250 M

OPGAVE 10 (5 point)

For reaktionen herunder, hvad er da $\Delta G^\ominus(t = 25\text{ }^\circ\text{C})$, når det oplyses at ligevægtskonstanten er $K_{25\text{ }^\circ\text{C}} = 1,7 \cdot 10^7\text{ M}^{-2}$?



- (a) $-41,2\text{ } \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (b) $-17,9\text{ } \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (c) $17,9\text{ } \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (d) $41,2\text{ } \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

OPGAVE 11 (5 point)

En farvet gas ses ved hvilken af følgende sammenblandinger?

- (a) calciumhydrid og vand
- (b) bly og salpetersyre
- (c) natriumcarbonat og svovlsyre
- (d) zinksulfid og saltsyre

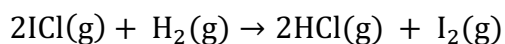
OPGAVE 12 (5 point)

Sprængstoffet *HNS* indeholder 37,35 % C, 1,34 % H, 18,67 % N og 42,65 % O
Den molare masse af *HNS* er $450,22\text{ } \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Hvad er molekylformlen for *HNS*?

- (a) $\text{C}_{13}\text{H}_4\text{N}_7\text{O}_{12}$
- (b) $\text{C}_{14}\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_{12}$
- (c) $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{N}_6\text{O}_{11}$
- (d) $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{N}_5\text{O}_{11}$

OPGAVE 13 (5 point)

For reaktionen:



gælder at hastighedskonstanten, k ved en bestemt temperatur har værdien $1,63 \cdot 10^{-6} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$. Hvad er reaktionens orden?

- (a) Nulte
- (b) Første
- (c) Anden
- (d) Tredje

OPGAVE 14 (5 point)

For reaktionen $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$, hvor der kun er $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ i starten har man:

t / min	0	5	10
$n(\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})) / \text{mol}$	0,200	0,170	0,140

Hvad er $n(\text{NO}_2(\text{g}))$ til tiden 10 min.?

- (a) 0,280 mol
- (b) 0,120 mol
- (c) 0,110 mol
- (d) 0,060 mol

OPGAVE 15 (5 point)

I hvilken forbindelse har P det højeste oxidationstal?

- (a) P
- (b) PH_3
- (c) PCl_3
- (d) P_4O_{10}

OPGAVE 16 (5 point)

Pent-3-enal, 2-methylpent-3-enal, 4-methylpent-3-en-1-ol og pent-3-ensyre udsættes for en række test.

Et af stofferne reagerer ved både at affarve bromvand og dreje planpolariseret lys. Stoffet er?

- (a) Pent-3-enal
- (b) 2-methylpent-3-enal
- (c) 4-methylpent-3-en-1-ol
- (d) Pent-3-ensyre

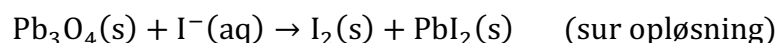
OPGAVE 17 (5 point)

Hvor mange isomerer findes der af C_5H_{10} der er cycliske?

- (a) 7
- (b) 9
- (c) 11
- (d) 13

OPGAVE 18 (5 point)

Givet reaktionen:

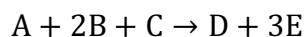


Hvilken koefficient skal der stå foran iodidionen, når reaktionen er afstemt?

- (a) 3
- (b) 5
- (c) 8
- (d) 12

OPGAVE 19 (5 point)

Reaktionen



er blevet underkastet kinetiske studier. Resultatet ses i tabellen.

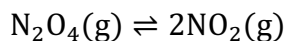
[A] /M	[B] /M	[C] /M	$v_{initial} / \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
0,0030	0,0030	0,040	$5,0 \cdot 10^{-4}$
0,0030	0,0030	0,020	$2,5 \cdot 10^{-4}$
0,0030	0,0060	0,020	$1,0 \cdot 10^{-3}$
0,0010	0,0030	0,040	$1,7 \cdot 10^{-4}$

Hvad er hastighedsudtrykket?

- (a) $v = k[A][B][C]$
- (b) $v = k[B][C]^2$
- (c) $v = k[A]^2[B]$
- (d) $v = k[A][B]^2[C]$

OPGAVE 20 (5 point)

Ligevægtsreaktionen:

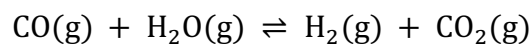


har $K = 11 \text{ bar}$. Hvilken ligevægtsreaktion har $K = 0,091 \text{ bar}^{-1}$?

