

Dansk Kemiolympiade 2023

2. runde i København 27. januar 2023

**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 **6. NChO (6. Nordiske Kemiolympiade)** i København, Danmark og den **55. IChO (55. Internationale Kemiolympiade)** i Zürich, Schweiz. Der er 395 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			

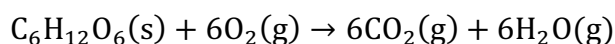
OPGAVE 1 (5 point)

Hvor mange isomere etherer findes der med sumformlen C_3H_6O ?

- (a) 2
- (b) 3
- (c) 4
- (d) 5

OPGAVE 2 (5 point)

Respirationsprocessen er:



Hvor stort et volumen $O_2(g)$ skal der til for at respirere 1 g glukose ($C_6H_{12}O_6$) ved 37 °C og 1 bar?

- (a) 0,85 L
- (b) 2,43 L
- (c) 7,95 L
- (d) Respirationsprocessen forløber ikke ved 37 °C

OPGAVE 3 (5 point)

Når 10,00 mL opløsning af $Sr(OH)_2$ titreres med 0,112 M HCl skal der bruges 17,23 mL af syren. Hvad er den formelle koncentration af $Sr(OH)_2$ -opløsningen?

- (a) 0,043 M
- (b) 0,097 M
- (c) 0,193 M
- (d) 0,392 M

OPGAVE 4 (5 point)

Et salt har densiteten $\rho = 5,25 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. 0,05 mol af saltet fylder $1,52 \text{ cm}^3$. Hvor stor er saltets molarmasse?

- (a) 142,59 g/mol
- (b) 159,70 g/mol
- (c) 289,33 g/mol
- (d) 312,92 g/mol

OPGAVE 5 (5 point)

Hvis man blander 2,00 mL 0,050 M HCl med 14,00 mL 0,0001 M HCl hvad bliver pH da?

- (a) pH = 0,93
- (b) pH = 1,12
- (c) pH = 1,34
- (d) pH = 2,20

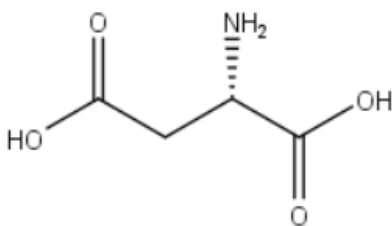
OPGAVE 6 (5 point)

Hvis man blander 1,00 mL $5 \cdot 10^{-5} \text{ M AgNO}_3(\text{aq})$ med 1,00 mL $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ M BaCl}_2(\text{aq})$ og tilsætter 18,00 mL $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ hvad vil der så ske ($K_{\text{op}}(\text{AgCl}) = 1,77 \cdot 10^{-10} \text{ M}^2$)?

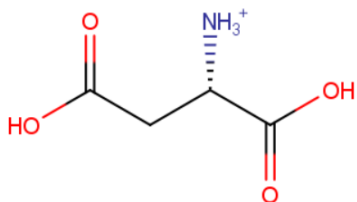
- (a) Man får en undermættet opløsning.
- (b) Man får en mættet opløsning.
- (c) Man får en overmættet opløsning.
- (d) Der sker slet ikke nogen reaktion.

OPGAVE 7 (5 point)

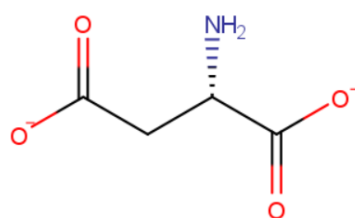
Hvilken form af aminosyren asparaginsyre (vist herunder) vil dominere ved $\text{pH} = 7,4$?



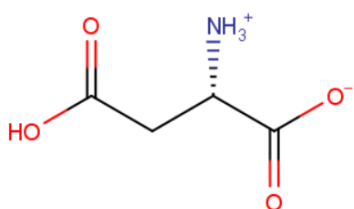
(a)



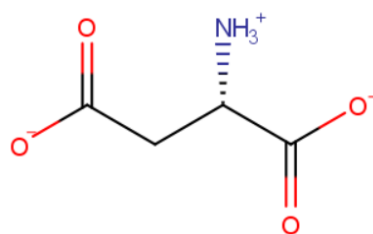
(c)



(b)



(d)



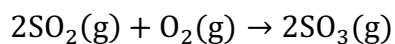
OPGAVE 8 (5 point)

Hvilken reaktion er en redoxreaktion?

- (a) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- (b) $2\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- (c) $2\text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- (d) $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) + 2\text{HBr}(\text{aq}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

OPGAVE 9 (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)	+	+

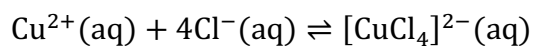
OPGAVE 10 (5 point)

Hvor stor en procentdel udgør oxygen af $\text{Fe}(\text{O})(\text{OH})$?

