

UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2010

TEORETISKT PROV

2010-03-16

Provet omfattar **14** uppgifter

Provtid: 180 minuter. Hjälpmedel: Miniräknare, tabell- och formelsamling.

Till uppgifterna 1-10 skall du endast ge svar. Svara på bifogad svarsblankett.

Uppgift 1 (2 poäng) *Endast ett alternativ ska väljas*

När metylamin, CH_3NH_2 , reagerar med överskott av syrgas omvandlas allt kväve till N_2 . Hur stor substansmängd syrgas krävs då 1,00 mol metylamin reagerar?

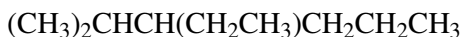
- a) 2,25 mol O_2 b) 2,50 mol O_2 c) 3,00 mol O_2 d) 4,50 mol O_2 e) 4,75 mol O_2

Uppgift 2 (2 poäng)

1,00 g zink och 1,00 g jod blandas och får reagera. En av reaktanterna finns i överskott. Beräkna massan av denna återstående reaktant efter reaktionen.

Uppgift 3 (2 poäng)

Vilket är det rationella namnet på följande förening?



Uppgift 4 (2 poäng) *Ett eller flera alternativ ska väljas*

Vilken eller vilka av följande kemiska förändringar innebär en oxidation?

- a) $\text{VO}_3^- \Rightarrow \text{VO}_2^+$ b) $\text{CrO}_2^- \Rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$ c) $\text{SO}_3 \Rightarrow \text{SO}_4^{2-}$
d) $\text{NO}_2^- \Rightarrow \text{NO}_3^-$ e) $\text{MnO}_4^- \Rightarrow \text{MnO}_2$

Uppgift 5 (2 poäng) *Endast ett alternativ ska väljas*

Vilken av följande reaktioner har den största entropiökningen? Produkter såväl som reaktanter befinner sig i standardtillstånd.

- a) $\text{Br}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{BrCl}(\text{g})$
b) $2\text{NO}(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
c) $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g})$
d) $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
e) $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Uppgift 6 (2 poäng) *Endast ett alternativ ska väljas*

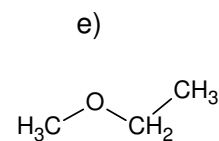
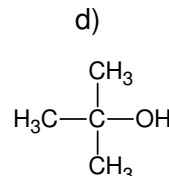
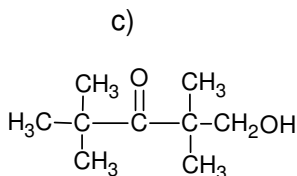
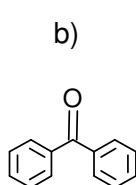
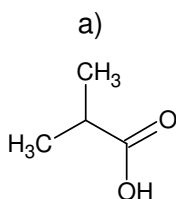
Vattnets jonprodukt i rent vatten vid 45 °C är $4,0 \cdot 10^{-14} (\text{mol}/\text{dm}^3)^2$.

Vilket pH värde har detta vatten vid denna temperatur?

- a) 6,4 b) 6,7 c) 7,0 d) 7,3 e) 13,4

Uppgift 7 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

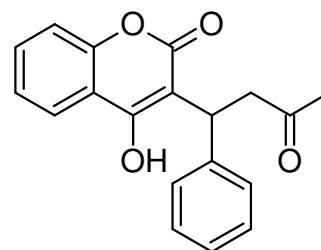
Vilket av följande ämnen kommer att reagera med en surgjord vattenlösning av $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ så att lösningen färgas grön?



Uppgift 8 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

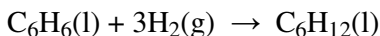
Warfarin används som råttgift. Hur många stereocentra finns i Warfarin-molekylen?

- a) 0 b) 1 c) 2
d) 3 e) 4



Uppgift 9 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Cyklohexan, C_6H_{12} , framställs industriellt genom hydrering av bensen enligt nedanstående reaktionsformel.



