

# UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2006

TEORETISKT PROV

2006-03-15

Provet omfattar 6 uppgifter, till vilka du ska ge fullständiga lösningar, om inte annat anges.

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

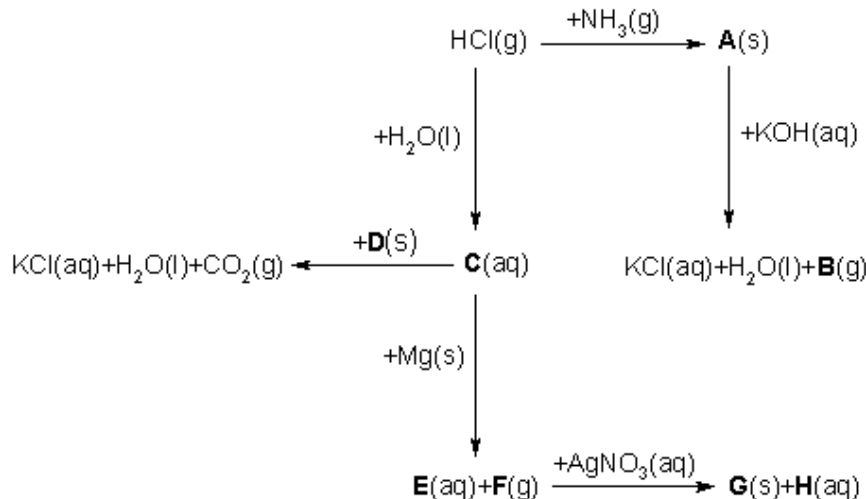
Du får poäng för korrekt löst deluppgift, även om du inte behandlat hela uppgiften.

Provtid: 180 minuter. Hjälpmiddel: Miniräknare, tabell- och formelsamling **samt medföljande bilaga med aminosyror.**

**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 NAMN, FÖDELSEDATUM och SKOLA på VARJE inlämnat papper.

## Uppgift 1 (8 poäng)

Ange namn och formler för föreningarna **A, B, C, D, E, F, G** och **H** i nedanstående reaktionsschema.



## Uppgift 2 (8 poäng)

Vid total hydrolysis av 95,8 g av en peptid bildades följande mängder av aminosyror:

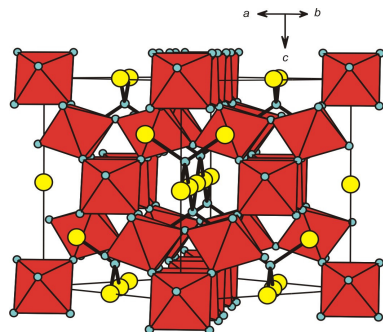
3,3 g cystein ( $M = 121,17 \text{ g/mol}$ )    0,9 g isoleucin ( $M = 131,17 \text{ g/mol}$ )  
3,4 g valin ( $M = 117,15 \text{ g/mol}$ )    6,9 g glutaminsyra ( $M = 146,12 \text{ g/mol}$ )  
7,3 g serin ( $M = 105,09 \text{ g/mol}$ )    86,0 g arginin ( $M = 174,20 \text{ g/mol}$ )

- Varför är den totala massan av aminosyrorerna större än peptidens massa?
- Beräkna det relativa molförhållandet (kvoten av substansmängderna) mellan aminosyrorerna i peptiden? Avrunda till heltal.
- Beräkna peptidens minsta möjliga molmassa.
- Ett proteins tertiärstruktur stabiliseras av flera olika typer av bindningar mellan aminosyrorernas sidokedjor. Så kan t ex vätebindningar mellan tyrosin (Tyr) och serin (Ser) bidra till den tredimensionella strukturen. Välj för varje typ av interaktion ut aminosyror (från de ovan nämnda) som kan illustrera hur dessa två genom interaktion bidrar till proteinets tertiärstruktur.
  - Hydrofoba interaktioner
  - Kovalenta bindningar
  - Elektrostatiska interaktioner

### Uppgift 3 (10 poäng)

När vissa material kyls ner kan de få helt nya egenskaper. Vid en viss temperatur upphör den elektriska resistansen och ämnet blir supraledande.

