

UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2005

TEORETISKT PROV

2005-03-14

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

Konstanter som inte ges i problemtexten, hämtas ur tabell.

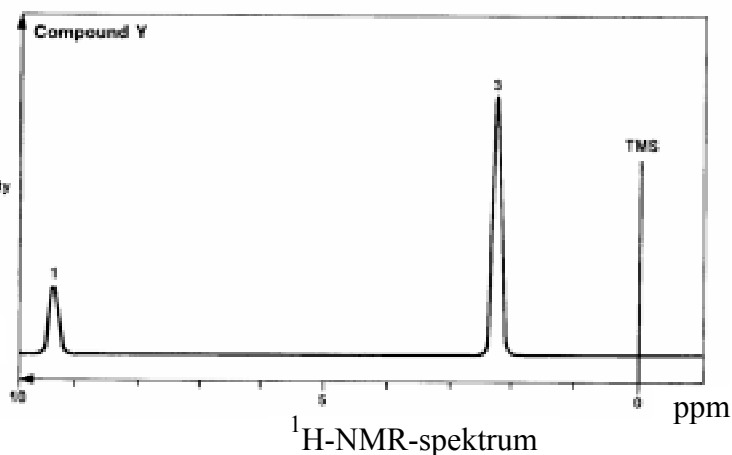
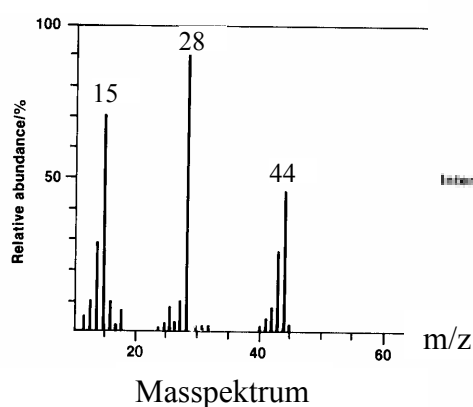
Du får poäng för korrekt löst deluppgift, även om du inte behandlat hela uppgiften.

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

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 (10 poäng) Till delfrågorna ska du i *denna uppgift* bara ange svar

- Ordna följande bindningar efter ökande polaritet, dvs så att den minst polära bindningen kommer först H-F H-H H-C H-O H-N
- Rita elektronformel för CO₂. Sätt ut alla valenselektroner.
Är molekylen polär eller opolär? Motivera ditt svar.
- Genom att i en spektrofotometer mäta absorbansen hos en provlösning kan man bestämma lösningens halt. Absorbansen (vid 280 nm) för en lösning som innehåller enzymet karboanhydras är 0,49. Vilken är lösningens halt uttryckt i g/dm³ om den molara absorptionskoefficienten, ϵ , är 54800 mol⁻¹ · dm³ · cm⁻¹, kyvettlängden är 1,0 cm och molmassan för karboanhydras är 29300 g/mol?
- Man vill bestämma strukturformeln för en förening Y. För den skull tar man upp ¹H-NMR- och masspektrum för föreningen. Dessa spektra visas nedan. I masspektrumet är M⁺(molekyljonen) = 44. Ange namn och strukturformel för Y.



- Beräkna med hjälp av bindningsenergierna ΔH (reaktionsentalpin) för reaktion mellan propen och vatten under bildande av 2-propanol.

Bindningstyp	Bindningsenergi / (kJ/mol)
C - C	347
C = C	612
C - O	358
C - H	413
O - H	464

Uppgift 2 (8 poäng)

Hos däggdjur finns två peptidhormoner, oxytocin och vasopressin, med likartad struktur men olika biologisk funktion. Oxytocin utlöser värkarna vid en förlossning och påverkar mjölkflödet vid amning. Vasopressin påverkar återresorptionen av vatten i njurarna. Av de 20 dm³ primärurin som produceras varje dygn resorberas vatten så att det endast återstår ca 1 dm³ urin.