Beräkna entalpiförändringen, ΔH° , för reaktionen med hjälp av nedanstående värden på entalpiändringar, ΔH_c° , för fullständig förbränning.

$$\Delta H_c^\circ(\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})) = -3268 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_c^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}(\text{l})) = -3754 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_c^\circ(\text{H}_2(\text{g})) = -286 \text{ kJ/mol}$$

- a) -200 kJ/mol b) $+200 \text{ kJ/mol}$ c) $+486 \text{ kJ/mol}$
d) -372 kJ/mol e) $+372 \text{ kJ/mol}$

Uppgift 10 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Det svenska läkemedelsföretaget Pharmacia (numera GE Healthcare) har varit världsledande då det gällt utveckling av gelfiltreringskromatografi. Den stationära fasen består av t ex Sephadex, som är en polymer av sammanbundna kolhydratkedjor, och används vid separation av olika ämnen/molekyler. Vilken av följande molekyler kommer att passera först genom kolonnen med Sephadex?

- a) fMLP (tripeptid) b) NaCl c) glukos
d) oxytocin (nonapeptid) e) alanin



Till uppgift 11 -14 ska du ge fullständiga lösningar.

- Läs** Börja lösningen av varje uppgift på ett nytt papper (enkelt A4-ark).
detta Lämna en marginal om minst 3 cm på varje papper.
först! Skriv dessutom NAMN och SKOLA på alla papper.

Konstanter, som inte ges i problemtexten, hämtas ur tabell.

Du får poäng för korrekt löst deluppgift, även om du inte behandlat hela uppgiften.

Uppgift 11 (7 poäng)

Ett prov som består av en blandning av etan och propan förbränns fullständigt i syrgas varvid 12,50 g koldioxid och 7,20 g vatten erhålls.

- Skriv reaktionsformler för förbränningen av etan respektive propan.
- Hur stor massa etan respektive propan fanns i provet från början?

Uppgift 12 (13 poäng)

Bensoesyra, C_6H_5COOH , används som konserveringsmedel i t.ex. fruktjuicer, där det hämmar tillväxten av mikroorganismer. Lingon, tranbär och hjortron är exempel på bär med höga halter av bensoesyra, vilket gör bären extra hållbara vid förvaring. Den konserverande effekten är som störst när pH är mindre än 5.



- Skriv reaktionsformeln för protolys av bensoesyra i vatten.
- Beräkna pH i en lösning där koncentrationen av bensoesyra är $0,010 \text{ mol/dm}^3$.
Till $25,0 \text{ cm}^3$ $0,0100 \text{ mol/dm}^3$ bensoesyralösning tillsätts $17,0 \text{ cm}^3$ $0,0120 \text{ mol/dm}^3$ NaOH-lösning.
- Beräkna pH i denna blandning.
- Beräkna förhållandet mellan koncentrationen av bensoatjoner och bensoesyra i en juice med:
i) $\text{pH} = 4,0$ ii) $\text{pH} = 6,0$
- Vid vilket av pH-värdena i d) har lösningen sin största buffertkapacitet? Antag att bensoesyra/bensoatjon är det enda syra-basparet i juicen. Motivera ditt svar.

Uppgift 13 (8 poäng)

Masshalten $CuSO_4$ i en kopparsulfatlösning är 15,00 %. Lösningens densitet är $1,169 \text{ g/cm}^3$. Ett $25,00 \text{ cm}^3$ prov av lösningen reagerar med ett överskott koncentrerad ammoniaklösning ($NH_3(aq)$). Vid avkylning bildas en mörkblå fällning, ämne **B**. Efter filtrering och torkning bestäms massan av **B** till 6,127 g. Två analyser av **B** genomförs:

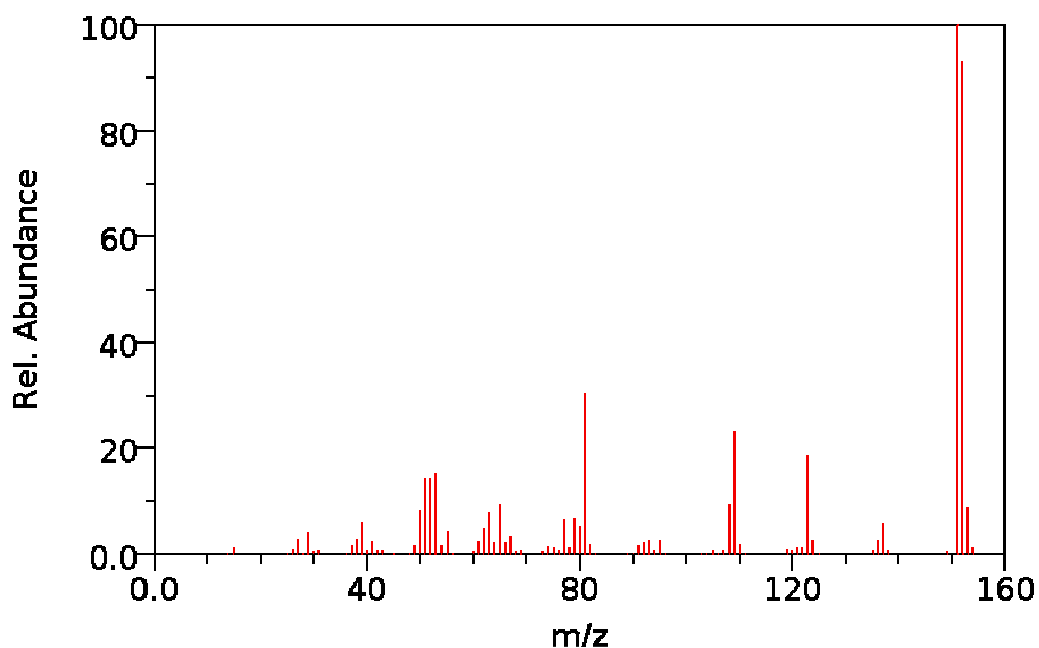
- Ett prov av **B** på 0,1950 g analyseras med avseende på ammoniak genom titrering med $0,1036 \text{ mol/dm}^3$ HCl. Vid titreringen gick det åt $30,36 \text{ cm}^3$ HCl-lösning.
- Ett annat prov bestående av 0,1500 g **B** analyseras med avseende på koppar(II)-joner genom titrering med $0,02500 \text{ mol/dm}^3$ EDTA (som reagerar med Cu^{2+} i molförhållandet 1:1). Vid ekvivalenspunkten har $24,43 \text{ cm}^3$ EDTA-lösning tillsatts.

- Beräkna $[\text{Cu}^{2+}]$ i den ursprungliga lösningen av kopparsulfat.
- Bestäm substansmängden Cu^{2+} i $25,00 \text{ cm}^3$ lösning.
- Beräkna molförhållandet $n(\text{NH}_3)/n(\text{Cu}^{2+})$ i **B**.
- Beräkna molmassan för **B**.
- Ange formeln för **B**.
- Antag, att Cu^{2+} är den begränsande faktorn för utfällningen av **B**. Bestäm det procentuella utbytet för fällningsreaktionen.

Uppgift 14 (12 poäng)

En naturligt förekommande förening **X** innehåller endast C, H och O. Elementaranalysen visar att masshalten kol är 63,20 %, masshalten väte är 5,30 % och masshalten syre är 31,50 %. Masspektrum för **X** visas nedan.

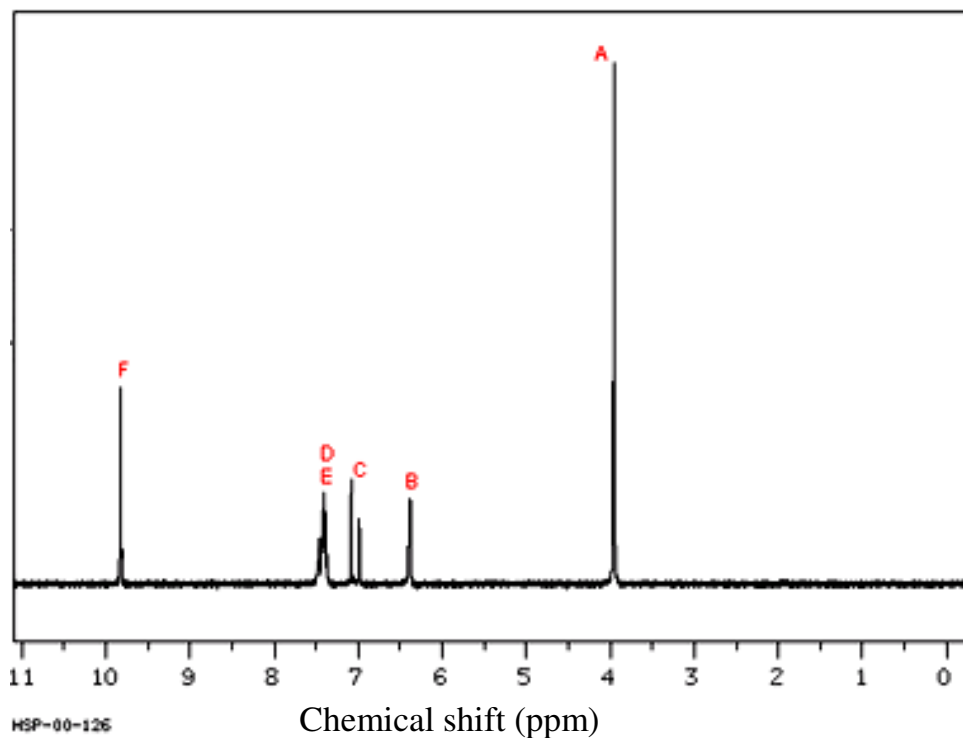
- Beräkna den empiriska formeln för **X**.
- Bestäm molekylformeln för **X**.



