# Fördjupningsuppgifter i kemi, facit – del 1 av 2

Senast uppdaterad: 2025-12-17

## Innehållsförteckning

Fördjupningsuppgifter i kemi, facit – del 1 av 2 ..... 1
Innehållsförteckning ..... 1
1 Inledning ..... 2
2 Utförande ..... **Fel! Bokmärket är inte definierat.**
3 Material ..... 2
4 Facit till NMR-spektroskopi ..... 3
5 Facit till termokemi ..... 15
6 Facit till elektrokemi ..... 19



CC BY NC

# 1 Inledning

Detta material är framtaget för att få en bättre förståelse för tre svåra koncept inom gymnasiekemin, nämligen NMR-spektroskopi, termokemi och elektrokemi.

Materialet är sammanställt hösten 2025 av Maja Johansson och Mohammad Mirmohades från Kemiolympiadnämnden. Samtliga uppgifter är från tidigare prov från Sveriges kemiolympiad men några av uppgifterna är modifierade för att passa detta material bättre. De inledande teoridelarna är skrivna av Maja och Mohammad.

# 2 Utförande

I materialet nedan finns det facit till uppgifter hämtade ur kemiolympiadproven mellan 2008–2025 på olika teman där svårighetsgraden ökar successivt. Materialet är indelat i olika delar:

Första delen omfattar uppgifter om NMR-spektroskopi, totalt facit till 18 uppgifter.

Andra delen omfattar uppgifter om termokemi, totalt facit till 11 uppgifter.

Tredje delen omfattar uppgifter om elektrokemi, totalt facit till 9 uppgifter.

I ett separat dokument (Fördjupningsuppgifter i kemi – del 2 av 2) finns uppgifter om organisk kemi.

# 3 Material

Det material som är tänkt att användas för att lösa uppgifterna i detta häfte är penna, sudd, skrivhäfte/papper, miniräknare och formelsamling (med periodiska systemet).

# 4 NMR-spektroskopi facit

**4.2.1)** Rätt svar: (i) 1

Alla protoner i $C(CH_3)_4$ är ekvivalenta (har samma omgivning) och ger därför bara en signal i $^1$H-NMR.

**4.2.2)** Rätt svar: (iv) $CH_3CH_2CHO$

(i) De 3 väteatomerna befinner sig i samma miljö, dvs det finns endast en protonmiljö

(ii) De 6 väteatomerna befinner sig i samma miljö, dvs det finns endast en protonmiljö

(iii) De 6 väteatomerna på de yttre kolen är i samma miljö, de 2 på den mittersta kolatomen är i en annan miljö. Det finns alltså 2 olika protonmiljöer.

(iv) Väteatomerna på alla tre kolatomerna befinner sig i olika miljöer, dvs det finns tre olika protonmiljöer.

**4.2.3)** Rätt svar: b) $ClH_2C–CCl_2–CH_3$

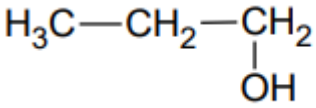
Eftersom det är två signaler som båda är singletter betyder det att vi har väteatomer med två olika omgivningar men som båda saknar vätegrannar. Svarsalternativ a), b) och c) ger upphov till NMR-spektrum med två toppar eftersom de har väteatomer i två olika omgivningar. Enbart a) och b) har dock rätt förhållande mellan väteatomerna, nämligen 2:3, medan c) har förhållandet 1:4. Däremot är det enbart b) som ger toppar utan splittring eftersom den är den enda molekylen av dessa där väteatomerna saknar vätegrannar.

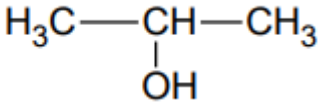
**4.2.4)** Rätt svar: H

Multiplett-topparna runt 7 ppm tillhör vätena på aromatringen. Den breda singletten runt 6,6–6,7 ppm tillhör OH-vätet som inte deltar i kondensationsreaktionen. Toppen vid 5 ppm är $CH_2$-gruppen som befinner sig mellan OH-gruppen och bensenringen, eftersom den saknar vätegrannar är det en singlett. Kvartettoppen vid 4 ppm och triplettoppen vid 1,4 ppm tillhör etoxigruppen som binder till bensenringen. Därmed är den enda topp som uppkommer efter kondensationsreaktionen singlettoppen vid 2 ppm. Eftersom det är en singlett betyder det att vätena saknar grannar och då kan alla karboxylsyror uteslutas förutom etansyra (ättiksyra) som har en metylgrupp där vätena saknar grannar. Eftersom integralen också är 3 bekräftar det att vi har en metylgrupp.

**4.2.5)** Rätt svar:

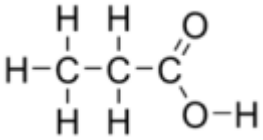
a) Vatten adderas till propen över dubbelbindningen. Då bildas, beroende på vilken kolatom -OH hamnar på, antingen 1-propanol eller 2-propanol:





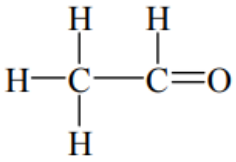
b) 1-propanol (primär alkohol) oxideras till propansyra. Propansyra har 3 väteatomer i en protonmiljö, 2 väteatomer i en annan och 1 väteatom i en tredje protonmiljö.

2-propanol (sekundär alkohol) oxideras till 2-propanon. 2-propanon har alla 6 väteatomer i samma protonmiljö vilket ger upphov till endast en topp i ett 1H-NMR-spektrum. Det NMR-spektrum som visas i bilden har tre toppar, dvs det finns väteatomer i tre olika protonmiljöer. C är alltså propansyra.