Nedan visas den del av den ena av två antiparallella DNA-kedjor som kodar för oxytocin:

5' CCCAAGGGGGCAATTTTGAATATAACA 3'

- Ange bassekvensen (med början vid 5'-ändan) för den mRNA-molekyl som erhålls vid transkriptionen av denna gen.
- Ange med hjälp av den genetiska koden nedan den aminosyrasekvens som erhålls vid translation av den i a) erhållna mRNA-kedjan. Börja med den N-terminala aminosyran.
- En för proteiner typisk strukturstabilisering sker i denna nonapeptid och ger upphov till en ringstruktur. Förklara.
- Vasopressins och oxytocins aminosyrasekvens skiljer sig åt endast när det gäller två aminosyror. Aminosyra 3 (räknat från N-terminalen) i vasopressin är Phe och aminosyra 8 är Arg. Skriv av ovanstående DNA-sekvens och ringa in de två baser som har ersatts. Ange även med vilka baser de har ersatts.

Genetiska koden:

		Andra basen								Tredje Basen
		U		C		A		G		
Första basen	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
		UUC		UCC		UAC		UGC		C
		UUA	Leu	UCA		UAA	<i>Stopp</i>	UGA	<i>Stopp</i>	A
		UUG		UCG		UAG		UGG	Trp	G
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
		CUC		CCC		CAC		CGC		C
		CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A
		CUG		CCG		CAG		CGG		G
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
		AUC		ACC		AAC		AGC		C
		AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	A	
		AUG	Met	ACG		AAG		AGG	G	
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
		GUC		GCC		GAC		GGC		C
		GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A
		GUG		GCG		GAG		GGG		G

Uppgift 3 (9 poäng)

En större förpackning Mohrs salt, $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, har av misstag förorenats av järnpulver. Föroreningen antas vara jämnt spridd i hela förpackningen. För att ta reda på om man trots allt kan använda saltet tog man ut ett prov ur förpackningen och bestämde halten järnpulver.

Analysen gick till på följande sätt:

Provet löstes i utspädd svavelsyra under försiktig upphettning.

Då bildades vätgas som samlades upp över vatten i ett gasmättrör, varvid volymen gas uppmättes till $92,3 \text{ cm}^3$. Temperaturen på såväl gasen som lösningen var $34 \text{ }^\circ\text{C}$. Det yttre trycket var $104,3 \text{ kPa}$. Vattnets mättningstryck vid denna temperatur är $5,3 \text{ kPa}$.

För att bestämma substansmängden järn(II)joner i provlösningen titrerades en tiondel av lösningen med $0,0200 \text{ mol/dm}^3$ lösning av kaliumpermanganat, KMnO_4 . Då åtgick $28,57 \text{ cm}^3$ permanganatlösning.

- Skriv reaktionsformler för reaktionen mellan järn och svavelsyra samt för titrerreaktionen.
- Beräkna masshalten järnpulver i det förorenade saltet. Ge svaret i massprocent.

Uppgift 4 (9 poäng)

I en blandning av gaserna kväveoxid, kvävedioxid och syre ställer följande jämvikt in sig.



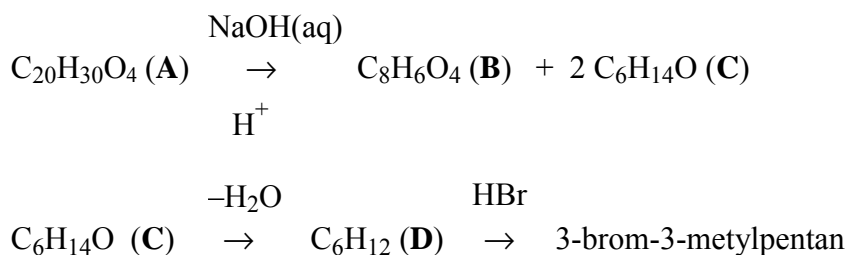
- I ett reaktionskärl med volymen $0,50 \text{ dm}^3$ fanns vid jämvikt $0,0055 \text{ mol}$ kvävedioxid, $0,015 \text{ mol}$ kväveoxid och $0,012 \text{ mol}$ syrgas vid $625 \text{ }^\circ\text{C}$. Beräkna jämviktskonstanten för jämvikten ovan vid $625 \text{ }^\circ\text{C}$.
- I en gasjämvikt definieras även en annan jämviktskonstant, K_p , där man istället för ämnens koncentrationer sätter in deras partialtryck. För jämvikten ovan är
$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}})^2 \cdot p_{\text{O}_2}}{(p_{\text{NO}_2})^2}$$
. Visa att sambandet mellan K_p och K för denna jämvikt blir
$$K_p = K \cdot 10^3 \cdot RT$$
 då partialtrycken i K_p anges i Pa och koncentrationerna i K anges i mol/dm^3 .
- Beräkna K_p för jämvikten vid $625 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Vid $25 \text{ }^\circ\text{C}$ är jämviktskonstanten $K_p = 6,0 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$ för reaktionen $2\text{NO}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$. Reaktionskärllet fylls med kvävedioxid med initialtrycket $9,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$. Beräkna partialtrycken vid $25 \text{ }^\circ\text{C}$ för alla gaserna när jämvikt har uppnåtts.

