

UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2019

TEORETISKT PROV omgång 2

Provdatum: tisdagen den 5 februari 2019

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

Provet omfattar **14** uppgifter. Max 80 poäng

LÄS IGENOM DETTA NOGA INNAN DU PÅBÖRJAR PROVET

Alla uppgifter redovisas på svarsblanketten som du hittar i slutet av provet.

Lärares grovrättning grundas endast på de svar som finns på svarsblanketten.

Du skall dessutom lämna fullständiga lösningar till de deluppgifter som är markerade med ^{RE} på separata papper.

Skriv NAMN och SKOLA på alla papper med lösningar

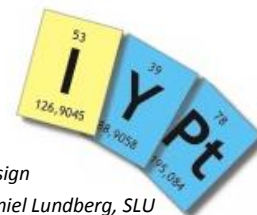
Konstanter, som inte ges i problemtexten, hämtas ur tabell/formelsamling.

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

Du måste tydligt fylla i mobilnummer, namn och mailadress på svarsblanketten.

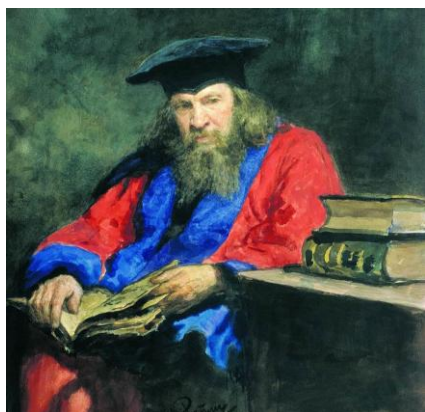


KEMIOLYMPIADEN
SVERIGE



Design

Daniel Lundberg, SLU



Dmitri Mendeleev

Uppgift 1 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

I vilken av följande 0,01 mol/dm³ saltlösningar finns det största antalet joner per volymenhet?

- (i) $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (ii) $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (iii) $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$
(iv) $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ (v) $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$

Uppgift 2 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Hur många kloridjoner är varje natriumjon omgiven av i en NaCl-kristall?

- (i) 1 (ii) 2 (iii) 4 (iv) 6 (v) 8

Uppgift 3 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

I vilket av följande par av grundämnen är den andra atomen större än den första?

- (i) Na, Mg (ii) Sr, Ca (iii) Br, Cl (iv) Si, P (v) N, P

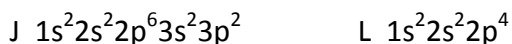
Uppgift 4 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Vilket av följande grundämnen består i sin fasta stabila form av små molekyler?

- (i) aluminium (ii) kol (iii) bly (iv) kisel (v) svavel

Uppgift 5 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Två grundämnen J och L har följande elektronkonfigurationer:



Vilket alternativ anger den troligaste formeln för en kemisk förening med J och L?

- (i) JL (ii) J₂L (iii) JL₂ (iv) J₂L₃ (v) J₃L₂

Uppgift 6 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

I Vilken av följande molekyler har kolatomen det högsta oxidationstalet?

- (i) CH₄ (ii) H₂C=O (iii) CH₂Cl₂ (iv) CHCl₃ (v) CH₃Cl

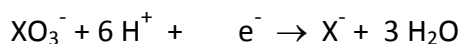
Uppgift 7 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Rubidium (Rb) är grundämnet under kalium (K) i grupp 1 i det periodiska systemet. Vilket av följande påståenden om rubidium är falskt?

- (i) Rb reagerar kraftigt med kallt vatten. (ii) Rb har en låg smältpunkt.
(iii) Rb har högre joniseringsenergi än K. (iv) Rb kan bilda en hydrid.
(v) Hydroxider och karbonater av Rb är lösliga i vatten.

Uppgift 8 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Hur många elektroner behövs för att balansera följande halvcellsreaktion?



- (i) 0 (ii) 2 (iii) 3 (iv) 4 (v) 6

Uppgift 9 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

HPLC (High Performance Liquid Chromatography), används för att separera olika substanser i ett vätskeprov genom att med högt tryck pressa vätskan genom ett långt analysfilter som kallas kolonn. Materialet i kolonnen avgör hur provet kommer att separeras. C₁₈-kolonnen består av packade kiseldioxidkorn belagda med raka och långa kolvätekedjor bestående av 18 kol (C₁₈H₃₇). Substanserna i provblandningen binder in tillfälligt till C₁₈-kedjorna. Ju mer opolär en substans är desto längre tid binder den in till C₁₈-kedjorna och därför kommer substansen ut senare ur kolonnen. Tiden det tar för att komma ut ur kolonnen kallas för retentionstid (t_R) och mäts i minuter.