**4.2.6)** Rätt svar: 1: Bromcyklopentan, 2: Cyklopenten, 3: Cyklopentanol

**4.2.7)** Rätt svar:



acetaldehyd (etanal)

Från masspektrum kan vi se att det finns en metylgrupp (15), en karbonylgrupp (28) och att molekylmassan är 44 u. I NMR-spektrumet kan vi se en aldehydtopp eller en karboxyltopp vid 9,5 ppm samt en metyltopp nära 2 ppm. Vi kan utesluta metansyra eftersom molekylmassan för metansyra är 60 u. Därmed kan det enbart vara etanal.

**4.2.8)** Rätt svar:

a) 1 mol $H_2O$ motsvarar 2 mol H

$n(H) = 2 \cdot n(H_2O) = 2 \cdot (0{,}172/18{,}016) = 1{,}91 \cdot 10^{-2}$ mol

$m(H) = 1{,}91 \cdot 10^{-2} \cdot 1{,}008 = 0{,}0192g$

1 mol $CO_2$ motsvarar 1 mol C

$n(C) = n(CO_2) = 0{,}279/44{,}01 = 6{,}34 \cdot 10^{-3}$ mol

$m(C) = 6{,}34 \cdot 10^{-3} \cdot 12{,}01$ g = 0,0761g

m(N) = 0,125g – (0,0761g + 0,0192g) = 0,0297g

$n(N) = 0{,}0297 / 14{,}01$ mol $= 2{,}12 \cdot 10^{-3}$ mol

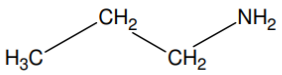
$n(H) : n(N) : n(C) = 1{,}91 \cdot 10^{-2} : 2{,}12 \cdot 10^{-3} : 6{,}34 \cdot 10^{-3} \approx 9 : 1 : 3$

Empiriska formeln är **$C_3H_9N$**

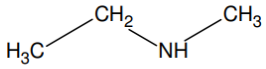
b) Empirisk formel och molekylformen är samma eftersom molmassan för föreningen är 59 g/mol enligt masspektrumet.

c)

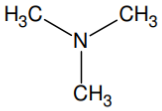
A



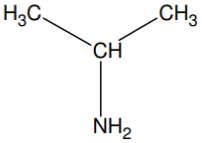

B




C




D




d) $^1$H NMR-spektrumet visar endast en singlett. Det betyder att alla väten är ekvivalenta (pga att det bara finns en topp) och därmed att de också saknar vätegrannar med annan omgivning. Den enda föreningen som passar in på detta är **förening C**.

**4.2.9)** Rätt svar:

IR: Stor topp vid 1700 $cm^{-1}$. Indikerar förekomsten av ett karbonylkol.

NMR: 1 väte vid 9,7 ppm. Indikerar ett väte i en aldehydgrupp De övriga fyra topparna kommer från 2 + 2 + 2 + 3 väteatomer som inbördes har samma kemiska omgivning. Indikerar förekomsten av tre st $–CH_2–$ och en $–CH_3$. Enda möjligheten är då en aldehyd med rak kolkedja.

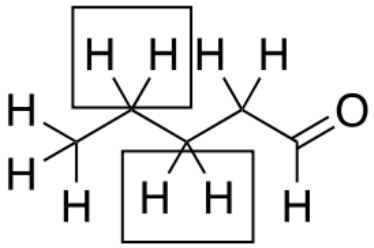
Toppen vid 2,4 ppm är en triplett, dvs de två vätena kopplar till 2 andra väteatomer Toppen kommer ifrån vätena på kolatom 2.

Toppen vid 1,6 ppm är en kvintett, dvs de två vätena kopplar till 4 andra väteatomer Toppen kommer ifrån vätena på kolatom 3.

Toppen vid 1,35 ppm är en sextett, dvs de två vätena kopplar till 5 andra väteatomer
Toppen kommer ifrån vätena på kolatom 4.

Toppen vid 0,9 ppm är en triplett, dvs de tre vätena kopplar till 2 andra väteatomer
Toppen kommer ifrån vätena på kolatom 5.

Molekylen är då med NMR-signaler vid 1,6 ppm och 1,35 ppm inringade:




**4.2.10**) Rätt svar:

a) Antag 1 mol av föreningen:

n(C) = (0,7176 · 234,34 / 12,01) mol = 14,00 mol

n(H) = (0,0946 · 234,34 / 1,008) mol = 21,99 mol

n(N) = (0,1195 · 234,34 / 14,01) mol = 2,00 mol

n(O) = (0,0683 · 234,34 / 16,00) mol = 1,00 mol

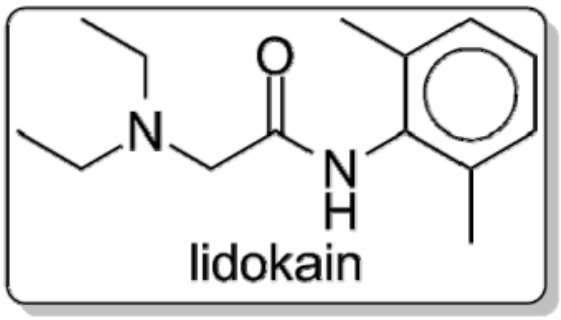
Molekylformeln är $C_{14}H_{22}N_2O$

b)