Uppgift 5 (10 poäng)

Vid analys av lakvatten från en soptipp isolerades en förening med molekylformeln $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_4$ (**A**). Då en formelenhet av föreningen behandlades med natriumhydroxidlösning och därefter med syra erhöles en formelenhet $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ (**B**) och två formelenheter $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ (**C**).

Vid $^1\text{H-NMR}$ -analys visades att **B** hade väteatomer med två olika positioner i föreningen: en singlett (vid $13,5 \text{ ppm}$) som innehåller 2 väten och en singlett (vid $8,2 \text{ ppm}$) som innehåller 4 aromatväten.

När förening **C** oxiderades erhöles en keton. Vid elimination av vatten från **C** bildades en alken (**D**) som vid addition av HBr gav 3-brom-3-metylpentan.



- Rita strukturformler för föreningarna **A** – **D**.
- Skriv mekanismen för addition av HBr till **D** och rita pilar som visar elektronflödet.
- Vilken eller vilka av föreningarna **A** – **D** har *cis-trans*-isomerer?
- Vilken eller vilka av föreningarna **A** – **D** har optiska isomerer?

Uppgift 6 (14 poäng)

Vid intensiv fysisk aktivitet bildas mjölksyra i musklerna (anaerob metabolism). I blodet neutraliseras mjölksyran genom reaktion med vätekarbonatjoner. Mjölksyra (betecknas här HL) är en enprotonig syra med syrakonstanten $K_a(\text{HL}) = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$.

$$K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \text{ och } K_a(\text{HCO}_3^-) = 4,8 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3.$$

All koldioxid (kolsyra) som bildas vid reaktionerna förutsätts stanna i lösningen.

- Beräkna pH i en mjölksyralösning med koncentrationen $3,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.
- Beräkna jämviktskonstanten för jämvikten $\text{HL} + \text{HCO}_3^- = \text{L}^- + \text{H}_2\text{CO}_3$.
- I en $0,024 \text{ mol/dm}^3$ lösning av natriumvätekarbonat är $\text{pH} = 8,34$. Beräkna $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ i lösningen.

Till $1,00 \text{ dm}^3$ $0,024 \text{ mol/dm}^3$ lösning av natriumvätekarbonat sätter man $3,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ mjölksyra.

- Beräkna pH efter tillsatsen av mjölksyra. Det förutsätts att mjölksyran reagerar fullständigt och att lösningens volym inte ändras.

Hos en person ändras pH från 7,40 till 7,35 i blodet beroende på den mjölksyra som bildats under fysisk träning. Blodet kan här betraktas som en vattenlösning med $\text{pH} = 7,40$ och $[\text{HCO}_3^-] = 0,022 \text{ mol/dm}^3$.

- Beräkna substansmängden mjölksyra som har tillsatts till $1,00 \text{ dm}^3$ blod när pH har gått ner till 7,35.
- Blod innehåller kalcium. Beräkna maximala koncentrationen av fria kalciumjoner i blod ($\text{pH} = 7,40$, $[\text{HCO}_3^-] = 0,022 \text{ mol/dm}^3$, se ovan). Kalciumjonhalten antas begränsas av löslighetsprodukten för kalciumkarbonat, $K_s(\text{CaCO}_3) = 5 \cdot 10^{-9} (\text{mol/dm}^3)^2$.