- (a) $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
- (b) $\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
- (c) $2\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g})$
- (d) $\frac{1}{2}\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g})$

OPGAVE 21 (5 point)

I en 2,0 L beholder befinder sig en blanding af 6,0 mol CO(g) og 6,0 mol H₂O(g), nedenstående ligevægt indstiller sig:

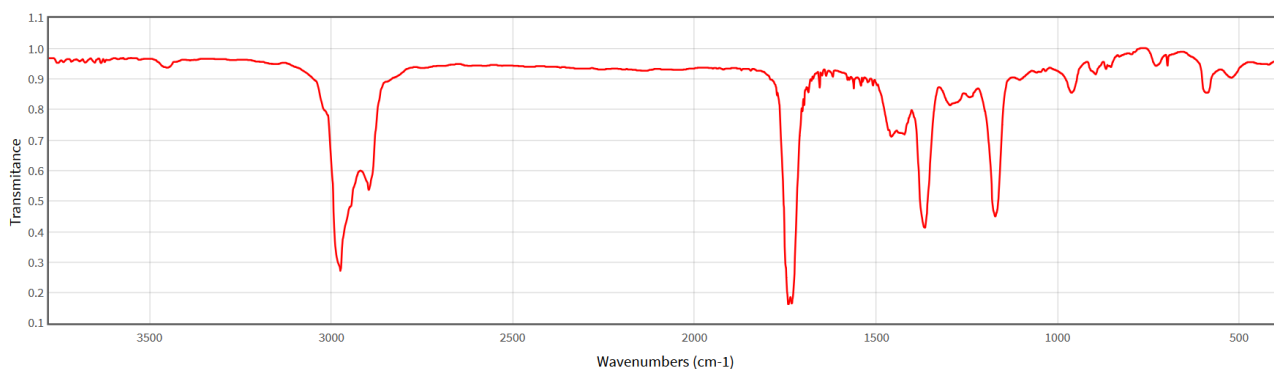


Ved ligevægt er [CO₂] = 2,4 M. Hvad er værdien af ligevægtskonstanten?

- (a) 16
- (b) 4,0
- (c) 0,25
- (d) 0,063

OPGAVE 22 (5 point)

Hvilket stof vil have nedenstående IR-spektrum?



- (a) Pentan-1-ol
- (b) Pentansyre
- (c) Pent-2-en
- (d) Pentan-2-on

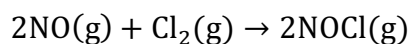
OPGAVE 23 (5 point)

2,00 g fast SrCO_3 opvarmes, hvorved det omdannes til SrO . Hvor meget er der forsvundet af den oprindelige masse?

- (a) 0,44 g
- (b) 0,60 g
- (c) 0,72 g
- (d) 0,85 g

OPGAVE 24 (5 point)

Reaktionen



er blevet underkastet kinetiske studier. Resultatet ses i tabellen.

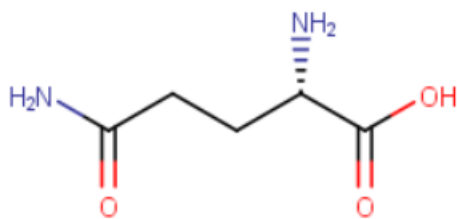
[NO] /M	[Cl ₂] /M	$v_{\text{initial}} / \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
0,0300	0,010	$3,4 \cdot 10^{-4}$
0,0150	0,010	$8,5 \cdot 10^{-5}$
0,0150	0,040	$3,4 \cdot 10^{-3}$

Hvad er hastighedskonstanten?

- (a) $k = 1,13 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$
- (b) $k = 9,44 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$
- (c) $k = 37,8 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$
- (d) $k = 0,0265 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$

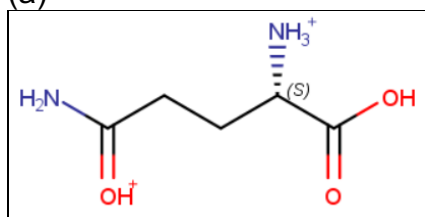
OPGAVE 25 (5 point)

Betragt aminosyren glutamin.

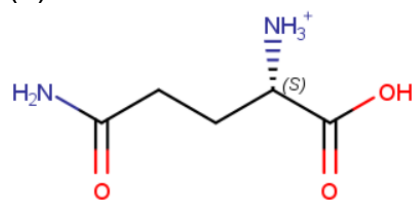


Hvilken form vil være den dominerende ved $\text{pH} = 8,5$?