- (a) 24 %
- (b) 36 %
- (c) 48 %
- (d) 60 %

OPGAVE 11 (5 point)

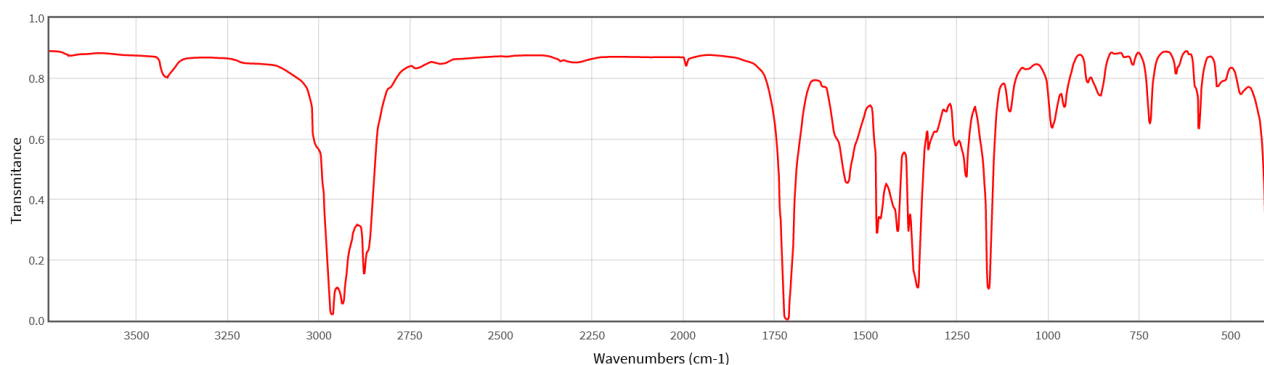
For reaktionen herunder, hvad er da $\Delta G^\ominus$ ved $t = 25^\circ\text{C}$, når det oplyses at ligevægtskonstanten er $K_{25^\circ\text{C}} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ M}^{-4}$?



- (a) $32,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (b) $-17,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (c) $17,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (d) $-32,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

OPGAVE 12 (5 point)

Hvilket stof vil have nedenstående IR-spektrum?



- (a) Hexan
- (b) Hexan-1-ol
- (c) Hexan-2-on
- (d) Hexansyre

OPGAVE 13 (5 point)

Her er syv mulige trin i en estersyntese. Rækkefølgen er dog ikke korrekt og det er heller ikke alle trin, der skal bruges.

- 1) Varm blandingen under reflux
- 2) Tilsæt 2 dråber koncentreret svovlsyre
- 3) Tilsæt 1 mL ethanol
- 4) Tilsæt 1 mL eten
- 5) Tilsæt 1 mL ethansyre
- 6) Destiller blandingen
- 7) Tilsæt 3 dråber phenolphthalein

Den bedst egnede rækkefølge til estersyntesen er?

- (a) 3, 5, 7, 1
- (b) 5, 3, 2, 1
- (c) 4, 3, 7, 6
- (d) 5, 4, 2, 6

OPGAVE 14 (5 point)

Når pent-2-en adderer vand, kan der dannes pentan-2-ol og pentan-3-ol. Hvilken af følgende udsagn vedrørende chiraliteten af de to produkter er korrekt?

- (a) Begge er chirale
- (b) Ingen af den er chirale
- (c) Det er kun pentan-2-ol, der er chiral
- (d) Det er kun pentan-3-ol, der er chiral

OPGAVE 15 (5 point)

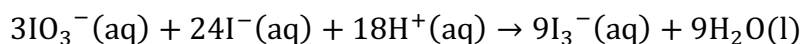
En elev analyserer en blanding bestående af to forskellige salte. Eleven gør følgende observationer:

- 1) Saltblandingen er hvid.
- 2) Saltblandingen kan kun opløses delvis i vand, men opløses fuldstændig i saltsyre under udvikling af gas.
- 3) pH i vand stiger, når saltblandingen tilsættes.

- (a) Na_2CO_3 og $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- (b) NaCl og $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- (c) NaNO_3 og CaCl_2
- (d) NaNO_3 og CaCO_3

OPGAVE 16 (5 point)

Hvor mange elektroner overføres ved denne redoxreaktion?



- (a) 1
- (b) 8
- (c) 16
- (d) 42

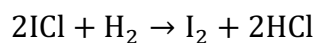
OPGAVE 17 (5 point)

En organisk forbindelse har tre signaler i sit ^1H -NMR-spektrum. En triplet ved $\delta = 1,4$ ppm, en kvartet ved $\delta = 4,2$ ppm og en singlet ved $\delta = 8,3$ ppm. Hvilken af følgende forbindelser kunne der være tale om?

- (a) 1-hydroxypropanon
- (b) 2-hydroxypropanal
- (c) Methylethanoat
- (d) Ethylmethanoat

OPGAVE 18 (5 point)

Reaktionen



undersøges kinetisk og følgende initialhastigheder blev målt.