Ett sådant supraledande material baseras på lantankoppartetroxid,  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ , och har den allmänna formeln  $\text{La}_x\text{M}_{(2-x)}\text{CuO}_4$  där  $\text{M} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$ . I denna uppgift är  $\text{M} = \text{Ba}$ . För att bestämma  $x$  används standardlösningar av natriumtiosulfat,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , och Na-EDTA. Vid analys löses ett stycke av supraledaren i en surgjord vattenlösning, varvid fria metalljoner bildas. Lösningen späds till  $250,0 \text{ cm}^3$  (moderlösning).



Kristallstruktur hos en modern supraledare

Två försöks utförs:

1.  $25,00 \text{ cm}^3$  av moderlösningen pipetteras upp och pH justeras till 6,0. Lösningen titreras sedan med  $0,100 \text{ mol/dm}^3$  Na-EDTA-lösning och då åtgår  $11,76 \text{ cm}^3$ . Under dessa förhållanden reagerar **inte** bariumjoner med EDTA. Både  $\text{Cu}^{2+}$  och  $\text{La}^{3+}$  binder till EDTA i förhållandet 1:1.
2.  $25,00 \text{ cm}^3$  av moderlösningen överförs till en  $100 \text{ cm}^3$  mätkolv och lösningen späds till märket. Från denna lösning pipetteras  $25,00 \text{ cm}^3$  och man tillsätter  $10 \text{ cm}^3$   $0,1 \text{ mol/dm}^3$  natriumjodidlösning. Kopparjonerna reagerar då med jodidjoner under bildning av jod och en fällning av koppar(I)jodid. Den bildade joden titreras med  $0,0100 \text{ mol/dm}^3$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -lösning. Det åtgår  $10,50 \text{ cm}^3$ . Vid titreringen bildas  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ . Varken  $\text{La}^{3+}$ -joner eller  $\text{Ba}^{2+}$ -joner reagerar med jodidjoner eller tiosulfatjoner.
  - a) Skriv reaktionsformler för de reaktioner som sker i försöken 1 och 2. EDTA-jonen skrivs  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ .
  - b) Beräkna substansmängderna koppar och lantan i moderlösningen.
  - c) Beräkna koefficienten  $x$  i formeln  $\text{La}_x\text{M}_{(2-x)}\text{CuO}_4$ .

### Uppgift 4 (12 poäng)

Ett mynt består av aluminium, koppar, nickel och silver.

$0,200 \text{ g}$  av myntet får reagera med utspädd saltsyra. Då utvecklas  $119,8 \text{ cm}^3$  vätgas, uppmätt vid  $99,0 \text{ kPa}$  och  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Den olösliga återstoden, som har massan  $0,0500 \text{ g}$ , löses fullständigt i salpetersyra. Efter viss behandling utförs en elektrolys av lösningen. Då sker en utfällning av metall på katoden. För fullständig utfällning av lösningens metalljoner krävs strömmen  $0,700 \text{ A}$  under  $219,3 \text{ s}$ . Strömmens verkningsgrad antas vara  $85 \%$ .