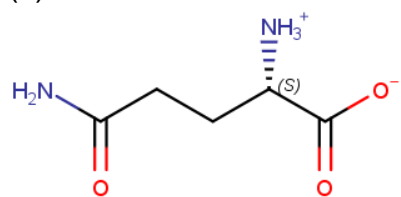
(a)



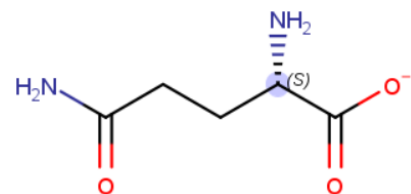
(b)



(c)



(d)



STØRRE OPGAVER

OPGAVE 26 – Phosphorsyre

7,00 mL af handelsvaren H_3PO_4 (masseprocent, $w = 85,0\%$ og $\rho = 1,685 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$) fortyndes til 1,000 L opløsning.

- a) Beregn stofmængdekonzentrationen af H_3PO_4 . (10 point)

- b) Beregn pH i den fremstillede opløsning af H_3PO_4 . (10 point)

25,00 mL af H_3PO_4 -opløsningen tilsættes 15,00 mL 0,100 M NaOH(aq) .

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

Der tilsættes yderligere 20,00 mL NaOH(aq) (der er i alt tilsat 35,00 mL NaOH(aq)).

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

e) Beregn hvor meget 0,102 M H_3PO_4 -opløsning og hvor meget 0,1000 M NaOH(aq) der skal blandes for at få 1,00 L puffer med $\text{pH} = 3$. (10 point)

20,00 mL 0,102 M H_3PO_4 -opløsning og 40,00 mL 0,200 M HCl-opløsning blandes

f) Beregn opløsningens **pH**. (10 point)

Opgave 27 – Lidt organisk kemi

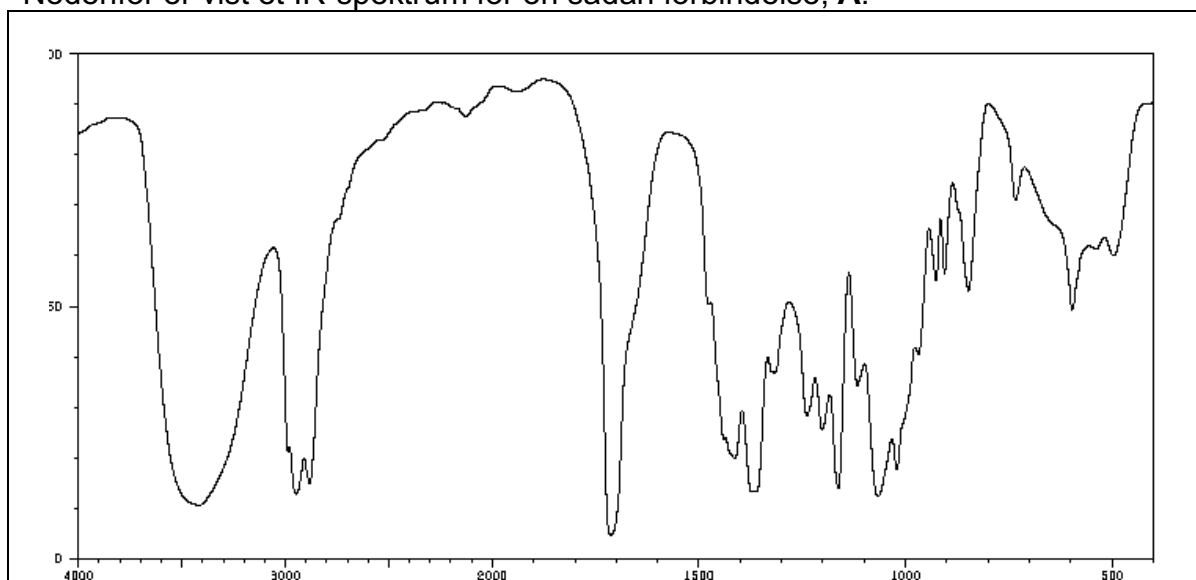
Der findes en lang række organiske forbindelser med molekylformlen $C_5H_{10}O_2$.

- a) Opskriv et afstemt reaktionsskema for en fuldstændig forbrænding af $C_5H_{10}O_2$.
(10 point)

- b) Opskriv strukturformel og systematisk navn for to forskellige carboxylsyrer med denne molekylformel. Det ene stof skal indeholde et asymmetrisk carbonatom.
(10 point)

Udover carboxylsyrer kan der også optræde andre organiske stoffer med molekylformlen $C_5H_{10}O_2$.