Ett prov som innehöll en blandning av 1-propansyra, etanol, 3-pentanol, 1-penten och pentan separerades med hjälp av HPLC. I vilket av alternativen är ämnena sorterade efter ökande retentionstid, dvs. ämnet med den minsta retentionstiden står först.

- (i) etanol, 1-penten, 3-pentanol, pentan, 1-propansyra
(ii) pentan, 1-penten, 3-pentanol, etanol, 1-propansyra
(iii) etanol, 3-pentanol, 1-propansyra, 1-penten, pentan
(iv) 1-propansyra, etanol, 3-pentanol, 1-penten, pentan
(v) pentan, 1-penten, 1-propansyra, 3-pentanol, etanol

Uppgift 10 (13 poäng)

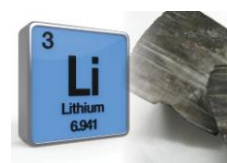
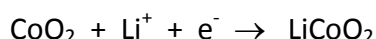
År 1817 analyserades mineralet petalit ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$) av Johan August Arfwedson (1792-1841) elev till den svenske kemisten Jöns Jakob Berzelius. År 1818 bekräftades att Arwedson upptäckt ett nytt grundämne som fick namnet litium (Li) efter grekiskans lithos som betyder sten. Halten litium i jordskorpan är 20 ppm och i världshaven finns 0,17 ppm. Litiumjoner påvisas lätt tack vare sin tydliga karminröda lågfärg.



Litium-jon-batterier med hög prestanda har snabbt blivit populära alternativ till traditionella batterier. Säkerheten kring batterierna är omdiskuterat. 2016, fick en stor mobiltelefon-tillverkare återkalla miljontals mobiltelefoner eftersom mobilbatterier vid flera tillfällen hade exploderat/börjat brinna.

Ett litium-jon-batteri är ett uppladdningsbart batteri där litiumjoner rör sig från den negativa elektroden till den positiva elektroden under urladdning och tillbaka vid laddning. Li-jon-batterier använder en inlagrad litiumförening som elektrodmaterial. När batteriet används och laddas ut görs katoden (pluspolen) av koboltoxid med inlagrade litiumjoner. Anoden (minuspolen) är uppbyggd av grafit med inlagrade litiumjoner. Vid uppladdning och urladdning sker en masstransport av litiumjoner som förflyttas från den ena elektroden till den andra genom en elektrolytlösning där snabb jontransport har stor betydelse för batteriets prestanda. Elektrolytlösningen innehåller vanligtvis ett litiumsalt som är upplöst i ett organiskt lösningsmedel. Om batteriet laddas enligt tillverkarens instruktioner så bidrar inte ren litium(Li).

När batteriet laddas ur sker följande halvcellsreaktion vid katoden:



- a) Vilket är oxidationstalet för kobolt i CoO_2 respektive i LiCoO_2 ?

Om batteriet skulle bli överladdat under uppladdning finns en stor risk att litiummetall (Li) kan bildas på en av elektroderna vilket gör att batteriet kan börja brinna eller explodera.

- b) Vid vilken elektrod skulle litium kunna bildas? Endast ett alternativ ska väljas

- (i) Vid anoden, som är koboltoxid-elektroden. (ii) Vid katoden, som är koboltoxid-elektroden.
(iii) Vid anoden, som är grafit-elektroden. (iv) Vid katoden, som är grafit-elektroden.

Det vanligaste organiska lösningsmedlet som används i elektrolytlösningen har molekylformeln $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$. Vid hydrolys (reaktion med vatten) bildas koldioxid och 1,2-etandiol.

- c) Rita en strukturformel för lösningsmedlet.

Litium brinner våldsamt i luft och bildar en blandning av litiumoxid och litiumperoxid, Li_2O_2 .

- d) Skriv en balanserad reaktionsformel för förbränning av litium i luft. De två produkterna som bildas vid reaktionen har ett molförhållande 1:1.

Litiumperoxid används vid luftrening i isolerade utrymmen som i u-båtar eller rymdfarkoster. Litiumperoxiden tar bort koldioxid från luften och istället bildas syrgas.

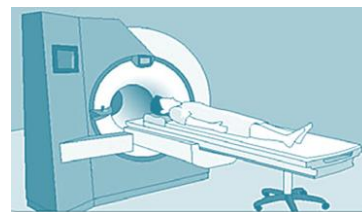
- e) Skriv en balanserad reaktionsformel för reaktionen som sker vid luftrening.

På den internationella rymdstationen används förening **A** för lagring av syre. Elementaranalys visar att **A** har en massammansättning med 6,52 % litium och 33,32 % klor och resten syre.

- f)^{RE} Bestäm den empiriska formeln för ämne A.