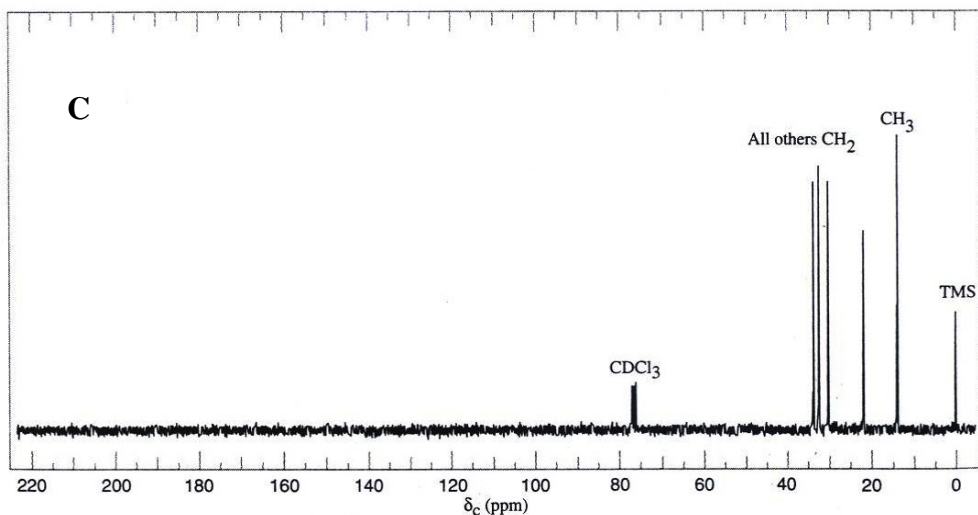
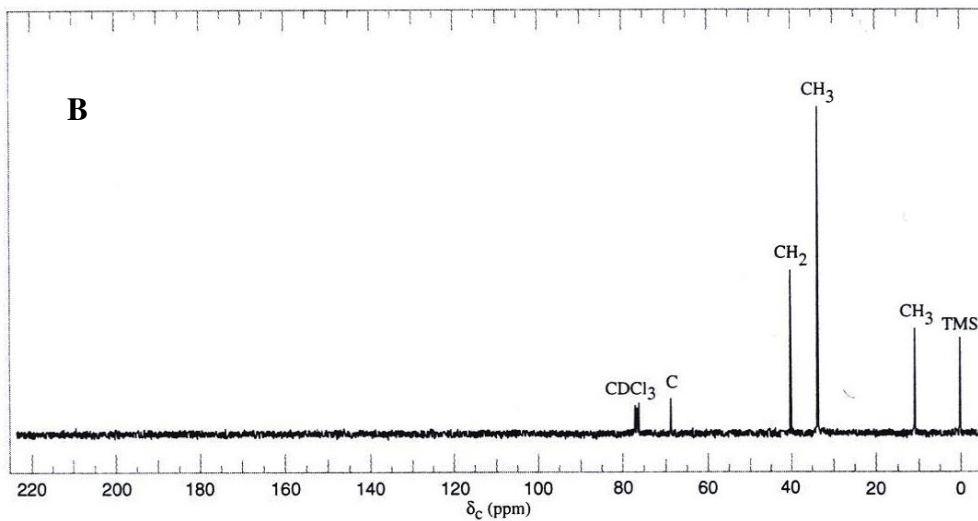
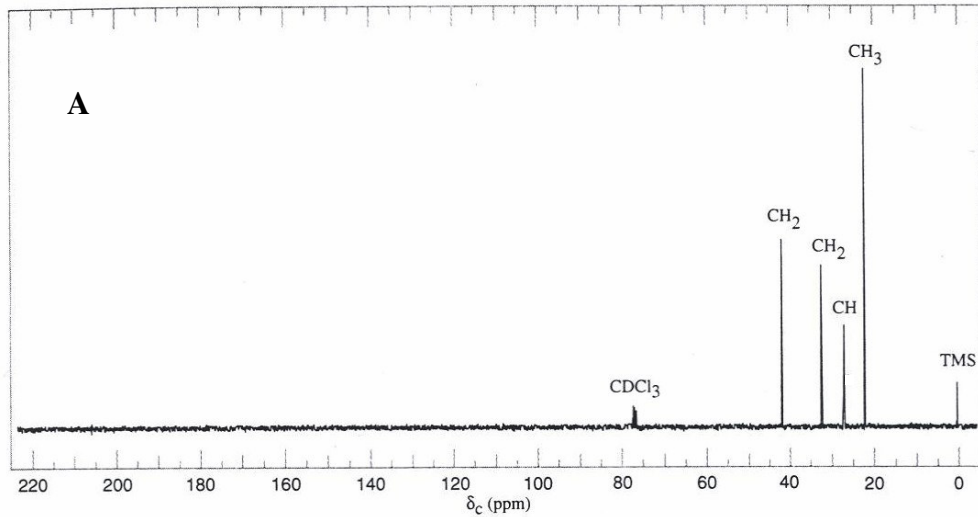
1 mol elektroner har laddningen  $1F = 96485 \text{ C (As)}$ .