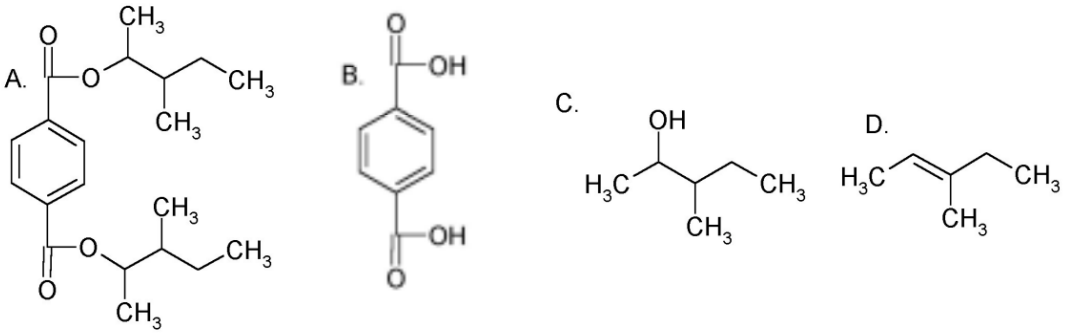
| **Skift** | 9,14 | 7,06 | 3,13 | 2,62 | 2,14 | 1,07 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Splittring** | singlett | multiplett* | singlett | kvartett | singlett | triplett |
| **Integral** | 1 | 3 | 2 | 4 | 6 | 6 |
| **Tolkning** | N-H väte | Tre aromatiska väten | $CH_2$-grupp intill karbonyl | 2 x $CH_2$ från etylgrupp | 2 x $CH_3$ på fenylring | 2 x $CH_3$ från etylgrupp |

* De tre aromatiska vätena vid 7,06 ppm råkar överlappa och ger en singlettliknande topp. Både singlett och multiplett godkänns som svar.

c) Från molekylformeln inses att fyra kol och tio väten saknas från strukturen vilket därmed måste ingå i de båda R-substituenterna, kvävet bär därför två stycken $C_2H_5$-enheter, d.v.s, R är en etylgrupp. $^1$H-NMR spektrumet bekräftar förekomsten av 2 identiska etylgrupper. $CH_2$-gruppen (2,62 ppm, kvartett) och $CH_3$-gruppen (1,07 ppm, triplett) på etylgrupperna kopplar till varandra.




**4.2.11)** Rätt svar:




**4.2.12)** Rätt svar:

a) $C_{12}H_{18}O$

Räkna på 1 mol (178,3 g) propofol

n(C) = (178,3 · 0,8085/12,01) mol = 12,00 mol

n(H) = (178,3 · 0,1018/1,008) mol = 18,01 mol

n(O) = (178,3 · 0,0897/16,00) mol = 1,00 mol

b)

Toppar vid 6,7-7,0 ppm: **3 st** väte i **aromatisk grupp**

Topp vid 4,7 ppm: **1 st** väte i **OH grupp**

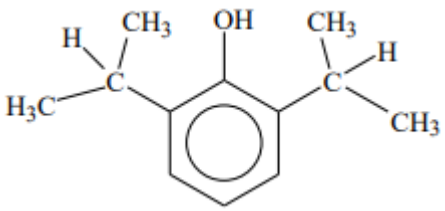
Topp vid 3,2 ppm: **2 st** väte i **CH grupp**

Topp vid 1,2 ppm, **12 st** väte i **$CH_3$ grupp**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Kemiskt skift (ppm)** | 6,7-7,0 | 4,7 | 3,2 | 1,2 |
| **Splittrings-mönster** | multiplett | singlett | heptett | dublett |
| **Integral** | 3 | 1 | 2 | 12 |
| **Tolkning** | En **bensenring** med 3 väten | En **OH**-grupp | En **CH**-grupp med 6 grannväten | Fyra **$CH_3$**-grupper med 1 grannväte |

I aromatområdet syns främst en dubblett (2st H) starkt kopplad till en triplett (1st H) med tydlig så kallad ”roofing effect” pga stark koppling, dvs J-kopplingen är av samma storleksordning som frekvenskillnaden i kemiskt skift. Även ytterligare finstruktur pga ”long range copuling” kan anas i multipletterna. OH toppen är något breddad pga kemiskt utbyte. CH toppen är splittrad till en heptett pga koppling till två $CH_3$-grupper, (2n+1) multiplett med n=6. Totalt 2 st ekvivalenta CH ger integral 2 $CH_3$-toppen är en dubblett pga av koppling till CH. Totalt 4 st ekvivalenta $CH_3$ ger integral 12.

c)



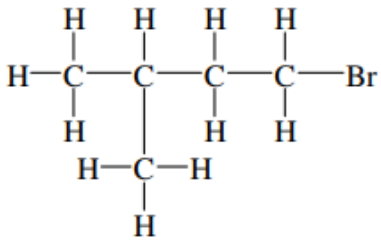

**4.2.13)** Rätt svar:

a) 8 strukturisomerer, nämligen:

1-brompentan, 2-brompentan, 3-brompentan, 1-brom-2-metylbutan, 2-brom-2-meylbutan, 2-brom-3-metylbutan, 1-brom-3-metylbutan och 1-brom-2,2-dimetylpropan.

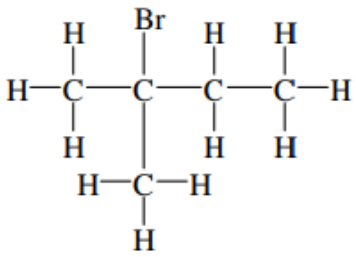
b)