En lösning av **X** i eter skakas med en vattenlösning av NaOH. Därefter finns **X** inte kvar i eterfasen. En annan lösning av **X** i eter skakas med en vattenlösning av NaHCO_3 . **X** blir då kvar i eterfasen.

- Vilken funktionell grupp visar dessa experiment att **X** innehåller?
- När förening **X** får reagera med Tollens reagens, $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$, bildas en silverspegel.
- Vilken funktionell grupp i **X** har oxiderats med Tollens reagens?
 - Rita formler för de fragment som avspjälkats från molekylerna vid topparna 137 och 123 massenheter i masspektret.

I figuren nedan visas ^1H NMR för förening **X** (referens tetrametylsilan).
Signalerna A(3H), B(1H) och F(1H) är singletter. Signal C(1H) är en dublett och signalerna D(1H) och E(1H) överlappar varandra och ger en multipllett.



- f) Identifiera de funktionella grupperna A, B och F. De funktionella grupperna B och F sitter inte på närliggande kolatomer.
- g) Rita strukturformeln för en av fyra möjliga strukturformler för **X** baserat på informationen som angivits ovan.
- h) Ge ett rationellt namn för den förening som ritats.

| NMR - tabell | |
|------------------------------------|---------------------|
| Typ av proton. | Kemiskt skift (ppm) |
| RCH_3 | 0.8-1.0 |
| RCH_2CH_3 | 1.2-1.4 |
| R_3CH | 1.4-1.7 |
| $\text{R}_2\text{C}=\text{CRCH}_3$ | 1.6-1.9 |
| ArCH_3 | 2.2-2.5 |
| RCH_2Cl | 3.6-3.8 |
| RCH_2Br | 3.4-3.6 |
| RCH_2I | 3.1-3.3 |
| ROCH_2R | 3.3-3.9 |
| HOCH_2R | 3.3-4.0 |
| RCOCH_3 | 2.1-2.6 |
| RCOH | 9.5-9.6 |
| ArH | 6.0-9.5 |
| ROH | 0.5-6.0 |
| RCOOH | 10-13 |
| ArOH | 4.5-7.7 |
| R-NH_2 | 1.0-5.0 |

Med tanke på provets omfattning och svårighetsgrad görs inga avdrag för olämpligt antal gällande siffror i svaren. Räknefel som inte leder till uppenbar katastrof tolereras också. Om ett resultat i en deluppgift ska användas i följande deluppgifter, ges full poäng på den senare deluppgiften, även om ett felaktigt ingångsvärde använts, såvida inte resultatet är uppenbart orimligt.

Uppgift 1 (2p)

a 2p

Uppgift 2 (2p)

0,74 g zink 2p

Uppgift 3 (2p)

3-etyl-2-metylhexan (2-metyl-3-etylhexan eller 3-isopropylhexan ger 1p) 2p

Uppgift 4 (2p)

b och d 2p

Uppgift 5 (2p)

e 2p

Uppgift 6 (2p)

b 2p

Uppgift 7 (2p)

c 2p

Uppgift 8 (2p)

b 2p

Uppgift 9 (2p)

d 2p

Uppgift 10 (2p)

d 2p

Uppgift 11 (7p)



b) $n(\text{CO}_2) = 12,50 / 44,01 \text{ mol} = 0,2840 \text{ mol}$
 $n(\text{H}_2\text{O}) = 7,20 / 18,02 \text{ mol} = 0,3996 \text{ mol}$

1 mol etan motsvarar 2 mol koldioxid och 3 mol vatten
1 mol propan motsvarar 3 mol koldioxid och 4 mol vatten

$$\begin{cases} 2 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_6) + 3 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,2840 \text{ mol} \\ 3 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_6) + 4 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,3996 \text{ mol} \end{cases}$$