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 (10 p)

- a) H-H H-C H-N H-O H-F 2p
- b) $\bar{O}=\text{C}=\bar{O}$ 1p
Molekylen är opolär eftersom centrum för positiv laddning och för negativ laddning sammanfaller. Svaret opolär utan motivering ger ingen poäng. 1p
- c) $c = A / (\epsilon \cdot l) = 0,49 / (54800 \cdot 1,0) \text{ mol/dm}^3 = 8,94 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$
Lösningens halt: $8,94 \cdot 10^{-6} \cdot 29300 \text{ g/dm}^3 = 0,26 \text{ g/dm}^3$ 2p
- d)
$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$
 1p
acetaldehyd (etanal) 1p
- e) $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
I C_3H_6 finns det 1 st C-C, 1 st C=C och 6 st C-H bindningar.
I H_2O finns 2 st O-H bindningar.
I $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ finns det 1 st O-H, 1 st C-O, 2 st C-C och 7 st C-H bindningar.
 $\Delta H = \Sigma \text{ bindningsenergies hos reaktanterna} - \Sigma \text{ bindningsenergies hos produkterna}$
 $\Delta H = (347 + 612 + 6 \cdot 413 + 2 \cdot 464) - (464 + 358 + 2 \cdot 347 + 7 \cdot 413) = -42 \text{ kJ/mol.}$ 2p
Man kan också räkna enbart på de bindningar som bryts respektive bildas.
Svaret 42 kJ/mol ger inga poäng.

Uppgift 2 (8 p)

- a) 5'UGU UAU AUU CAA AAU UGC CCC CUU GGG3' 2p
- b) N - Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-Pro-Leu-Gly- C 2p
- c) Två cysteiner kopplas ihop via en disulfidbindning. 2p
- d) Ile → Phe; AUU → UUU
Leu → Arg; CUU → CGU
5' CCCAAGGGGGCAATTTTGAATATAACA 3'
A har ersatts med C och T har ersatts med A 2p

Uppgift 3 (9 p)

- a) $\text{Fe(s)} + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ 1p
 $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}$ 1p
- b) Beräkning av massan järn i provet
 $p(\text{H}_2) = p(\text{Yttre}) - p(\text{H}_2\text{O}) = 104,3 \text{ kPa} - 5,3 \text{ kPa} = 99,0 \text{ kPa}$
 $n(\text{H}_2) = p(\text{H}_2) \cdot V / (R \cdot T) = 99,0 \cdot 10^3 \cdot 92,3 \cdot 10^{-6} / (8,314 \cdot 307) \text{ mol} = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 $n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$$m(\text{Fe}) = 55,85 \cdot 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,200 \text{ g} \quad 2\text{p}$$

Om hänsyn inte tas till vattnets mättningsstryck dras 0,5p.

Beräkning av massan Mohrs salt i provet

$$n(\text{MnO}_4^-) = 10 \cdot 0,0200 \cdot 28,57 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5,714 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

1 mol MnO_4^- motsvarar 5 mol Fe^{2+}

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 5 \cdot 5,714 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,857 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad 2\text{p}$$

Järn(II)jonerna kommer dels från Mohrs salt och dels från järnpulvret.

$$n(\text{Fe}^{2+}, \text{fr. Mohrs salt}) = (2,857 \cdot 10^{-2} - 3,58 \cdot 10^{-3}) \text{ mol} = 2,499 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m(\text{Mohrs salt}) = 392,15 \cdot 2,499 \cdot 10^{-2} \text{ g} = 9,800 \text{ g} \quad 2\text{p}$$

$$\text{Andel järn i provblandningen: } 100 \cdot 0,200 / (9,800 + 0,200) \% = 2,00 \% \quad 1\text{p}$$

Uppgift 4 (9 p)

a) $[\text{NO}_2] = 0,0055/0,50 \text{ mol/dm}^3 = 0,011 \text{ mol/dm}^3$

$$[\text{NO}] = 0,015/0,50 \text{ mol/dm}^3 = 0,030 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{O}_2] = 0,012/0,50 \text{ mol/dm}^3 = 0,024 \text{ mol/dm}^3$$

$$K = \frac{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,030^2 \cdot 0,024}{0,011^2} \text{ mol/dm}^3 = 0,18 \text{ mol/dm}^3 \quad 2\text{p}$$

b) $n_{\text{NO}_2} = [\text{NO}_2] \cdot 10^3 \cdot V$; Faktorn 10^3 eftersom volymen, V , är uttryckt i m^3 .