- a) Skriv reaktionsformler för reaktionerna mellan mynt och saltsyra.
- b) Skriv reaktionsformler för reaktionerna mellan mynt och salpetersyra. Salpetersyran antas reduceras till kvävedioxid.
- c) Skriv formler för de reaktioner som sker vid katoden under elektrolysen.
- d) Bestäm sammansättningen hos legeringen (svara i massprocent).

### Uppgift 5 (11 poäng)

Uppgiften handlar om föreningar med summaformeln  $C_5H_{11}Br$ .

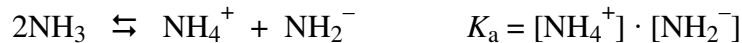
- Hur många strukturisomerer finns det med summaformeln  $C_5H_{11}Br$ ? Endast antal krävs.
- Hur många av isomererna är optiskt aktiva, dvs har spegelbilda isomerer?
- Nedan ges  $^{13}C$ -NMR för tre isomerer av  $C_5H_{11}Br$  (A, B och C). Rita strukturformler för A, B och C och namnge dem med systematiska namn. (TMS används som referens och  $CDCl_3$  som lösningsmedel vid NMR spektroskopi.)



- d) Vilken isomer bildas vid addition av HBr till 2-metyl-2-buten? Skriv mekanismen och rita pilar som visar elektronflödet.

### Uppgift 6 (11 poäng)

Flytande ammoniak är ett av de lösningsmedel som har undersökts mest. Ammoniakmolekylen är precis som vattenmolekylen polär. Jonföreningar har därför hög löslighet i flytande ammoniak. I flytande ammoniak ställer en jämvikt in sig som motsvarar vattnets autoprotolys.



Vid  $-33\text{ °C}$  är jämviktskonstanten,  $K_a = 1,0 \cdot 10^{-30} (\text{mol/dm}^3)^2$ .

Ämnen som ökar koncentrationen av  $\text{NH}_4^+$  kan betraktas som syror och ämnen som ökar koncentrationen av  $\text{NH}_2^-$  kan betraktas som baser. I analogi med vattenlösningar kan ett pH-värde definieras i flytande ammoniak

$$\text{pH} = -\lg [\text{NH}_4^+]$$

- a) Beräkna pH i ren flytande ammoniak vid  $-33\text{ °C}$ .
- b) Ger ämnena  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KNH}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  respektive KI en sur, basisk eller neutral lösning när de var för sig löses i flytande ammoniak? Motivera dina svar. I de fall som en protolysreaktion äger rum, skriv reaktionsformel för denna. Med en sur/basisk lösning menas en lösning där pH är lägre/högre än i ren flytande ammoniak.
- c) Skriv reaktionsformeln för reaktionen mellan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  och  $\text{KNH}_2$  i flytande ammoniak.
- d) Skriv reaktionsformeln för den protolys som sker i en lösning av HCN i flytande ammoniak och beräkna sedan pH i en lösning av  $0,010\text{ mol/dm}^3$  HCN i flytande ammoniak. Syrakonstanten för HCN i flytande ammoniak är  $3,2 \cdot 10^{-4}\text{ mol/dm}^3$ .