**A:**



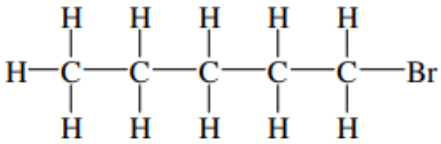
1-brom-3-metylbutan

**B:**



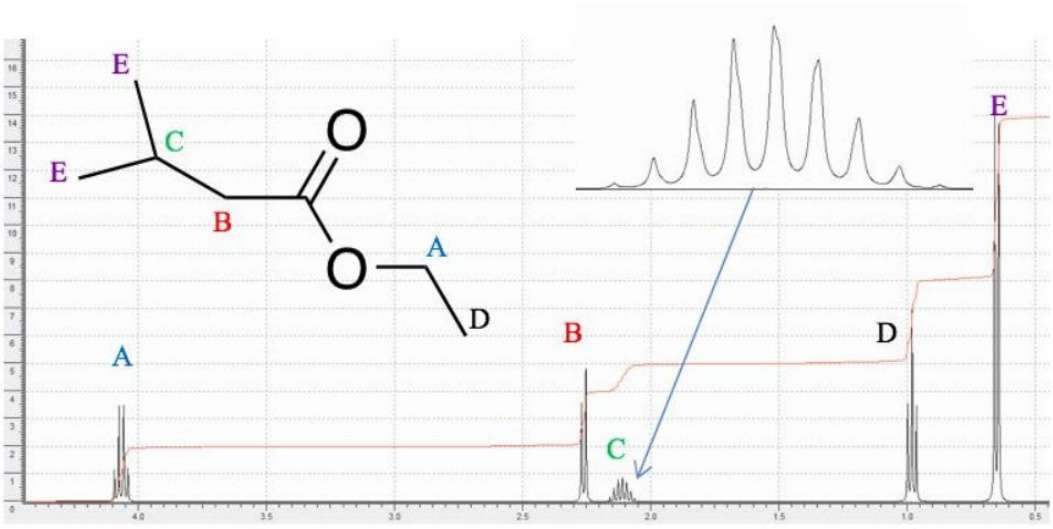
2-brom-2-metylbutan

**C:**



1-brompentan

**4.2.14)** Rätt svar:




| Signal | Kemiskt skift (ppm) | Integral (antal H) | Splittrings-mönster | Antal H som grannar | Struktur-element |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 4,05 | 2 | Kvartett | 3 | $CH_2$ |
| B | 2,25 | 2 | Dublett | 1 | $CH_2$ |
| C | 2,10 | 1 | Nonett | 8 | CH |
| D | 0,95 | 3 | Triplett | 2 | $CH_3$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| E | 0,65 | 6 | Dublett | 1 | 2x$CH_3$ |

**4.2.15)** Rätt svar: A: Pelargonidin, B: Cyanidin, C: Delfinidin, D: Petunidin

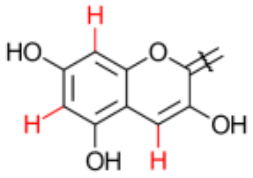
Notationen ovanför topparna i NMR- spektrumen innebär:

s(3) = singlett, tre väteatomer

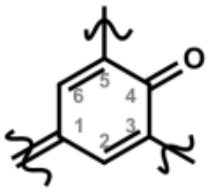
d(1) = dubblett, en väteatom etc.

*Alternativ 1:* Identifiera toppen för OH-grupperna runt 4 ppm. Väten som är bundna till syreatomer tenderar att bytas ut med väten i lösningen vid NMR, vilket ger breda signaler. Utifrån integralen kan delfinidin (integral 5) och pelargonin (integral 3) identifieras. Både cyanidin och petunidin har 4 OH-grupper men endast petunidin innehåller icke-aromatiska väten i metylgruppen (—$CH_3$) som utgör singletten vid 3 ppm i D.

*Alternativ 2:* Den bicycliska delen (se nedan) har 3 unika väten, och då denna del finns hos samtliga ämnen är även motsvarande signaler närvarande för samtliga. Det finns fyra signaler som är i stort sett identiska för alla fyra spektrumen: δ = 6,5 (1H, s), 6,1 (1H, d), 5,7 (1H, d) och 3,4. Signalerna 6,1 och 5,7 J-kopplar med varandra genom meta-kopping (4 J) vilket ger upphov till dubbletterna och de visar på de två vänstra vätena i dubbelringen. “Roofingeffekten” bekräftar J-kopplingen. Signalen vid 3,4 saknar integral och motsvarar lösningsmedlet ($D_2O$) vilket lämnar signalen vid 6,5 (1H, d) för det tredje aromatiska vätet. För de övriga signalerna är metylgruppen i petunidin lättast att identifiera då inget av de andra ämnena har icke-aromatiska väten, bortsett från OH-grupper. I A och B syns det även en dubblett vid 5,2 som motsvarar väten på position 3 och 5 i ringen (se nedan) och från integralen kan man särskilja cyanidin (endast position 3) och pelargonodin (både position 3 och 5). Väten i position 2 och 6 ger upphov till signaler vid 6,7 vilka J-kopplar med position 3 och 5, samt varierar multipliciteten. Notera även att för delfinidin går de två singletterna ihop då ringen blir symmetrisk kring dubbelbindningen. I petunidin får vätet i position 2 ett kraftigt sänkt skift eftersom metylgruppen gör syret i etergruppen mindre elektrondragande än en hydroxylgrupp.




Bicycliska delen hos samtliga antocyanidiner.




Angivna positoner i övre högra ringen hos samtliga antocyanidiner.

**4.2.16)** Rätt svar:

a) C: singlett, grannatomen S saknar väte D: triplett, grannkolatomen (kol E) har två väten. F: triplett, grannkolatomen (kol E) har två väten.

b) E (grannkolet F har 4 olika substituenter), K (grannkolet L har 4 olika substituenter)

c) Area A: 1,6 cm , Area B: 0,4 cm

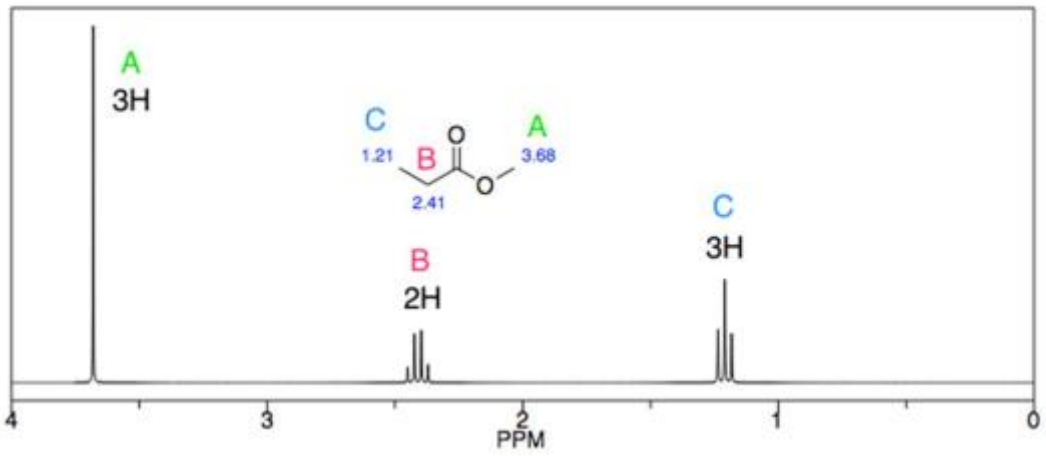
$$K = \frac{[kreatinin]}{[kreatin]} = \frac{1{,}6}{0{,}4} = 4$$