Detta insätts i gasernas allmänna tillståndsekvation.

$$p_{\text{NO}_2} = n_{\text{NO}_2} RT/V = 10^3 \cdot [\text{NO}_2] \cdot RT$$

På samma sätt erhålls $p_{\text{NO}} = 10^3 \cdot [\text{NO}] \cdot RT$ och $p_{\text{O}_2} = 10^3 \cdot [\text{O}_2] \cdot RT$

$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}})^2 \cdot p_{\text{O}_2}}{(p_{\text{NO}_2})^2} = \frac{(10^3 \cdot [\text{NO}] \cdot RT)^2 \cdot 10^3 \cdot [\text{O}_2] \cdot RT}{(10^3 \cdot [\text{NO}_2] \cdot RT)^2} =$$

$$= \frac{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} \cdot 10^3 \cdot RT = K \cdot 10^3 \cdot RT \quad 2\text{p}$$

c) $K_p = K \cdot 10^3 \cdot RT = 0,18 \cdot 10^3 \cdot 8,314 \cdot (625 + 273) \text{ Pa} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad 1\text{p}$

d) Då volymen är konstant är partialtrycken proportionella mot substansmängderna och man kan räkna direkt med partialtrycken. Anta att partialtrycket av O_2 vid jämvikt är x Pa.

	2NO_2	=	2NO	+	O_2	
Partialtryck från början / Pa	$9,0 \cdot 10^4$		–		–	
Partialtryck vid jämvikt / Pa	$9,0 \cdot 10^4 - 2x$		$2x$		x	2p

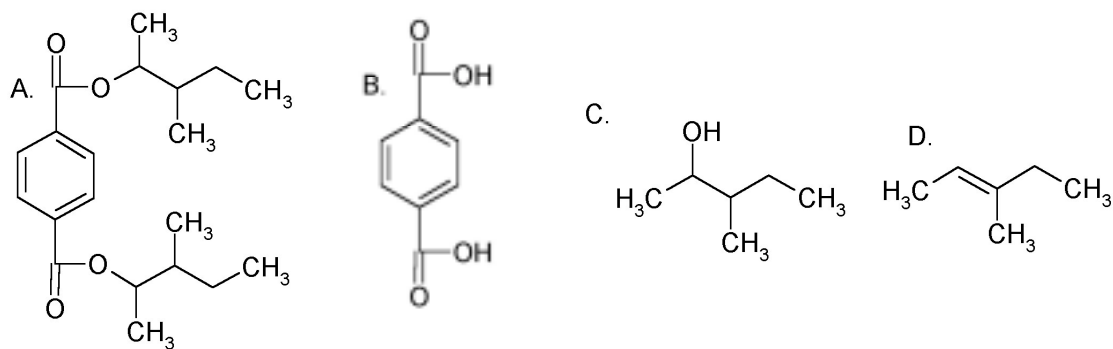
$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}})^2 \cdot p_{\text{O}_2}}{(p_{\text{NO}_2})^2}, \quad 6,0 \cdot 10^{-8} = \frac{(2x)^2 \cdot x}{(9,0 \cdot 10^4 - 2x)^2} \quad x = 5,0$$

Ekvationen kan man lösa numeriskt eller genom att försumma $2x$ bredvid $9,0 \cdot 10^4$

$$p(\text{O}_2) = 5,0 \text{ Pa}; \quad p(\text{NO}) = 10,0 \text{ Pa}; \quad p(\text{NO}_2) = 9,0 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad 2\text{p}$$

Uppgift 5 (10 p)

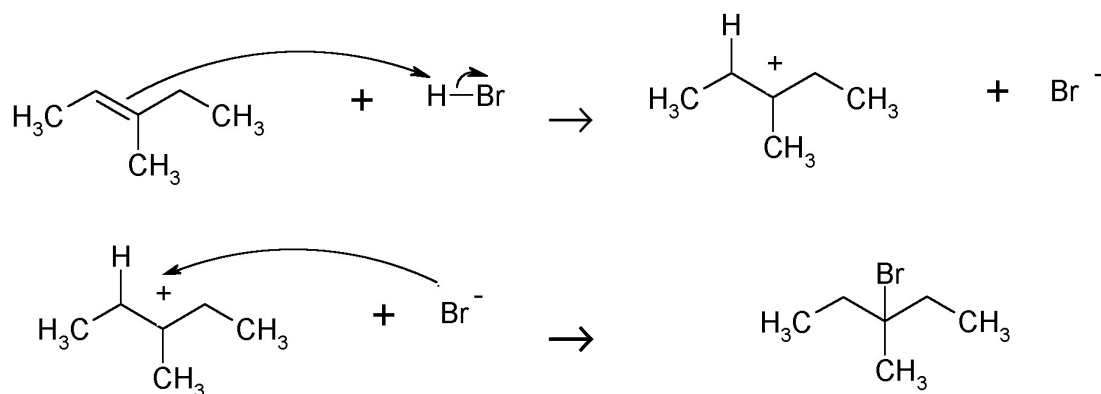
a)