Forsøg	$[\text{ICl}]_0 / \text{M}$	$[\text{H}_2]_0 / \text{M}$	v_0 / Ms^{-1}
1	0,350	0,160	0,0168
2	0,700	0,160	0,0337
3	0,350	0,320	0,0674
4	0,700	0,320	0,1350

Hvilket hastighedsudtryk er det korrekte?

- (a) $v = k \cdot [\text{ICl}] \cdot [\text{H}_2]$
- (b) $v = k \cdot [\text{ICl}]^2 \cdot [\text{H}_2]$
- (c) $v = k \cdot [\text{ICl}] \cdot [\text{H}_2]^2$
- (d) $v = k \cdot [\text{ICl}]^2 \cdot [\text{H}_2]^2$

OPGAVE 19 (5 point)

Spaltningen af ethylpentanoat til ethanol og pentansyre kaldes?

- (a) Kondensation
- (b) Substitution
- (c) Addition
- (d) Hydrolyse

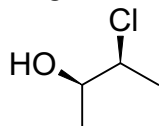
OPGAVE 20 (5 point)

Forholdet mellem hastighedskonstanterne for en kemisk reaktion ved henholdsvis 75 °C og 425 °C er 2: 7. Hvad er aktiveringsenergien?

- (a) $1,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (b) $7,2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (c) $12,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
- (d) $20,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

OPGAVE 21 (5 point)

Angiv hvilken stereoisomer der er tegnet:



- (a) (2R,3R)
- (b) (2R,3S)
- (c) (2S,3R)
- (d) (2S,3S)

OPGAVE 22 (5 point)

Hvad gælder for kogepunktet for ethanol, ethan, vand og ethanal

- (a) ethanol > ethan > ethanal
- (b) ethanal > ethanol > ethan
- (c) ethanol > ethanal > ethan
- (d) ethanal > ethan > ethanol

OPGAVE 23 (5 point)

Dimethylamin har $pK_b = 3,29$. Hvornår er der lige meget på syre- og baseform?

- (a) pH=0,50
- (b) pH=3,29
- (c) pH=7,00
- (d) pH=10,71

OPGAVE 24 (5 point)

Når 1,00 g NO og 1,00 g Cl_2 placeres i en beholder og reaktionen $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NOCl}(\text{g})$ forløber. Når der er dannet 80 % af det teoretisk mulige, hvor meget NOCl er der så ca. dannet?

- (a) 0,7 g
- (b) 1,5 g
- (c) 1,6 g
- (d) 1,8 g

OPGAVE 25 (5 point)

Hvad skal der gælde for fortegnene for $\Delta H^\ominus$ og $\Delta S^\ominus$ for at en reaktion altid er spontan ved standardbetingelser?

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

STØRRE OPGAVER

OPGAVE 26 – ”Ost, jeg må ha’ ost, jeg må ha’ ost...”

I Schweiz kan de godt lide ost – og det kan vi også!

Kemien bag ost hænger sammen med kemien af mælk og den præcise sammensætning af vand, protein, vitaminer og salte afhænger af hvilken type mælk, der benyttes og ostens modningsproces.

For at mælk kan omdannes til ost er det nødvendigt at tilsætte mælkesyrebakterier. Deres job er at omdanne laktosen ($C_{12}H_{22}O_{11}$) i mælken til mælkesyre ($CH_3CHOHCOOH$), hvilket sænker pH til et niveau hvor proteinerne i mælk (primært kasein) begynder at fælde ud. Herefter kan osten formes og eventuel modnes.

- a) Opskriv et afstemt reaktionsskema for omdannelsen af laktose til mælkesyre. (10 point)

Mælkesyre har en $pK_s = 3,78$.

- b) Skitser et Bjerrumdiagram for mælkesyre. (10 point)

Hullerne i schweizerost skyldes produktion af carbondioxid fra bakterier (nogle andre end dem, der omdanner laktose til mælkesyre). Disse bakterier lever af den del af laktosen i ostemassen, der ikke er blevet omdannet til mælkesyre. Processen med at danne hullerne sker ved 70 °C (og 1 bar) og mens ostemassen stadig er formbar. Når så osten køler efterlades de dannede huller og ostemassen stivner.

I den schweiziske ost Emmentaler skal hullerne helst være store (gerne på størrelse en 2-krone), da det er ostens særkende. I det følgende regnes på et stykke Emmentaler med dimensionerne 10 cm × 10 cm × 10 cm. Hullerne i osten udgør 28 % af det samlede volumen.