**4.2.17)** Rätt svar:

a) n(C) = n($CO_2$) = (4,000/44,01) mol = 0,09089 mol
m(C) = 0,09089 · 12,01 g = 1,092 g
n(H) = 2 · n($H_2O$) = 2 · (1,636/18,02) mol = 0,1816 mol
m(H) =0,1816 · 1,008 g = 0,183 g
m(O) = (2,000 – 1,092 – 0,183) g = 0,725 g
n(O) = (0,725/16,00)mol = 0,0453 mol
C:H:O = 0,09089:0,1816:0,0453 ≈ 2:4:1 Empiriska formeln är $C_2H_4O$
$C_2H_4O$ har molmassan 44 g/mol dvs molekylformeln blir $C_4H_8O_2$

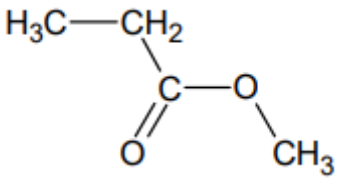
b) Förening A ger neutralt pH i vattenlösning => A är inte en karboxylsyra.
Ger upphov till två skikt i vatten => A innehåller ej hydroxylgrupp (ej alkohol)
Avfärgar inte bromvatten => A innehåller inte någon kol-kol dubbelbindning.

$^1$H-NMR-spektrumet för förening A ger upphov till följande data:




| **Topp** | **Kemiskt skift (ppm)** | **Splittringsmönster** | **Relativ intensistet** |
|---|---|---|---|
| A | 3,7 | singlett | 2 väten $CH_3$ |
| B | 2,4 | Kvartett | 2 väten $CH_2$ |
| C | 1,2 | triplett | 3 väten $CH_3$ |

Det höga kemiska skiftet på metylgruppen A (singlett => inga vätegrannar inom tre bindningars längd.) på 3,7 ppm innebär att metylgruppen sitter direkt kopplad till ett syre (får ett ”eter-liknande” kemiskt skift). Därmed kan den isomera produkten etyletanoat uteslutas.




c) Metylpropanoat.

**4.2.18)** Rätt svar:

a)

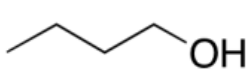
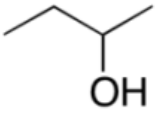
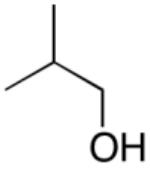
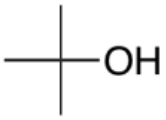
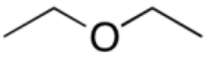
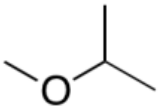
Förening 1: 1-butanol

Förening 2: 2-butanol

Förening 3: 2-metyl-1-propanol

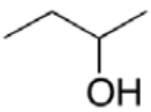
Förening 4: 2-metyl-2-propanol

b)

| | |
|---|---|
| **Förening 1**  | **Förening 2**  |
| **Förening 3**  | **Förening 4**  |
| **Förening 5**  | **Förening 6**  |
| **Förening 7**  | |

Förening 1–7 har alla samma molekylformel, $C_4H_{10}O$, vilket enligt den generella summaformeln för alkaner, $C_nH_{2n+2}$, innebär att de består av en mättad alkylkedja som är sammanlänkad med en syreatom. Förening 1–7 kan därför endast vara antingen en alkohol eller en eter.

Förening 1–4 har en bred absorptionstopp vid vågtalet 3300 $cm^{-1}$ i deras IR-spektrum => förening 1–4 bär den funktionella gruppen hydroxyl (OH) och är därmed alkoholer. Förening 5, 6 och 7 har lägre kokpunkt än förening 1–4 => förening 5–7 är etrar (saknar förmåga att vätebinda => lägre kokpunkt än alkoholer). Förening 2 kan förekomma som olika optiska isomerer => förening 2 har ett kiralt kol som bär fyra olika substituenter. Vidare gäller att förening 2 är en alkohol. Den enda möjliga strukturen är därför:

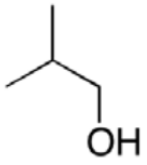


**2- butanol**

$^1$H NMR spektrumet för förening 3 ger följande information:

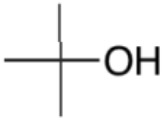
| Signal | Splittringsmönster | Antal grannväten | Relativ intensitet |
|---|---|---|---|
| A | dubblett | 1 | 6 |
| B | multiplett | obestämd | 1 |
| C | dubblett | 1 | 2 |

obs – Den breda signalen vid ca 2,5 ppm motsvarar vätet på hydroxylgruppen (OH). Med informationen i tabellen ovan inses att förening 3 måste ha följande struktur:




**2-metyl-1-propanol**

$^1$H NMR spektrumet för förening 4 består endast av två distinkta signaler => Väteatomerna i föreningen befinner sig i endast två olika molekylära miljöer. Vidare gäller att förening 4 är en alkohol och dess struktur är därför:




**2-metyl-2-propanol**

Den sista av alkoholerna är förening 1 och den enda kombinationen som inte redan använts är:

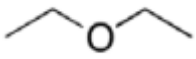



**1-butanol**

$^1$H NMR spektrumet för förening 5 ger upphov till följande data:

| Kemiskt skift (ppm) | Splittringsmönster | Grannväten | Relativ intensitet |
|---|---|---|---|
| 1,21 | triplett | 2 | 3 |
| 3,47 | kvartett | 3 | 2 |

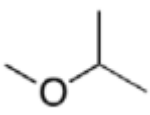
Förening 5 måste vara en eter med två ekvivalenta $CH_3$-grupper och två ekvivalenta $CH_2$- grupper. Förening 5 har därför strukturen:




$^{13}$C NMR spektrumet för förening 6 uppvisar fyra distinkta signaler => fyra kol som befinner sig i olika molekylär miljö. Förening 6 är även en eter och har därför följande struktur:




På samma vis inses att förening 7 med tre unika kol har strukturen:



# 5 Termokemi - facit

**5.2.1)** Rätt svar: e) exoterm

**5.2.2)** Rätt svar: (iv) Värdena på både ΔH och ΔS är negativa.

Vi har sambandet: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ där T står för temperaturen i Kelvin.

För en spontan reaktion är $\Delta G<0$ och för en icke-spontan reaktion är $\Delta G>0$.

Vid väldigt låga temperaturer (T) kan vi bortse från entropitermen i ekvationen för ΔH kommer dominera och $\Delta G \approx \Delta H$. Vi kan då konstatera att ΔH är negativt eftersom reaktionen är spontan vid låga temperaturer.

Vid väldigt höga temperaturen kan vi å andra sidan bortse från entalpitermen i ekvationen för entropitermen $-T\Delta S$ kommer dominera och $\Delta G \approx -T\Delta S$. Vi kan då konstatera att eftersom T alltid är positivt så måste ΔS vara negativt vid höga temperaturer eftersom reaktionen är icke-spontan vid höga temperaturer.

**5.2.3)** Rätt svar:

b) $Li^+ (g) + F^- (g) \rightarrow LiF (s)$

Reaktion a) och c) är endoterma eftersom man separerar på positiva och negativa joner. Därmed är entalpiändringen positiv för dessa reaktioner. Reaktion b) och d) däremot är exoterma eftersom två olikladdade joner närmar sig varandra och deras elektrostatiska lägesenergi omvandlas till värmeenergi som frigörs till omgivningen. Därmed är entalpiändringen negativ för dessa två reaktioner. Den reaktion som har mest negativ entalpiändring (och frigör mest energi) är b) eftersom dessa joner är mindre så därmed kommer de hamna närmare varandra och därmed ha lägre elektrostatisk lägesenergi i produkten.

**5.2.4)** Rätt svar: e) –518 kJ

$H_2S (g) + 3/2O_2 (g) \rightarrow H_2O (g) + SO_2 (g)$

$\Delta H = \Delta H_f(H_2O) + \Delta H_f(SO_2) - 3/2\Delta H_f(O_2) - \Delta H_f(H_2S) = -242 + (-297) - 3/2 \cdot 0 - (-21) =$

**$-518$ kJ/mol $H_2S$**

**5.2.5)** Rätt svar:

$\Delta H = -394 - (-520) =$ **126 kJ/mol**

**5.2.6)** Rätt svar: d) $1{,}4 \cdot 10^9$ J/s

**5.2.7)** Rätt svar:

a) $C_{12}H_{22}O_{11} + 12O_2 \rightarrow 12CO_2 + 11H_2O$

b)

m(sukros) = 22 g

M(sukros) = 342,3 g/mol

n(sukros) = m/M = (22 /342,3) mol = 0,0643 mol

ΔH = (-5637 · 0,0643) kJ = –363 kJ ≈ – 360 kJ (exoterm)

Det frigörs **360 kJ**

c) ΔH = (528 · 105) kJ = 55,4 kJ ≈ 55 kJ (endoterm)

Det behövs **55 kJ**

d) Svar: **Nej**. Sockret frigör nästan 7 gånger så mycket värme som behövs för att smälta och värma glassen till kroppstemperatur.

**5.2.8)** Rätt svar:

Solinstrålningen är 1000 W/m$^2$, och fältets yta är 200 m x 300 m. Den totala effekten P som träffar solcellerna är:

$P$ = 1000 $W\ m^2$ · 200 $m$ · 300 $m$ = 6 · $10^7$ $W$

Med en verkningsgrad på 20 % genererar solcellerna:

6 · $10^7$ $W$ · 0,20 = 1,2 · $10^7$ $W$ Under 8 timmar genereras energi:

1,2 · $10^7$ $W$ · 8 $h$ · 3600 $s\ h$ = 3,456 · $10^{11}$ $J$

Elektrolysörens verkningsgrad är 75 %. Den användbara energin för att producera vätgas blir då:

3,456 · $10^{11}$ $J$ · 0,75 = 2,592 · $10^{11}$ $J$

Den mängd elektroner som förflyttas kan då härledas från Nernst ekvation, $\Delta G^0$=nFE:

$n(e^-)$ = 2,592 · $10^{11}$ $J$/ (1,23 $V$ · 96485,3365 $C/mol$) = 2,184080 … · $10^6$ $mol$

där 96 485,3365 C/mol är Faradays konstant som anger hur många laddningar i SI-enheten Coulomb som motsvarar en mol elementarladdningar. För varje

vätgasmolekyl som bildas behöver två elektroner förflyttas, därmed är substansmängden vätgas:

$n(H_2)$ = 2,184080 … · $10^6$ $mol/2$ = 1,092040 … · $10^6$ $mol \approx$ **1 · $10^6$ $mol$**