Förening **A** ger 2p och föreningarna **B**, **C** och **D** ger vardera 1p

5p

b)



3p

c) D har *cis-trans*-isomerer

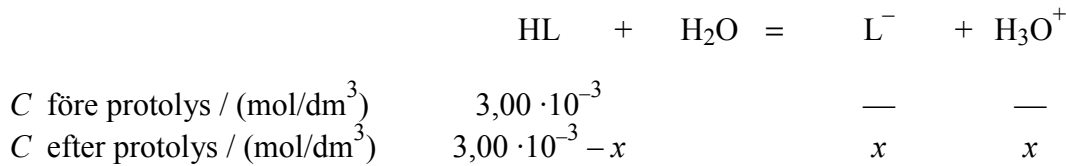
1p

d) A och C har optiska isomerer.

1p

Uppgift 6 (14 p)

a)



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{L}^-]}{[\text{HL}]} \quad \text{vilket ger} \quad 1,4 \cdot 10^{-4} = \frac{x \cdot x}{3,00 \cdot 10^{-3} - x}$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 5,81 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \Rightarrow \text{pH} = 3,24$$

Om x försummas bredvid $3,00 \cdot 10^{-3}$ fås $\text{pH} = 3,19$. Då dras 1p.

2p

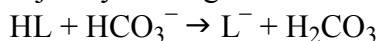
b)
$$K = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{L}^-]}{[\text{HCO}_3^-][\text{HL}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{L}^-]}{[\text{HL}]} \cdot \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]} = \frac{K_a(\text{HL})}{K_a(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 3,1 \cdot 10^2$$
 2p

c)
$$K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \Rightarrow 4,5 \cdot 10^{-7} = \frac{10^{-8,34} \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \Rightarrow \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 98$$
 2p

d)
$$n(\text{HCO}_3^-) = 1,00 \text{ dm}^3 \cdot 0,024 \text{ mol/dm}^3 = 0,024 \text{ mol}$$

$$n(\text{HL}) = 3,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Mjölksyran reagerar fullständigt med vätekarbonatjonerna.



Slutlösningen innehåller 0,021 mol HCO_3^- och $3,00 \cdot 10^{-3}$ mol H_2CO_3 .

Då både H_2CO_3 och HCO_3^- förekommer i hög koncentration kan pH beräknas direkt ur uttrycket för syrakonstanten.

$$K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \Rightarrow 4,5 \cdot 10^{-7} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot 0,021}{3,00 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 6,43 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3 \Rightarrow \text{pH} = 7,19$$

3p

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

e) $\text{pH} = 7,40$: Eftersom pH är känt kan $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ beräknas direkt ur uttrycket för

$$\text{jämviktskonstanten} \quad K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \Rightarrow 4,5 \cdot 10^{-7} = \frac{10^{-7,40} \cdot 0,022}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$\Rightarrow [\text{H}_2\text{CO}_3] = 1,946 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$\text{pH} = 7,35$: Mjölksyran som bildas reagerar fullständigt med HCO_3^- enligt



$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = (1,946 \cdot 10^{-3} + x) \text{ mol/dm}^3 \quad [\text{HCO}_3^-] = (0,022 - x) \text{ mol/dm}^3$$

$$K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \Rightarrow 4,5 \cdot 10^{-7} = \frac{10^{-7,35} \cdot (0,022 - x)}{(1,946 \cdot 10^{-3} + x)} \Rightarrow x = 2,2 \cdot 10^{-4}$$

Det har bildats $2,2 \cdot 10^{-4}$ mol mjölksyra

3p

f) $\text{pH} = 7,40$: Eftersom pH är känt kan $[\text{CO}_3^{2-}]$ beräknas direkt ur uttrycket för

$$\text{jämviktskonstanten} \quad K_a(\text{HCO}_3^-) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} \Rightarrow 4,8 \cdot 10^{-11} = \frac{10^{-7,40} \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{0,022}$$

$$\Rightarrow [\text{CO}_3^{2-}] = 2,65 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3, \quad [\text{Ca}^{2+}]_{\text{max}} = K_s(\text{CaCO}_3) / [\text{CO}_3^{2-}] =$$

$$5 \cdot 10^{-9} / 2,65 \cdot 10^{-5} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

2p

EXPERIMENTELLT PROV 2005-03-15

Provet omfattar två uppgifter, som redovisas enligt anvisningarna.
Provtid: 180 minuter. Hjälpmedel: Miniräknare.