Nedenfor er vist et IR-spektrum for en sådan forbindelse, **A**.



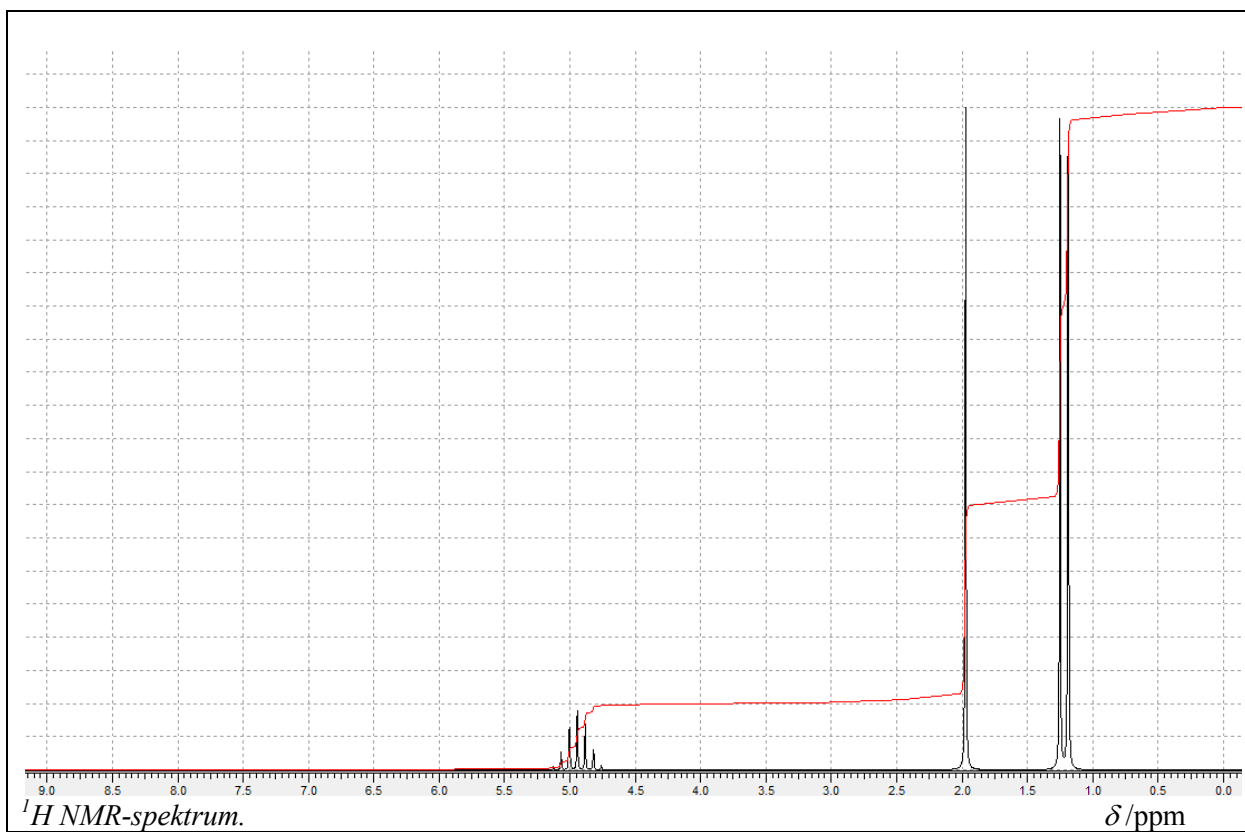
- c) Begrund ud fra IR-spektret, hvilke(n) funktionel(le) gruppe(r) **A** kan indeholde. (10 point)

- d) Tegn et forslag til **A**, der ikke er en carboxylsyre, men som kunne passe med IR-spektret. (10 point)

Der findes desuden flere forskellige estre med molekylformlen $C_5H_{10}O_2$.

- e) Opskriv strukturformlen for fem af disse estre. (10 point)

En ester **B**, med molekylformlen $C_5H_{10}O_2$, har det nedenfor viste 1H -NMR-spektrum.



f) Bestem strukturformlen for **B**. Svaret skal begrundes.

(10 point)

Opgave 28 – Reaktionshastighed

Gasformig N_2O_5 sønderdeles til nitrogendioxid og dioxygen med initialhastigheder (starthastigheder) som angivet i skemaet nedenfor. Det hele foregår ved 25°C .