- c) Beregn hvor stor en stofmængde CO₂, der skal til for at danne hullerne i førømtalte Emmentaler-stykke. (10 point)

- d) Opskriv et afstemt reaktionsskema for den aerobe omdannelse af laktose til carbondioxid. (10 point)

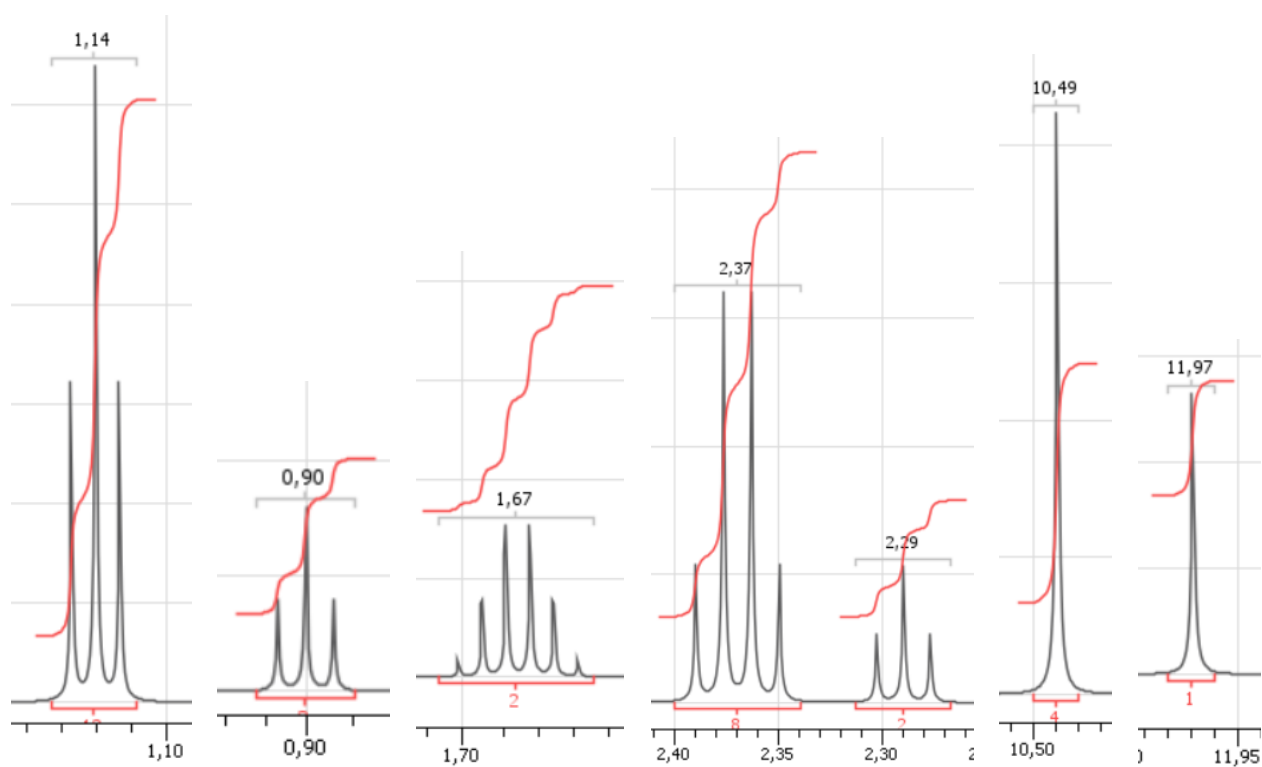