**5.2.9)** Rätt svar:

a) $\Delta Hsol = \Delta H_{f,NaAc(aq)} - \Delta H_{f,NaAc(s)}$ = (–1 583,3 – (–1 603)) kJ/mol = **19,7 kJ/mol**
Egentligen utgörs den fasta fasen som faller ut av NaAc·$3H_2O$, vilket även förklarar varför den har så hög värmekapacitet, $C_p$. Värmekapaciteten och bildningsentalpin som anges i uppgiften avser NaAc·$3H_2O$ men vi har valt att benämna den fasta fasen NaAc för att förenkla uppgiften. Vattenfri natriumacetat har i själva verket $\Delta H_{f,NaAc(s)}$= –709,3 kJ/mol, men det är inte denna som fälls ut i värmepåsen.

b) **(ii) Endoterm**, eftersom $\Delta H_{sol} > 0$

c) n = m/M = (4,5/82,03) mol = 0,05486 mol

$\Delta H = n \cdot \Delta H = n \cdot (-\Delta H_{sol})$ = (0,05486 · (–19,7)) kJ = –1,081 kJ = –1081 J

Genom att göra en enhetsanalys eller tolka texten inses att $\Delta H = -C_p \cdot \Delta T$

$\Delta H = -C_p \cdot \Delta T \rightarrow -1081 = -31 \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T$ = 34,9 K = 34,9 ˚C.

$T_2 = T_1 + \Delta T$ = 20 ˚C + 34,9 ˚C ≈ **55 ˚C**

**5.2.10)** Rätt svar:

a) n CO + (2n+1) $H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}$ + n $H_2O$

b) (1,7/2,7) · (0,747 / 24,8) mol = **0,0190 mol $H_2$**

c) (1/2,7) · (0,747 / 24,8) mol = **0,0112 mol CO**

d) (26 · 60 · 3,6·$10^3$) J + (34 · 60 · 0,80·$10^3$) J = 7248 ·$10^3$ J = **7248 kJ**

e) $\Delta H°$ = 0,0190 mol · (−286 kJ $mol^{-1}$) + (0,0112 mol · (−283 kJ $mol^{-1}$ )) = – 8,60 kJ

Det frigörs **8,60 kJ**.

f) 8,60 kJ / 7248 kJ = 0,0012 = **0,12 %**

g) Från n = 7 till n = 8, ($\Delta$n = 1) tillkommer 654 kJ $mol^{-1}$. För n = 12 ($\Delta$n = 4, från n = 8) $\Rightarrow \Delta_cH°$ = −5470 − (4 · 654 kJ $mol^{-1}$) = **–8086 kJ/mol**

h)

(1) $C_{12}H_{26} + 18{,}5\ O_2 \rightarrow 12\ CO_2 + 13\ H_2O$ $\Delta_cH° = -8086$ kJ/mol

(2) $CO + 0{,}5\ O_2 \rightarrow CO_2$ $\Delta_cH° = -283$ kJ/mol

(3) $H_2 + 0{,}5\ O_2 \rightarrow H_2O$ $\Delta_cH° = -286$ kJ/mol

(4) $12\ CO + 25\ H_2 \rightarrow C_{12}H_{26} + 12\ H_2O$ $\Delta H°$ Sökt entalpi

(4) = 12 · (2) + 25 · (3) – 1· (1)

$\Delta H° = (12 \cdot (-283) + 25 \cdot (-286) - 1 \cdot (-8086))$ kJ/mol = **– 2460 kJ/mol**

**5.2.11)** Rätt svar:

a) $CH_3OH + 3\ H_2O_2 \rightarrow CO_2 + 5\ H_2O$

b) $N_2$ och $H_2O$

c) $\Delta H^o$ för reaktionen då hydrazin framställs kan beräknas ur bildningsentalpierna:

$\Delta H^o$ (framställning) = $2 \cdot \Delta H_f^o(H_2O) + \Delta H_f^o(N_2H_4) - 2 \cdot \Delta H_f^o(NH_3) - \Delta H_f^o(H_2O_2)$

Med insatta siffervärden: $-241{,}0 = 2 \cdot (-285{,}8) + \Delta H_f^o\ (N_2H_4) - 2 \cdot (-46{,}1) - (-187{,}8)$

$\Delta H_f^o(N_2H_4)$ = **50,6 kJ/mol**

$\Delta H^o$ (sönderdelningen av $N_2H_4$) = $-\Delta H_f^o(N_2H_4)$ = **– 50,6 kJ/mol**

d) $m(N_2H_4) = (225 \cdot 10^3 \cdot 1{,}021)$ g = 229700 g; $M(N_2H_4) = 32{,}052$ g/mol;

$n(N_2H_4)$ = (229700 / 32,052) g/mol = 7167 mol

Utvecklad värmeenergi från hydrazin: $(7167 \cdot 622{,}2)$ kJ = $4{,}459 \cdot 10^6$ kJ

På samma sätt erhålls för metanol: $15{,}465 \cdot 10^6$ kJ

Totalt utvecklad värmeenergi: $4{,}459 \cdot 10^6$ kJ + $15{,}465 \cdot 10^6$ kJ = **$19{,}9 \cdot 10^6$ kJ**

# 6 Elektrokemi - facit

**6.2.1)** Rätt svar: (v) 6

**6.2.2)** Rätt svar: a) Cr(s)

**6.2.3)** Rätt svar:

b) $Cd(s) + Pb^{2+}(aq)$

c) $Fe(s) + Pb^{2+}(aq)$

**6.2.4)** Rätt svar: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

Vid katoden sker en reduktion. Det ämne som reduceras där är det starkaste oxidationsmedlet i lösningen. Det finns tre olika sorters partiklar i lösningen, sulfatjoner, litiumjoner och vattenmolekyler. I och med att litium (som är en alkalimetall) spontant reagerar med vatten och oxideras till litiumjoner medan vatten reduceras till vätgas så kan vi konstatera att vatten är ett starkare oxidationsmedel än litiumjoner. På samma sätt kan vi komma fram till att vatten är ett starkare oxidationsmedel än sulfatjoner eftersom sulfatjonen reduceras med svårighet och är generellt ett väldigt dåligt oxidationsmedel (förutom i väldigt sura lösningar, koncentrerad svavelsyra har förmågan att oxidera koppar i varm lösning pga att sulfatjonerna reduceras till svaveldioxid).