Lösning av detta ekvationssystem ger: $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0628 \text{ mol}$, $n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,0528 \text{ mol}$

$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0628 \cdot 30,07 \text{ g} \approx 1,89 \text{ g}$, $m(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,0528 \cdot 44,09 \text{ g} \approx 2,33 \text{ g}$ 5p

Uppgift 12 (13p)



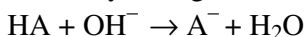
b) Bensoesyra och dess korresponderande bas betecknas HA resp. A^- .

| | | | | | | | |
|--|---------|---|------------------|---|----------------|---|-------------------------------|
| | HA | + | H ₂ O | ⇌ | A ⁻ | + | H ₃ O ⁺ |
| Konc. vid start / (mol/dm ³) | 0,010 | | | | — | | — |
| Konc. vid jämvikt / (mol/dm ³) | 0,010-x | | | | x | | x |

Jämviktsekvationen: $10^{-4,20} = \frac{x^2}{0,010-x} \Rightarrow x = 7,63 \cdot 10^{-4}$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 7,63 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$, $\text{pH} = 3,12$ 3p

c) Bensoesyra reagerar fullständigt med den starka basen OH^- .



Substansmängder före reaktion:

$n(\text{HA}) = 0,010 \cdot 25,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

$n(\text{OH}^-) = 0,012 \cdot 17,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

OH^- föreligger i underskott och förbrukas helt.

Volymen efter sammanblandning blir $42,0 \text{ cm}^3$.

Koncentrationerna av HA resp. A^- efter reaktion blir:

$[\text{HA}] = (2,50 - 2,04) \cdot 10^{-4} / (42,0 \cdot 10^{-3}) \text{ mol/dm}^3 = 1,095 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

$[\text{A}^-] = 2,04 \cdot 10^{-4} / (42,0 \cdot 10^{-3}) \text{ mol/dm}^3 = 4,857 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

Då både HA resp. A^- förekommer i hög koncentration kan pH beräknas direkt ur uttrycket för syrakonstanten

$$K_a = \frac{[\text{A}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 10^{-4,20} = \frac{0,004857 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{0,001095} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,422 \cdot 10^{-5}$$

$\Rightarrow \text{pH} = 4,85$

(Slutlösningen är en buffert och pH kan även beräknas med buffertformeln.)

4p

d) Förhållandet mellan koncentrationerna erhålls ur uttrycket för syrakonstanten:

$$(i) \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K_a}{[H^+]} = \frac{10^{-4,2}}{10^{-4,0}} = 0,63$$

$$(ii) \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K_a}{[H^+]} = \frac{10^{-4,2}}{10^{-6,0}} = 63 \quad 3p$$

e) Syra-basparet har större buffertkapacitet ju närmare pH ligger pK_a . Eftersom 4,0 ligger närmre pK_a än 6,0 har alltså lösningen med $pH = 4,0$ störst buffertkapacitet av de två. 2p

Uppgift 13 (8p)

a) Antag 1000 cm^3 lösning
 $m(\text{CuSO}_4) = 1000 \cdot 1,169 \cdot 0,15 \text{ g} = 175,35 \text{ g}$
 $n(\text{CuSO}_4) = 175,35 / 159,61 \text{ mol} = 1,0986 \text{ mol}$
 $[\text{Cu}^{2+}] = 1,099 \text{ mol/dm}^3$ 1p

b) $n(\text{Cu}^{2+}) = 1,099 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,747 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ 1p

c) Analys (i):

1 mol ammoniak motsvarar 1 mol saltsyra

$$n(\text{NH}_3) = n(\text{HCl}) = 0,1036 \cdot 30,63 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,173 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Analys (ii):

1 mol kopparjoner motsvarar 1 mol EDTA

$$n(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{EDTA}) = 0,0250 \cdot 24,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 6,107 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

För att kunna jämföra substansmängderna beräknas substansmängden Cu^{2+} i 0,1950 g **B**

$$n(\text{Cu}^{2+}) = (0,1950/0,1500) \cdot 6,107 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 7,939 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(\text{NH}_3) / n(\text{Cu}^{2+}) = 3,173 \cdot 10^{-3} / (7,939 \cdot 10^{-4}) \approx 4 \quad 2p$$

d) Antag att saltet innehåller en kopparjon per formelenhet. Ur analys (ii) erhålls då:
molmassan = $0,1500 / (6,107 \cdot 10^{-4}) \text{ g/mol} = 245,6 \text{ g/mol}$ 1p

e) Eftersom **B** måste innehålla lika många positiva som negativa laddningar innehåller varje formelenhet **B** en formelenhet SO_4^{2-} . Formeln blir: $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$$x = (245,6 - 63,55 - 4 \cdot 17,03 - 96,06) / 18,02 \approx 1$$