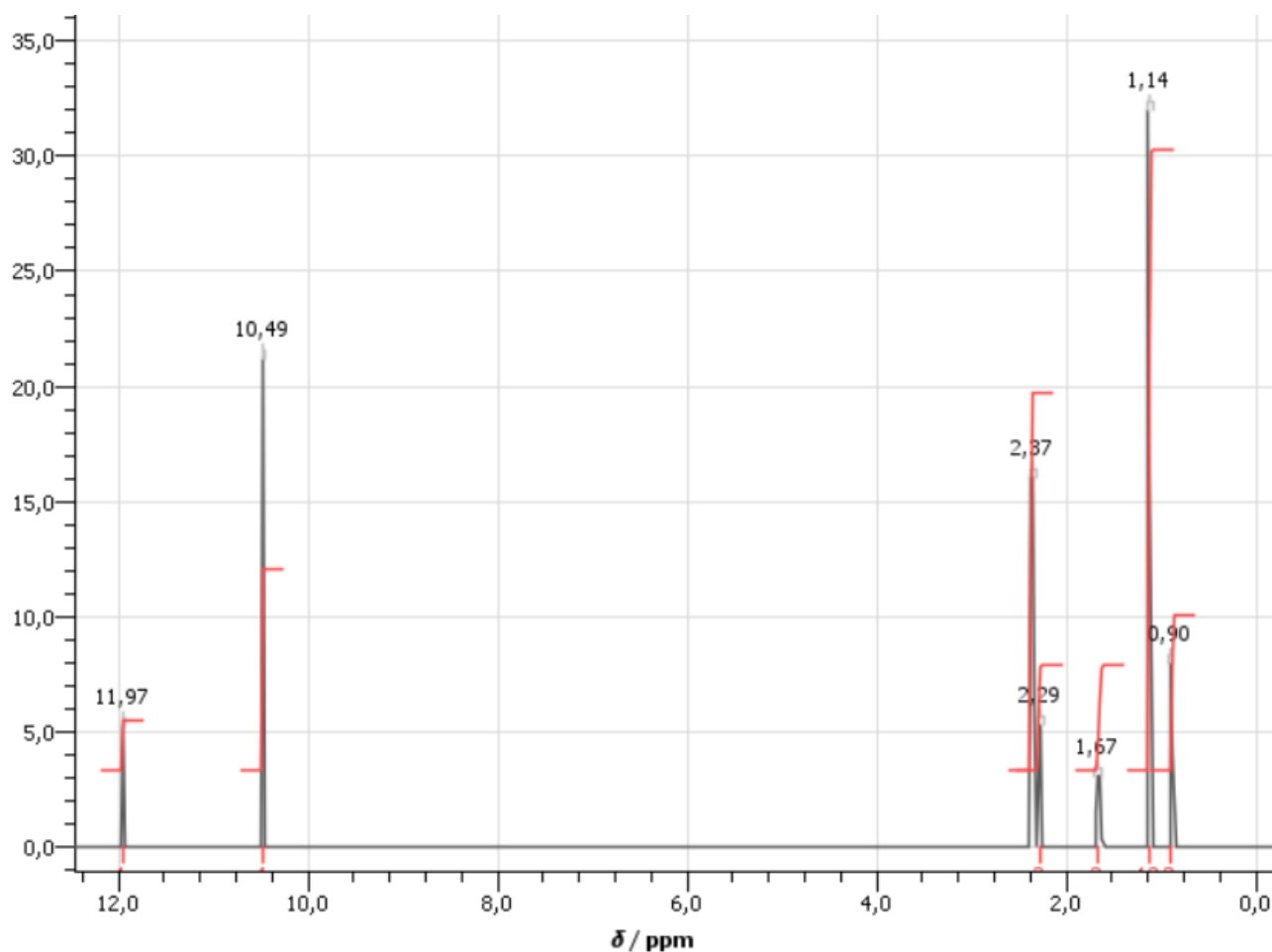
- e) Beregn hvor meget laktose der skal til for at danne hullerne i det i spørgsmål c) omtalte Emmentaler-stykke. Hvis du ikke har svaret på spørgsmål c), kan du anvende $n(\text{CO}_2) = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$. (10 point)