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 (8 p)**

- |  |  |
|--|--|
| A: Ammoniumklorid, $\text{NH}_4\text{Cl}$  | 1p   |
| B: Ammoniak, $\text{NH}_3$   | 1p   |
| C: Saltsyra, $\text{HCl}$  | även $\text{H}^+ + \text{Cl}^-$ godtas 1p        |
| D: Kaliumkarbonat, $\text{K}_2\text{CO}_3$ , eller kaliumvätekarbonat, $\text{KHCO}_3$ | 1p   |
| E: Magnesiumklorid, $\text{MgCl}_2$  | även $\text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ godtas 1p   |
| F: Vätgas, $\text{H}_2$  | 1p   |
| G: Silverklorid, $\text{AgCl}$   | 1p   |
| H: Magnesiumnitrat, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$   | även $\text{Mg}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ godtas 1p |

För endast namn eller endast formel ges 0,5 p.

**Uppgift 2 (8 p)**

- |  |    |
|--|----|
| a) När aminosyrorna kopplas samman via peptidbindningar avges $\text{H}_2\text{O}$ och massan minskar.   | 1p |
| b) Isoleucin : Valin : Cystein : Glutaminsyra : Serin : Arginin = 1 : 4 : 4 : 7 : 10 : 72  | 2p |
| c) 98 st aminosyror innebär 97 peptidbindningar:<br>(131,17 + 4·117,15 + 4·121,17 + 7·146,12 + 10·105,09 + 72·174,20 – 97·18,02) g/mol =<br>13952 g/mol. | 2p |
| d) Hydrofobinteraktioner; Val Ile  | 1p |
| Kovalenta bindningar; Cys – Cys  | 1p |
| Elektrostatiska interaktioner; Glu Arg   | 1p |

**Uppgift 3 (10 p)**

- |   |          |
|---|----------|
| a) Försök 1. $\text{H}_2\text{Y}^{2-} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{CuY}^{2-} + 2\text{H}^+$ $\text{H}_2\text{Y}^{2-} + \text{La}^{3+} \rightarrow \text{LaY}^- + 2\text{H}^+$ | 2 x 0,5p |
| Försök 2. $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- \rightarrow 2\text{CuI} + \text{I}_2$  | 1p       |
| $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$   | 1p       |
| b) <u>Försök 2:</u>   |          |
| I titrerkolven: $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 10,50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,010 \text{ mol} = 1,050 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  |          |
| 1 mol $\text{Cu}^{2+}$ motsvarar 1 mol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .  |          |
| I titrerkolven: $n(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 1,050 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  |          |
| I moderlösningen: $n(\text{Cu}^{2+}) = 1,050 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10 \text{ mol} = 4,200 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  | 3p       |

### Försök I:

I titrerkolven:  $n(\text{EDTA}) = 11,76 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 = 1,176 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

1 mol  $\text{La}^{3+}$ , 1 mol  $\text{Cu}^{2+}$  motsvarar 1 mol EDTA

I titrerkolven:  $n(\text{La}^{3+} + \text{Cu}^{2+}) = n(\text{EDTA}) = 1,176 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

I moderlösningen:  $n(\text{La}^{3+} + \text{Cu}^{2+}) = 1,176 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ mol} = 1,176 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$n(\text{La}^{3+}) = (1,176 \cdot 10^{-2} - 4,200 \cdot 10^{-3}) \text{ mol} = 7,560 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

3p

c)  $n(\text{La}) : n(\text{Cu}) = 7,56 \cdot 10^{-3} : 4,20 \cdot 10^{-3} = x : 1 \quad x = 1,8$

$\text{La}_{1,8}\text{M}_{0,2}\text{CuO}_4$

1p

### **Uppgift 4 (12 p)**

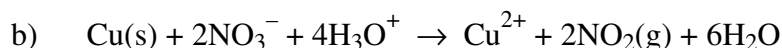
a) Upplösning i saltsyra:



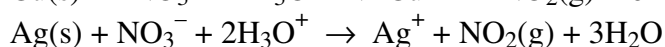
0,5p



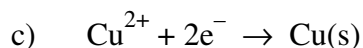
0,5p



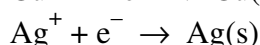
1p



1p



0,5p



0,5p

d) Aluminium och nickel löses i saltsyra:

1 mol Al motsvarar 1,5 mol  $\text{H}_2$ , 1 mol Ni motsvarar 1 mol  $\text{H}_2$

$$\begin{cases} n(\text{H}_2) = 1,5 \cdot n(\text{Al}) + n(\text{Ni}) \\ n(\text{H}_2) = pV/RT = 99000 \cdot 119,8 \cdot 10^{-6} / (8,314 \cdot 293,15) \text{ mol} = 4,8662 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{cases}$$

$$\Rightarrow 1,5 \cdot n(\text{Al}) + n(\text{Ni}) = 4,8662 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (1)$$

1p

$$m(\text{Al}) + m(\text{Ni}) = 0,1500 \text{ g} \Rightarrow n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) + n(\text{Ni}) \cdot M(\text{Ni}) = 0,1500 \text{ g} \Rightarrow$$

$$n(\text{Al}) \cdot 26,98 + n(\text{Ni}) \cdot 58,69 = 0,1500 \text{ g} \quad (2)$$

1p

(1) och (2) ger:  $n(\text{Al}) = 2,2209 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ,  $m(\text{Al}) = 0,0599 \text{ g}$

andel Al i % =  $0,0599/0,2000 \cdot 100\% = 30,0\%$

1p

$m(\text{Ni}) = (0,1500 - 0,0599) \text{ g} = 0,0901 \text{ g}$

andel Ni i % =  $0,0901/0,2000 \cdot 100\% = 45,0\%$

1p

Koppar och silver faller ut på katoden vid elektrolysen:

Substansmängd elektroner vid elektrolysen:

$$\begin{cases} n(\text{e}^-) = 0,85 \cdot I \cdot t / F = 0,85 \cdot 0,7 \cdot 219,3 / 96485 \text{ mol} = 1,3524 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\ n(\text{e}^-) = 2 \cdot n(\text{Cu}) + n(\text{Ag}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2 \cdot n(\text{Cu}) + n(\text{Ag}) = 1,3524 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (1)$$

1p

$$m(\text{Cu}) + m(\text{Ag}) = 0,0500 \text{ g}$$

$$\Rightarrow n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) + n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) = 0,0500 \text{ g} \quad (2)$$

1p

(1) och (2) ger:  $n(\text{Cu}) = 6,3000 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ ,  $m(\text{Cu}) = 0,0400 \text{ g}$