$[\text{N}_2\text{O}_5] / \text{M}$	0,150	0,350	0,650
$v_0 / \frac{\text{M}}{\text{min}}$	$3,42 \cdot 10^{-4}$	$7,98 \cdot 10^{-4}$	$1,48 \cdot 10^{-3}$

a) Opskriv et afstemt reaktionsskema for reaktionen.

(10 point)

b) Bestem hastighedsudtrykket for reaktionen ved hjælp af de givne data.

(10 point)

c) Beregn værdien af hastighedskonstanten, k .

(10 point)

- d) Beregn hvor lang tid det tager for at mindske $[N_2O_5]$ fra 0,150 M til 0,050 M.
(10 point)

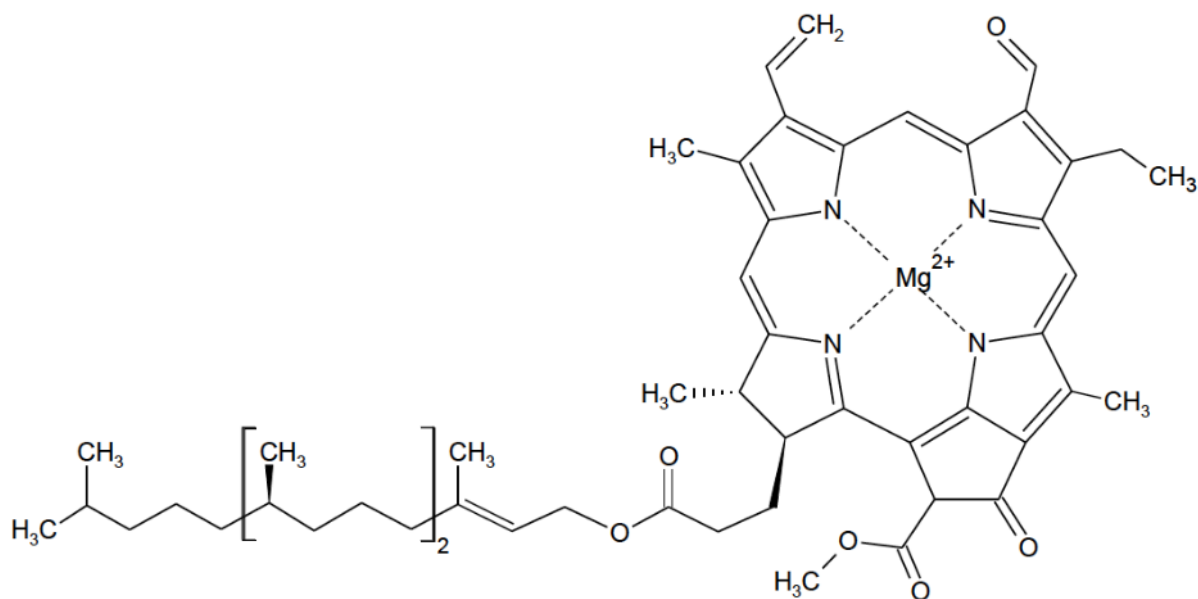
Initialhastigheden for reaktionen med startkoncentrationen 0,150 M er ved 40 °C

$$v_0 = 2,37 \cdot 10^{-3} \frac{M}{min}.$$

- e) Beregn aktiveringsenergien for reaktionen.
(10 point)

Opgave 29 – Grønt snask

Strukturen for chlorophyll b ses på figuren:

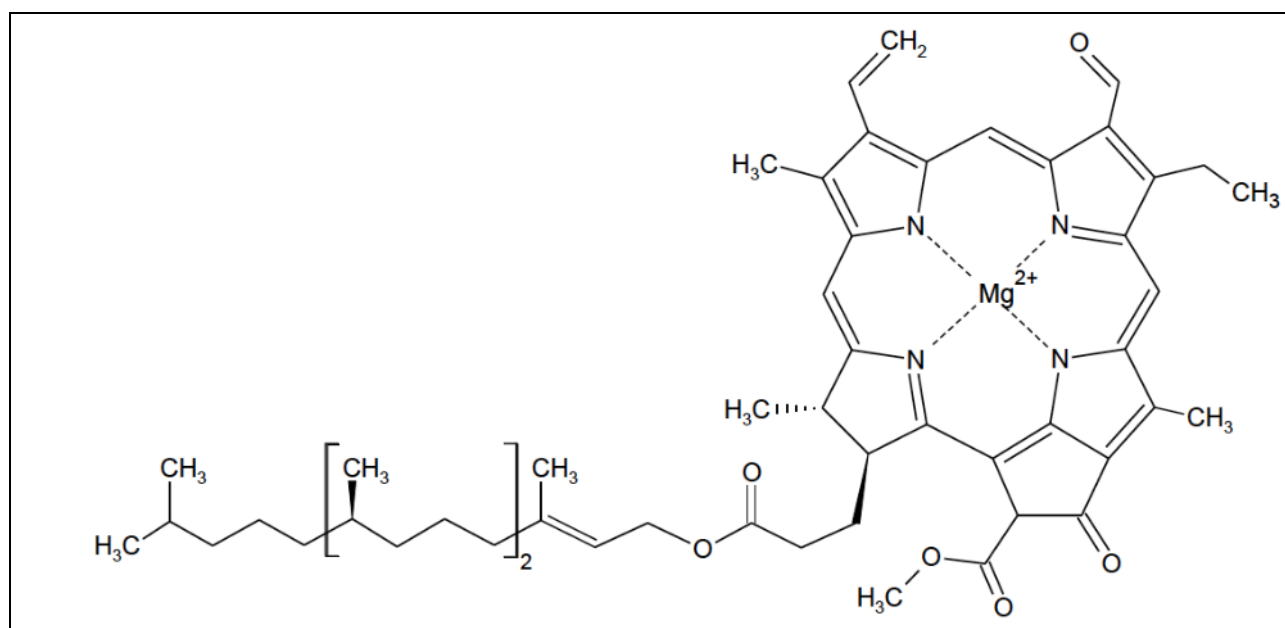


Molarmassen chlorophyll b er $907,47 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

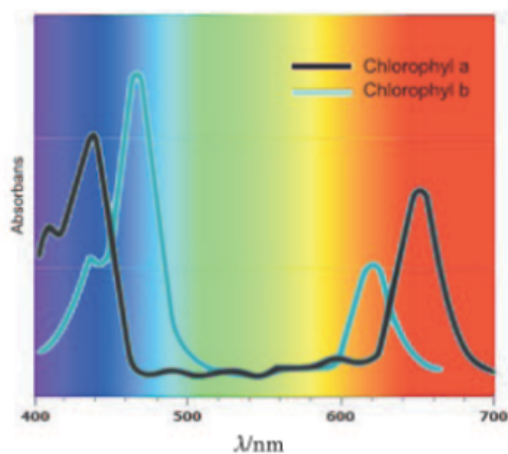
Molarmassen for chlorophyll a er $893,49 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

a) Marker alle sp^2 -hybridiserte carbonatomer.

(10 point)



Absorptionsspektrene for chlorophyl a og chlorophyl b ses på spektret.



b) Beregn energien for en foton med bølglængden 645 nm. (10 point)

Følgende data kendes:

λ/nm	$\epsilon(\text{chlorophyl a})/\text{M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\epsilon(\text{chlorophyl b})/\text{M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$
645	$1,5 \cdot 10^4$	$4,13 \cdot 10^4$
663	$7,33 \cdot 10^4$	$8,41 \cdot 10^4$

Alt chlorophyl a og chlorophyl b ekstraheres ud af 2,00 g spinat og fyldes op til 200 mL.

Absorbansen måles (kuvettebredden er 1,00 cm):

λ/nm	A
645	0,469
663	0,998

- c) Beregn koncentrationen af chlorophyl a og chlorophyl b i de 200 mL ekstrakt.
(10 point)

- d) Beregn masseprocenten af chlorophyl a og chlorophyl b i denne portion spinat.
(10 point)

Opgave 30 – Ammoniumacetat

Ammoniumacetat ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) er et fast hvidt krystalisk stof der kan fremstilles ud fra ammoniak og ethansyre.

Opløseligheden for ammoniumacetat er fundet til:

143 g/100 mL (20 °C)

533 g/100 mL (80 °C)

- a) Beregn opløselighedsproduktet for ammoniumacetat ved 20 °C. (10 point)

- b) Beregn $\Delta S^\ominus$ for reaktionen, ud fra opløseligheden ved 20 °C og 80 °C. (10 point)

- c) Beregn $\Delta H^\ominus$ for reaktionen, ud fra opløseligheden ved 20 °C og 80 °C
og find $H^\ominus_{(\text{ammoniumacetat})}$. (10 point)

$\Delta H^\ominus =$

$H^\ominus =$