Når osten er formet fortsætter nedbrydningen af blandt andet mælkesyren og mælkenes øvrige bestanddele til en lang række mindre molekyler (primært forskellige carboxylsyrer og oxoforbindelser). Det er sammensætningen af disse nedbrydningsprodukter, der giver hver enkelt ost dens karakteristiske smag.

I schweizerost er det blandt andet propansyre og en anden carboxylsyre, der er ansvarlig for smagen.

På næste side ses ^1H -NMR-spektret for en blanding af propansyre og den anden carboxylsyre. Forstørrelser af signaler er indsat efter selve spektret.

Forholdet mellem de to syrer er ikke oplyst, men signalerne ved $\delta = 1,14 \text{ ppm}$, $\delta = 2,37 \text{ ppm}$ og $\delta = 10,49 \text{ ppm}$ tilhører propansyre. De øvrige signaler tilhører den anden carboxylsyre.

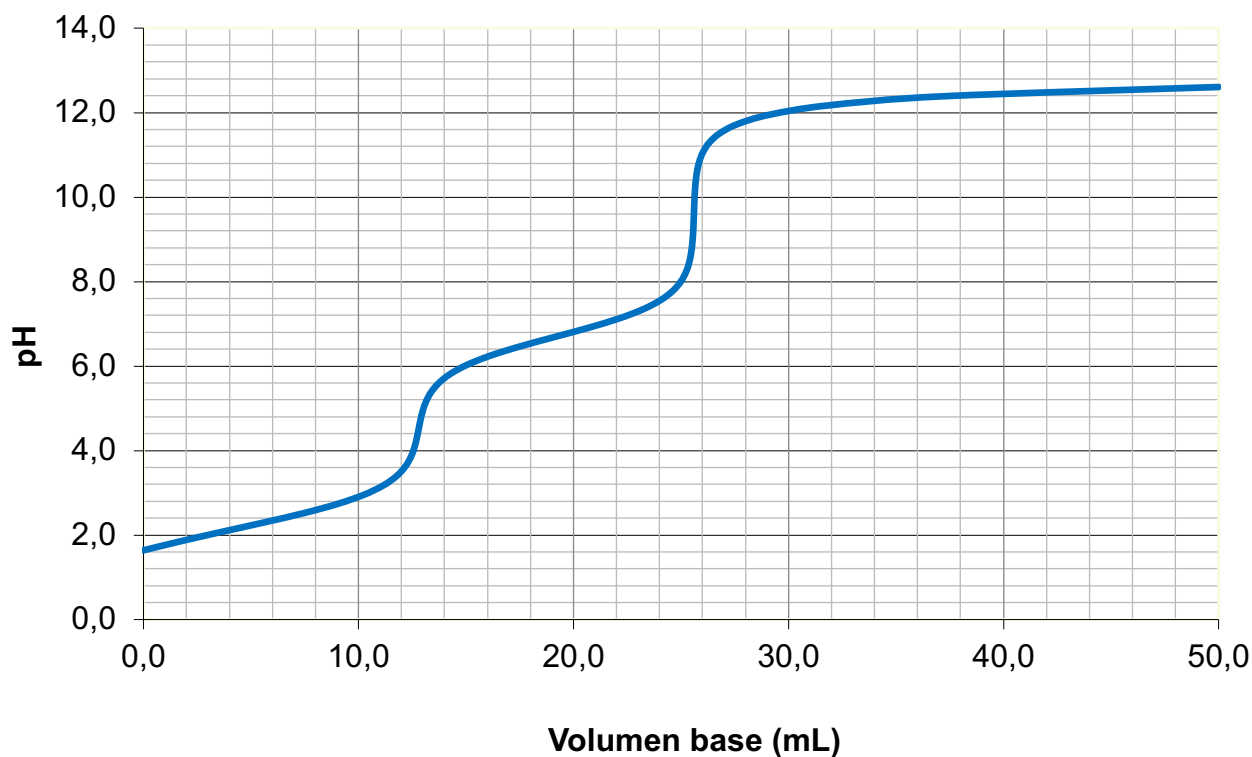


- f) Bestem på baggrund af oplysningerne i ^1H -NMR-spektret strukturen for den anden carboxylsyre. (10 point)

- g) Bestem hvor mange molekyler der er af hver syre i blandingen. (10 point)

OPGAVE 27 – En ukendt dihydron syre

En dihydron syre, **S**, titreres med 0,100 M NaOH. Titrerkurven kan ses herunder. Til titreringen blev der anvendt 10,00 mL af **S**. Bemærk at **S** her *ikke* er grundstoffet svovl, men blot en generel betegnelse for syren



a) Beregn den formelle koncentration af **S**.

(10 point)

b) Bestem pK_s -værdierne for **S**.

(10 point)

Antag i det følgende at man laver en ny opløsning af **S** (det vil sige opløsningen er ikke den samme som i a) og b)). Den nye opløsning af **S** har $c(\mathbf{S}) = 0,075 \text{ M}$.

c) Beregn pH i den nye opløsning.

(10 point)

Der udtages 10,00 mL **S**.

d) Beregn pH i de 10,00 mL **S** efter tilsætning af 4,00 mL 0,100 M NaOH. (10 point)

e) Beregn pH i de 10,00 mL **S** efter tilsætning af 9,00 mL 0,100 M NaOH. (10 point)

f) Beregn pH når alt **S** i de 10,00 mL er omdannet til **S⁻**. (10 point)

OPGAVE 28 – Urankemi

Uranylionen, UO_2^{2+} , kan fremstilles med at lade UO_2^+ reagere i sure vandige opløsninger. Herved dannes der udover uranyl også uran(IV)ioner, U^{4+} .

- a) Opskriv et afstemt reaktionsskema for omdannelsen af UO_2^+ til UO_2^{2+} og U^{4+} .
(10 point)

Reaktionen blev undersøgt i et laboratorium, hvor man målte følgende initialhastigheder ved 25 °C.

FORSØG	$[\text{UO}_2^+]_0 / \text{M}$	$[\text{H}^+]_0 / \text{M}$	v_0 / Ms^{-1}
1	$2,30 \cdot 10^{-3}$	0,300	$2,59 \cdot 10^{-4}$
2	$4,60 \cdot 10^{-3}$	0,300	$1,03 \cdot 10^{-3}$
3	$2,30 \cdot 10^{-3}$	0,600	$2,60 \cdot 10^{-4}$

- b) Bestem hastighedsudtrykket for reaktionen.
(10 point)

c) Beregn hastighedskonstanten.

(10 point)

d) Hvor lang tid vil det tage at mindske $[UO_2^+]$ fra 0,0035 M til 0,0005 M? (10 point)

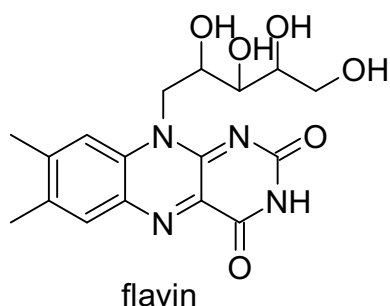
Initialhastigheden for reaktionen med $[UO_2^+] = 0,0023 \text{ M}$ er ved 50°C målt til at være $v_0 = 8,37 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}$.

e) Beregn aktiveringsenergien for reaktionen.