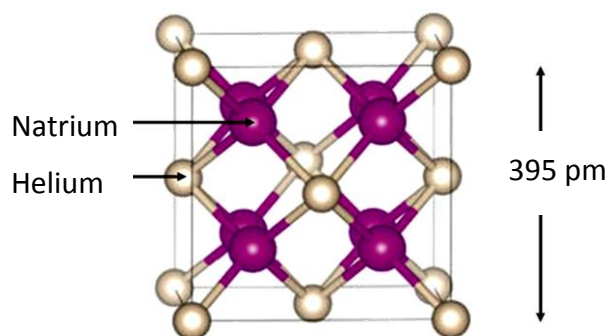
Uppgift 11 (9 poäng)

Grundämnet helium upptäcktes under den totala solförmörkelse 18 augusti år 1868. Helium anses vara i princip kemiskt inert vilket beror på dess extremt stabila elektronkonfiguration. Den främsta förekomsten är i naturgas, vilket gör att helium har en indirekt negativ påverkan på miljön. Utvinningen är begränsad till ett fåtal platser i världen vilket även gör att helium har ett politiskt intresse. Helium används exempelvis i födelsedagsballonger men största användningen är som kylmedium inom modern teknologi och medicin, såsom vid undersökningar med magnetkamera, se bild till höger.



Flera forskargrupper i världen har bekräftat att föreningen X (en förening med helium och natrium) bildas vid mycket högt tryck, 300 GPa. Vid lägre tryck sönderfaller X till helium och natrium. Strukturen bestämdes med röntgenkristallografi och visar arrangemanget av atomerna i enhetscellen. Enhetscellen är den minsta enhet som behövs för att beskriva uppbyggnaden av hela kristallstrukturen.

Enhetscellen för föreningen X visas i *figur 1*. Heliumatomer är placerade i hörnen och i centrum på ytorna. Natriumatomerna är placerade kubiskt i enhetscellen. Några av atomerna finns helt inom gränserna för en enhetscell, medan för atomer som är centrerade på hörnen, kanterna eller ytorna finns endast en del av atomen inne i en enhetscell.



Figur 1. Enhetscell för förening X. Enhetscellen är kubisk.

- Beräkna antalet atomer av natrium respektive helium i enhetscellen genom att räkna samman det totala antalet natrium- och heliumatomer som finns inom enhetscellen.
- Vad är den kemiska formeln för förening X?
- Beräkningar på föreningen X har visat att natriumatomerna förekommer som Na^+ -joner. Valenselektronerna hos natriumatomerna har bildat par och är lokaliserade till specifika platser i kristallstrukturen. Vilket/vilka av följande förväntar du dig att förening X ska vara? Ett eller flera alternativ ska väljas
 - Metallisk förening
 - Kovalent förening.
 - Jonförening
 - En ledare
 - En isolator
- ^{RE} Utgå från måtten på enhetscellen och ange antal heliumatomer i enhetscellen med a och antal natriumatomer med b. Ta fram ett uttryck för att beräkna densiteten hos föreningen X uttryckt i g/cm^3 .

Uppgift 12 (14 poäng)

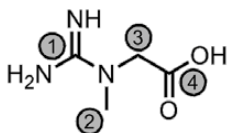
Aminosyran kreatin är ett av de vanligaste näringstillskotten som idrottare använder. Kreatin sägs ha många fördelar för de som tränar, men det är väldigt omdebatterat vilka fördelar som faktiskt är sanna och vilka som är överdrivna. Ytterligare ett problem med kreatin är att det är svårt för kroppen att ta upp kreatin från kosten i några större mängder.

Kreatins struktur ses här bredvid:

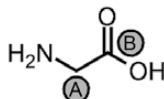


I kroppen reagerar kreatin till kreatinfosfat (CrP) som kroppen använder för att lagra energi i musklerna. CrP kan omvandla adenosindifosfat (ADP) till adenosintrifosfat (ATP) som är kroppens energikälla och behövs både när man tränar och när man sedan bygger upp musklerna.

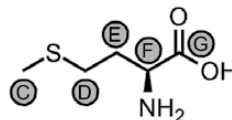
- a) Kreatin säljs ofta i kapslar som "ren kreatinmonohydrat" det vill säga kreatin med ett kristallvatten bundet till sig. Skriv ner molekylformeln för kreatinmonohydrat.
- b) Kreatin syntetiseras i kroppen av tre andra aminosyror: glycin, metionin och arginin. För var och en av de 4 markerade kolatomerna (1-4) i kreatin nedan, ange från vilken kolatom (A-M) i glycin, metionin eller arginin, som den kolatomen ursprungligen kommer ifrån. OBS. Alla tre aminosyror ska användas i syntesen.