OBS! EJ tabell- och formelsamling

Börja redovisningen av varje uppgift på ett nytt papper (enkelt A4-ark).

Lämna en marginal om minst 3 cm på varje papper.

Skriv NAMN, FÖDELSEDATUM och SKOLA på VARJE inlämnat papper!

Riskbedömning: måttligt riskfylld laboration

Skyddsglasögon skall användas under hela det experimentella provet.

Kemikalie	risk	klartext
Bärnstenssyra	R 36/37/38	irriterar ögonen, andningsorganen och huden
Etylacetat	R11 R 36 R 66 R 67	mycket brandfarlig irriterar ögonen upprepad kontakt kan ge torr hud eller hudsprickor ånga kan göra att man blir dåsig och omtöcknad
Fenolftaleinindikator 1% i etanol 0,1 mol/dm ³ NaOH dvs. < 2 %-ig lösning	R 1 R36/38	mycket brandfarlig irriterar ögonen och huden

Etylacetat samlas upp i särskild behållare enligt anvisning.

Bärnstenssyra, (butandikarboxylsyra) är en tvåprotonig syra med kemiska formeln $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$. Den upptäcktes i mitten av 1500-talet som produkt vid torrdestillation av bärnsten. Den har starkt sur smak och dess kristaller är färglösa. Bärnstenssyra bildas vid ett flertal jäsningsprocesser och den finns naturligt i t.ex. betor, sockerrör, alger och lavar. Den tillverkas industriellt genom hydrering av maleinsyra och används för framställning av bl.a. plaster, lacker och färgämnen.

Det experimentella provet består av massbestämning av bärnstenssyra samt att bestämma fördelningskonstanten för bärnstenssyra mellan etylacetat och vatten.

Atommassor

Väte	1,0079 u
Kol	12,011 u
Syre	16,00 u

Uppgift 7 (15 poäng)

Du skall i denna uppgift bestämma massan bärnstenssyra i det utdelade provet genom titrering med natriumhydroxidlösning med noggrant bestämd koncentration ($0,1 \text{ mol/dm}^3$).

Genomförande

Fyll upp mätkolven med bärnstenssyra till märket med avjonat vatten. Ta ut delprov på $10,00 \text{ cm}^3$, tillsätt ett par droppar fenolftalein och titrera med natriumhydroxidlösningen. Avläs titratorvolymen direkt vid första omslaget, eftersom fenolftaleins röda färg försvinner efter en stund i basisk lösning.

Upprepa titreringen tills du får minst tre överensstämmande resultat.

Redovisning

1. Redovisa koncist resultaten av titreringar du gjort för att bestämma massan av bärnstenssyra.
2. Skriv reaktionsformeln för titrerreaktionen när bärnstenssyra reagerar med hydroxidjoner.
3. Beräkna massan bärnstenssyra i ditt prov.

Uppgift 8 (25 poäng)

Bärnstenssyra löser sig både i vatten och etylacetat. Fördelningsjämvikten för bärnstenssyra uttrycks som koncentrationskvot enligt uttrycket:

$$K_D = \frac{[\text{Bärnstenssyra i etylaceta}]}{[\text{Bärnstenssyra i vatten}]}$$

I denna uppgift skall du bestämma fördelningskonstanten, K_D , samt ange skillnaden i att skaka blandningen (extrahera) med flera delportioner etylacetat (multipel extraktion) i jämförelse med endast en portion (enkel extraktion). Den till märket spädda lösningen från uppgift 7 skall användas.