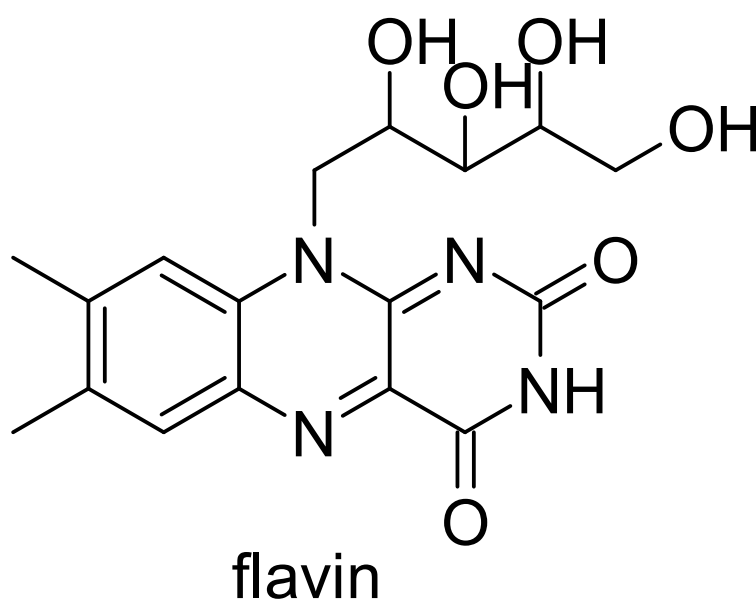
(10 point)

OPGAVE 29 – Nobelprisen i kemi i 1937

Den schweiziske kemiker Paul Karrer modtog nobelprisen i 1937. Nobel Prisen i kemi i 1937 blev delt lige mellem Walter Norman Haworth "for sit arbejde med carbohydrater og vitamin C" og Paul Karrer "for sit arbejde med carotenoider, flaviner og vitamins A og B2".



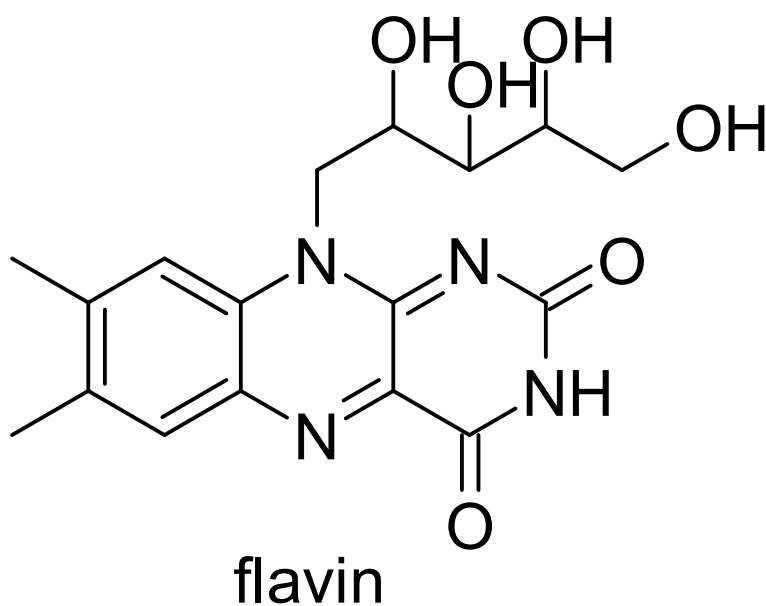
- a) Angiv de asymmetriske carbonatomer i flavin og angiv hvor mange stereoisomere der findes af flavin. (10 point)



Antal stereoisomere:

b) Marker alle sp^2 -hybridiserede carbonatomer i flavin.

(10 point)



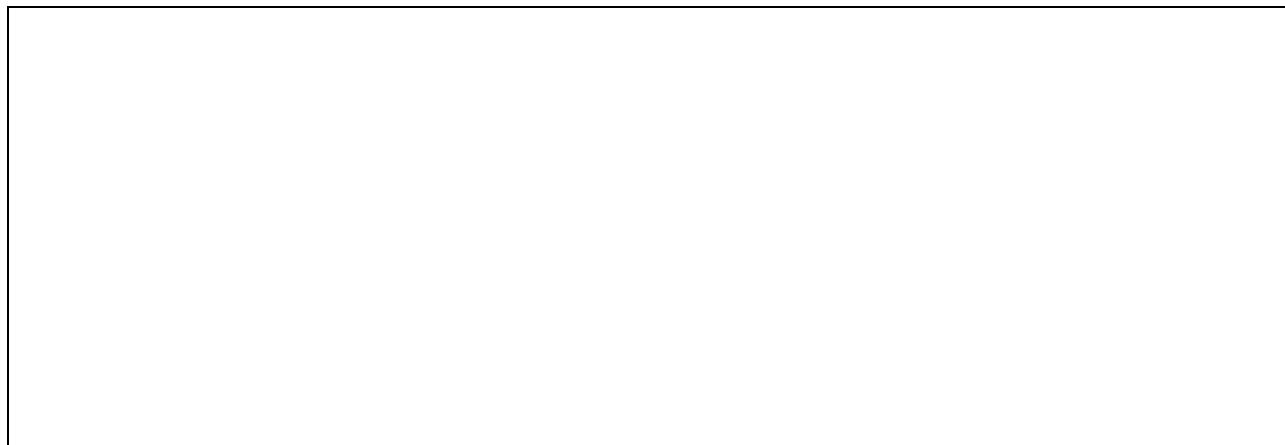
Når man vil syntetisere flavin, anvendes 3,4-dimethylanilin.