Formeln för **B** är $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1p

f) 1 mol Cu^{2+} motsvarar 1 mol $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

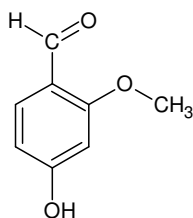
$$n(\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = n(\text{Cu}^{2+}) = 2,747 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m(\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2,747 \cdot 10^{-2} \cdot 245,76 \text{ g} = 6,751 \text{ g}$$

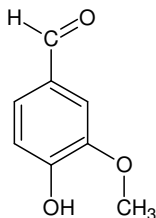
$$\text{Procentuellt utbyte: } 6,127 / 6,751 \cdot 100\% = 90,8\% \quad 2p$$

Uppgift 14 (12p)

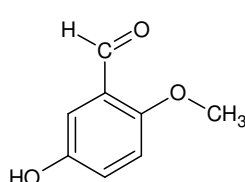
- a) Antag 100 g av föreningen
 $n(\text{C}) = 63,20/12,01 \text{ mol} = 5,262 \text{ mol}$
 $n(\text{H}) = 5,30/1,01 \text{ mol} = 5,248 \text{ mol}$
 $n(\text{O}) = 31,50/16,00 \text{ mol} = 1,969 \text{ mol}$
Substansmängdförhållandet C:H:O = 5,262: 5,248: 1,969 \approx 8:8:3
Empiriska formeln är $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$. 2p
- b) Masspektrumet visar att molekylmassan för X är 152 u. Molekylformeln är $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$. 1p
- c) Fenol 1p
- d) Aldehyd 1p
- e) Toppen vid 137 massenheter har förlorat en metylgrupp, CH_3 , och toppen vid 123 massenheter har förlorat en aldehydgrupp, HC=O . 2p
- f) A är OCH_3 B är OH F är CH=O 3p
- g, h) De fyra möjliga isomererna och deras rationella namn är: 2p



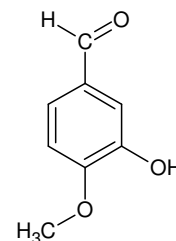
4-hydroxi-2-metoxibensaldehyd



4-hydroxi-3-metoxibensaldehyd



5-hydroxi-2-metoxibensaldehyd



3-hydroxi-4-metoxibensaldehyd

Kemiolympiaden 2010

Andra uttagningen 2010-03-16--17

Försändelsen innehåller:

Anvisningar till ledaren för det experimentella provet 1 sida

Överlämnas utan dröjsmål till kemiansvarig lärare

Resten av materialet förvaras under sekretess till omedelbart före proven.

Teoretiskt prov 2010-03-16 5 sidor

Svarsblankett till teoretiskt prov 1 sida

Experimentellt prov 2010-03-17 7 sidor

Kopieras i erforderligt antal exemplar omedelbart före proven.

Svar och rättningsmall till det teoretiska provet 4 sidor

Svar och rättningsmall till det experimentella provet 1 sida

Överlämnas till ansvarig lärare i anslutning till provets genomförande.

TOTALT 19 sidor

OBS! Inget rättningsprotokoll medföljer. Rättningsprotokoll (excellfil) laddas ned från Kemistsamfundets Hemsida.

Gör så här:

- **Ladda ned rättningsprotokollet från:**
<http://www.chemsoc.se/sidor/KK/kemiolymp/kemiolymp.htm>
OBS! Spara protokollet på din hårddisk
- **Fyll i alla uppgifter i rättningsprotokollet (excellfilen)**
- **Namnge excellfilen** poang10_skolans namn.xls
- **Emaila filen till:** cecilia.stenberg@stockholm.se
senast 23 mars.
- **Skriv ut det ifyllda rättningsprotokollet (excellfilen) och skicka in det per post tillsammans med de rättade elevlösningarna senast tisdag 23 mars till:**

Kungsholmens Gymnasium
Attn: Cecilia Stenberg
Kemiolympiaden 2010
Box 126 01
112 92 STOCKHOLM