Andel Cu i % =  $0,0400/0,2000 \cdot 100\% = 20,0\%$

1p

$m(\text{Ag}) = 0,0500 - 0,0400 \text{ g} = 0,0100 \text{ g}$

Andel Ag i % =  $0,0100/0,2000 \cdot 100\% = 5,0\%$

1p

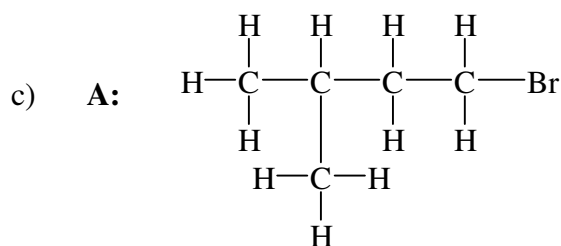
### **Uppgift 5 (11 p)**

a) 8 strukturisomerer

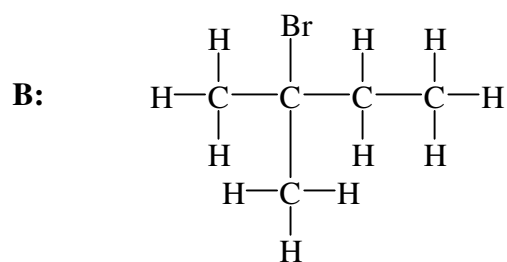
1p

b) 3 optiska isomerer

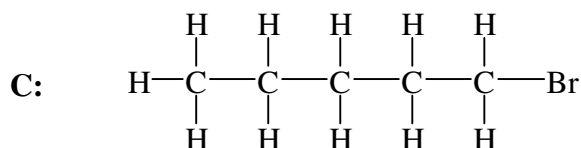
1p



1-brom-3-metylbutan



2-brom-2-metylbutan



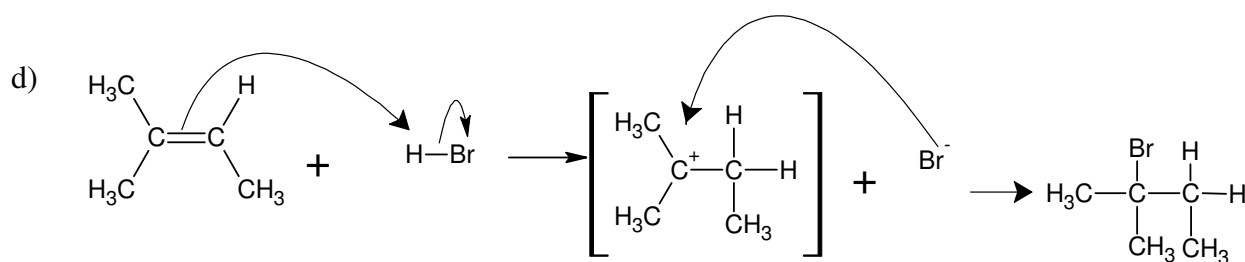
1-brompentan

3 x 1,5p för strukturformlerna

4,5p

3 x 0,5p för namn

1,5p



2-metyl- 2-buten

2-brom-2-metylbutan

1p för rätt isomer, 2p för mekanismen

3p

### Uppgift 6 (11 p)

a) I ren flytande ammoniak är  $[\text{NH}_4^+] = [\text{NH}_2^-]$  och  $[\text{NH}_4^+] = \sqrt{K_a} = \sqrt{10^{-30}} \text{ mol/dm}^3 = 10^{-15} \text{ mol/dm}^3$   
 $\text{pH} = -\lg [\text{NH}_4^+] = -\lg (10^{-15}) = 15$  2p

b)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ : Saltet dissocieras i  $\text{NH}_4^+$  och  $\text{NO}_3^-$  vid upplösningen. Lösningen blir sur eftersom koncentrationen av  $\text{NH}_4^+$  ökar ( $\text{NO}_3^-$  är en mycket svag bas som inte protolyseras). 1p

$\text{KNH}_2$ : Saltet dissocieras i  $\text{K}^+$  och  $\text{NH}_2^-$  vid upplösningen. Lösningen blir basisk eftersom koncentrationen av  $\text{NH}_2^-$  ökar. 1p

$\text{CH}_3\text{COOH}$ : Protolysreaktionen  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$  äger rum i lösningen. Koncentrationen av  $\text{NH}_4^+$  ökar och lösningen blir sur. 1p

$\text{KI}$ : Saltet dissocieras i  $\text{K}^+$  och  $\text{I}^-$ . Inga av dessa protolyseras och lösningen blir neutral. 1p

c)  $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_2^- \rightarrow 2\text{NH}_3$  eller  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KNH}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{KCl}$  1p

d)  $\text{HCN} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CN}^- + \text{NH}_4^+$  1p

|   |   |          |
|---|---|----------|
|   | $\text{HCN} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{CN}^- + \text{NH}_4^+$ |          |
| Konc. vid start / (mol/dm <sup>3</sup> )  | 0,010   | —      — |
| Konc vid jämvikt / (mol/dm <sup>3</sup> ) | 0,010-x   | x      x |

Jämviktsekvationen:  $3,2 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,010 - x} \Rightarrow x = 1,64 \cdot 10^{-3}$

$[\text{NH}_4^+] = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ ,  $\text{pH} = 2,8$

3p