For at lave 3,4-dimethylanilin kan man starte med 1,2-dimethylbenzen og lave aromatisk substitution med dibrom og en katalysator for eksempel AlBr_3 .

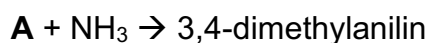


c) Opskriv de to isomere af **A**.

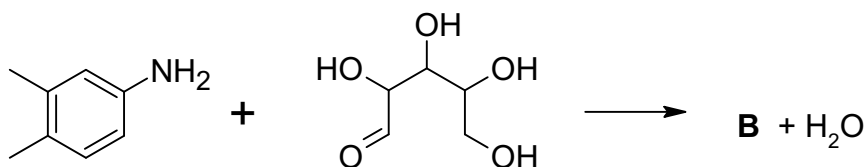
(10 point)



Herefter kan de to isomere af **A** isoleres og efterfølgende kan den ene af de to isomere reagere med ammoniak og danne 3,4-dimethylanilin.



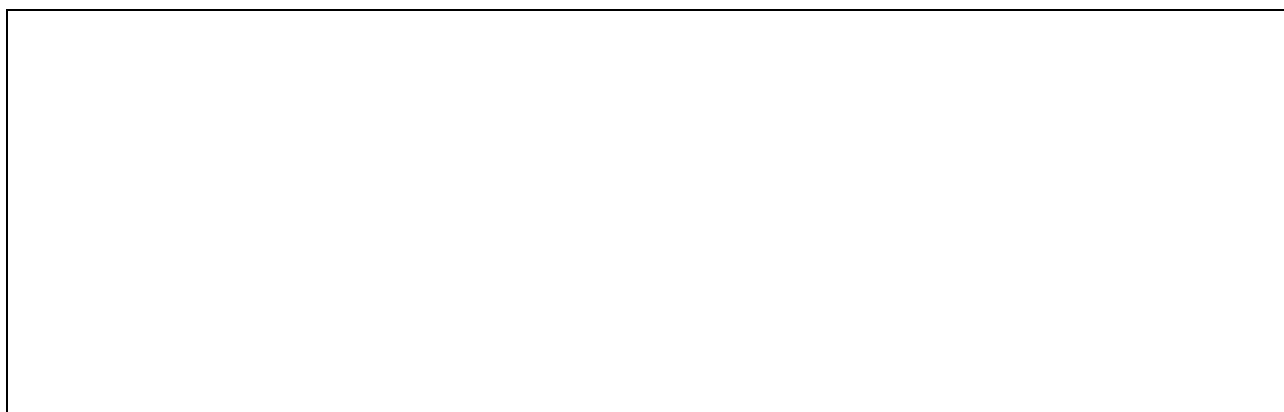
Næste trin er:



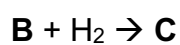
(hint: aldehyder kan reagere med aminer)

d) Angiv strukturen for **B**.

(10 point)



B reagerer med H_2/Pt og danner **C**.



e) Angiv strukturen for **C**.

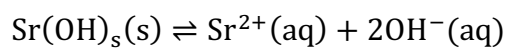
(10 point)



B kan så omdannes til flavin ved yderligere trin.

Opgave 30 – Strontiumhydroxid

Strontiumhydroxid, $\text{Sr}(\text{OH})_2$, er et moderat opløseligt salt: $K_{\text{op}}(\text{Sr}(\text{OH})_2) = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ M}^3$ ($t = 25^\circ\text{C}$).



- a) Beregn opløseligheden for $\text{Sr}(\text{OH})_2$ i $\frac{\text{g}}{\text{L}}$ ved 25°C . (10 point)

- b) Beregn $\Delta H^\ominus$ og $\Delta S^\ominus$ for reaktionen. (10 point)

- c) Beregn ændringen i standard Gibbs fri energi for reaktionen ved $t = 50\text{ °C}$.
(10 point)

- d) Beregn hvor meget mere der kan opløses (målt i $\frac{\text{g}}{\text{L}}$) ved $t = 50\text{ °C}$ i forhold til $t = 25\text{ °C}$.
(10 point)