Genomförande

- a) Överför $50,00 \text{ cm}^3$ av bärnstenssyralösningen till en separertratt. Tillsätt $30,00 \text{ cm}^3$ etylacetat. Skaka blandningen (extrahera) ett par minuter och låt den separera. Ta därefter ut $10,00 \text{ cm}^3$ av vattenfasen och titrera den med natriumhydroxidlösningen med fenolftalein som indikator. Upprepa titreringen. Håll etylacetatet i därför avsedd behållare.
- b) Överför $50,00 \text{ cm}^3$ av bärnstenssyralösningen till separertratten, skaka bärnstenssyralösningen med $10,00 \text{ cm}^3$ etylacetat. Avlägsna etylacetatfasen efter

skakningen. Tillsätt på nytt 10,00 cm³ etylacetat till bärnstenssyralösningen och avlägsna etylacetatet efter skakning. Avsluta med ytterligare en portion med 10,00 cm³ etylacetat som också avlägsnas efter skakning. Ta sedan 10,00 cm³ av vattenfasen och titrera med natriumhydroxidlösningen och med fenolftalein som indikator. Upprepa titreringen. Häll etylacetatet i därför avsedd behållare.

Redovisning

4. Redovisa koncist resultaten av titreringarna som du gjort.
5. Beräkna fördelningskonstanten K_D för bärnstenssyra mellan etylacetat och vatten.
6. Tolka dina resultat som du erhållit vid enkel och multipel extraktion.

SVAR OCH RÄTTNINGSMALL TILL DET EXPERIMENTELLA PROVET 2005

Uppgift 7 (15 poäng)

1. Väl genomförda titreringar med överensstämmande värden som ger korrekt värde på massan bärnstenssyra som erhållits. 10 p
2. Korrekt reaktionsformel:
$$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{OOCCH}_2\text{CH}_2\text{COO}^- + 2 \text{H}_2\text{O}$$
 2 p
3. Korrekt beräkning av bärnstenssyrans massa med tre gällande siffror. 3 p

Uppgift 8 (25 poäng)

4. Väl genomförda titreringar med överensstämmande värden och som ger $K_D = 0,43$ och visar att det är effektivare med multipel extraktion. 18 p
5. Korrekt beräkning av K_D för bärnstenssyra. 5 p
6. Angett att multipel extraktion är effektivare än enkel extraktion. 2 p

ANVISNINGAR TILL LEDAREN FÖR DET EXPERIMENTELLA PROVET 2005-03-15

Följande lösningar, blandningar och vätskor ska vara beredda i förväg:

- Natriumhydroxidlösning, $0,1 \text{ mol/dm}^3$ ca 200 cm^3 , med noggrant angiven koncentration (tre värdesiffror)
- Fenolftaleinlösning 1 % i etanol
- Ett prov med bärnstenssyra som delvis lösts upp i ca 50 cm^3 vatten i en 250 cm^3 mätkolv (*massan bärnstenssyra anges ej*).

Massan bärnstenssyra skall vara inom intervallet 1,2 - 1,5 g. Glöm inte att bifoga fullständiga vägdata med tre decimalers noggrannhet för de elever vilkas lösningar sänds in för rättning! Ge prov med olika massa bärnstenssyra till olika elever.

- Kolv med propp som innehåller ca 75 cm^3 etylacetat.

Uppgift 7 och 8

För varje deltagare ska följande utrustning vara framdukad:

Skyddsglasögon, hushållspapper, mätkolv (250 cm^3) med bärnstenssyraprovet, separertratt, stativ med ring som passar till separertratten, pipett (10 cm^3), pipett (25 eller 50 cm^3), pipettfyllare, dropprör, sprutflaska med vatten (destillerat, avjonat eller osmosrenat), byrett (25 - 50 cm^3) i stativ, liten tratt för byrettpåfyllning, magnetomrörare, magnetloppa, slaskbägare, 5 st E-kolvar (100 cm^3) samt 2 st bägare (100 cm^3).

Lösningar

Natriumhydroxidlösning, $0,1 \text{ mol/dm}^3$, med noggrant angiven koncentration (tre värdesiffror), fenolftaleinindikator och etylacetat.

Behållare för att samla upp använd etylacetat skall finnas tillgänglig för samtliga elever.

Kemiolympiaden 2005

Andra uttagningen 2005-03-14--15

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 2005-03-14 4 sidor

Experimentellt prov 2005-03-15 3 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

Rättningsprotokoll 1 sida

Överlämnas till ansvarig lärare i anslutning till provets genomförande.

TOTALT

14 sidor