**6.2.5)** Rätt svar:

$2Fe^{3+}(aq) + Fe(s) \rightarrow 3Fe^{2+}(aq)$

emk = 0,77 V – (-0,44) V = **1,21 V**

**6.2.6)** Rätt svar:

$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$ 1 mol Al ⇔ 3 mol $e^-$

1,00 ton = $10^6$ g Al

n(Al) = $10^6$ g/27,0 g/mol = 37037 mol

$n(e^-) = 3 \cdot 37037$ mol=111 111 mol

$I \cdot t = n(e^-) \cdot F <=> t = n(e^-) \cdot F/I$ = 111 111 mol · 96 485 C/mol/10 000 A = 1 072 056 s = **298 timmar**

**6.2.7)** Rätt svar:

a) $\Lambda° = (2 \cdot 73{,}5 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 80{,}0 \cdot 10^{-4})$ S·m²·mol⁻¹ = **0,0307 S·m²·mol⁻¹**

b) $\Lambda°(BaI_2) = 2(\Lambda°(½BaCl_2) + \Lambda°(NaI) - \Lambda°(NaCl)) = 2\cdot(139,9 + 126,9 - 126,4)$ S·cm²·mol⁻¹ = 280,8 S·cm²·mol⁻¹ = **$280,8 \cdot 10^{-4}$ S·m²·mol⁻¹**

c) **Nej**. Svaret går att resonera sig fram till. NaCl består av envärda (monovalenta) joner, medan $MgSO_4$ innehåller tvåvärda joner. Jonmobiliteten är ungefär lika mellan $Na^+$ och $Mg^{2+}$ och mellan $Cl^-$ och $SO_4^{2-}$. När jonerna förflyttas ungefär lika snabbt, men har olika laddningar, kommer de som har mer laddning leda elektricitet bättre.

**6.2.8)** Rätt svar:

a) Li i $Li_2CO_3$: +I  Li i $LiCoO_2$: +I  Co i $Co_3O_4$: +8/3*

Co i $LiCoO_2$: +III

*Även +II/+III eller +II/+III/+III godtas för Co i $Co_3O_4$

b) **6**$Li_2CO_3$ (s) + **4**$Co_3O_4$ (s) + **1**$O_2$ (g) → **12**$LiCoO_2$ (s) + **6**$CO_2$ (g)

c) Vänster: $Li \rightarrow Li^+ + e^-$  Höger: $CoO_2 + Li^+ + e^- \rightarrow LiCoO_2$

d) $Li + CoO_2 \rightarrow LiCoO_2$

e) Rätta alternativen är (iii) och (iv)

f) $E° = e°(CoO_2/LiCoO_2) – e°(Li^+/Li) = 1,5 – (-3,0)$ V = **4,5 V**

**6.2.9)** Rätt svar:

a)

$10OH^- + 2Cr^{3+} + 3H_2O_2 \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 8H_2O$

$8H^+ + 3Fe^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow 3Fe^{3+} + Cr^{3+} + 4H_2O$

$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

b) Total substansmängd $Fe^{2+}$: $(0,100 \cdot 0,02500)$ mol = $2,50 \cdot 10^{-3}$ mol

$n(MnO_4^-) = c \cdot V = 3,44\cdot10^{-4}$ mol.

Överskott av $Fe^{2+}$: $5 \cdot n(MnO_4^-) = 1,72\cdot10^{-3}$ mol

Mängd $Fe^{2+}$ som reagerar med kromatjon ($CrO_4^{2-}$): $n(Fe^{2+}) = (2,50 \cdot 10^{-3} – 1,72\cdot10^{-3})$ mol = $7,8 \cdot 10^{-4}$ mol

$n(Cr^{3+}) = 1/3 \cdot n(Fe^{2+}) = 2{,}6 \cdot 10^{-4}$ mol.

$m(Cr^{3+}) = n \cdot M = (2{,}6 \cdot 10^{-4} \cdot 52{,}00)$ g = 0,0135 g.

I hela det ursprungliga provet (500 $cm^3$) finns då: (500/50) · 0,0135 g = 0,135 g
Masshalt krom i procent: (0,135/1,500) · 100 % = **9,0 %**

c) m(Cu + Ag) = (1,500 g – 0,135 g )· 200/500 = **0,546 g**

d)

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ 1 mol $e^-$

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ 2 mol $e^-$

$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$ 3 mol $e^-$

e) m(Ag + Cu + Cr) = (200/500) · 1,500 g = 0,600 g

m(Cr) = 0,09 · 0,600 g = 0,054 g, n(Cr) = (0,054/52,00) = $1{,}038 \cdot 10^{-3}$ mol

n(Ag) = (x/107,87) mol, n(Cu) = (0,546–x)/63,55 mol

$n(e^-) = n(Ag) + 2 \cdot n(Cu) + 3 \cdot n(Cr) =$ $\boldsymbol{x/107{,}87 + 2 \cdot (0{,}546 - x)/63{,}55 + 3 \cdot 1{,}038 \cdot 10^{-3}}$ **mol**

f) $I \cdot t = n \cdot F$ ger $2{,}0 \cdot 785 = (x/107{,}87 + 2 \cdot (0{,}546 - x)/63{,}55 + 3 \cdot 1{,}038 \cdot 10^{-3}) \cdot 96485$ x = **0,181 g**

m(Ag) = 0,181 g m(Cu) = (0,546 – 0,181) g = 0,365 g

Masshalt Ag i % = (0,181/0,600) · 100% = **30,2 mass%**

Masshalt Cu i % = (0,365/0,600) · 100% = **60,8 mass%**