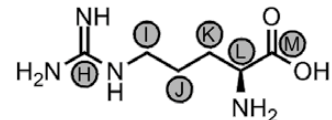
kreatin



glycin



metionin



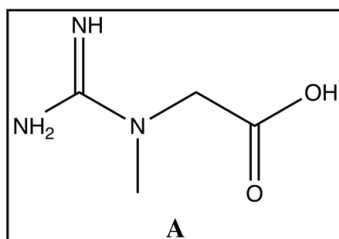
arginin

- c) Precis som andra aminosyror så kan kreatin vara negativt laddad, neutral eller positivt laddad, beroende på lösningens pH. Para ihop varje pH-värde (i)-(iii) med en av strukturerna (A-F) nedan. Svara på svarsblanketten.

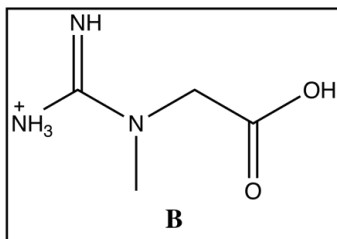
(i) pH = 1

(ii) pH = 7

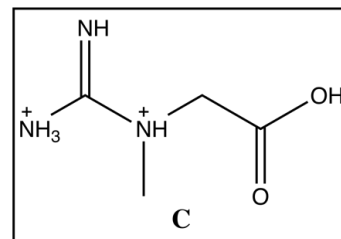
(iii) pH = 12



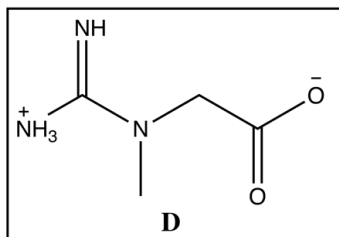
A



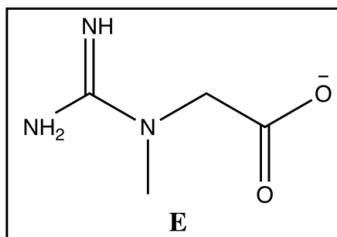
B



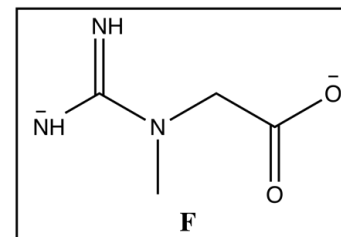
C



D



E



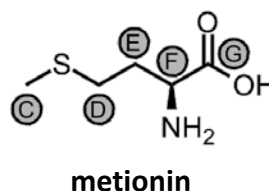
F

Den kemiska strukturen av kreatin kan analyseras med ^1H NMR (kärnmagnetisk resonans), där lösningsmedlet är deuterium-inmärkt vatten där vanligt väte, $\text{H}=^1\text{H}$ har ersatts med isotopen $\text{D}=^2\text{H}$. Isotopen ^2H har både en proton och en neutron i kärnan vilket ger vätekärnan helt andra magnetiska egenskaper så att dess signal blir osynlig i ^1H NMR. Väteatomer i kreatin som är bundna till kväve- och syreatomer reagerar med det deuterium-inmärkt vatten, så att dessa väteatomer byts ut mot deuterium, vilket gör dem osynliga i ^1H -NMR spektrumet (inklusive andra väteatomers kopplingar till deuterium). **Det är som om det inte finns några väteatomer på N och O atomerna i ^1H -NMR spektrumet.**

I ^1H -NMR ger alla väteatomer som har samma kemiska omgivning (sitter på en och samma C, N eller O atom) upphov till en signal (vid ett specifikt kemiskt skift).

Signalens utseende beror på hur många väteatomer, n, det finns på atomen 2 bindningar bort (grannatomens väten). Signalen splittras upp i en så kallad multiplätt med (n+1) stycken toppar, där avståndet är detsamma mellan topparna. Intensiteten på respektive topp (arean under topparna) ges av Pascals triangel, vilket visas i tabellen.

n	Relativ intensitet av topparna	Multiplätt signal
0	1	singlett
1	1 : 1	dublett
2	1 : 2 : 1	triplett
3	1 : 3 : 3 : 1	kvertett
4	1 : 4 : 6 : 4 : 1	kvintett



- d) Vilken multiplätt signal (singlett, dublett etc.) skulle väteatomerna på kolatomerna **C**, **D** och **F** på aminosyran metionin ge i ett ^1H -NMR spektrum.
- e) Diastereotopa väteatomer är väteatomer på samma kolatom, men som ändå befinner sig i olika kemiska omgivningar (ger upphov till två olika signaler i ^1H -NMR spektrumet). Om en kolatom har två väteatomer och de väteatomerna är diastereotopa så måste den kolatomen ha minst en grannkolatom med 4 olika substituenten (4 olika atomgrupper). Vilka av kolatomerna A-M för glycin, metionin och arginin ovan har diastereotopa väteatomer (dvs. vilka av kolatomerna A-M har en granne med 4 olika substituenten)?

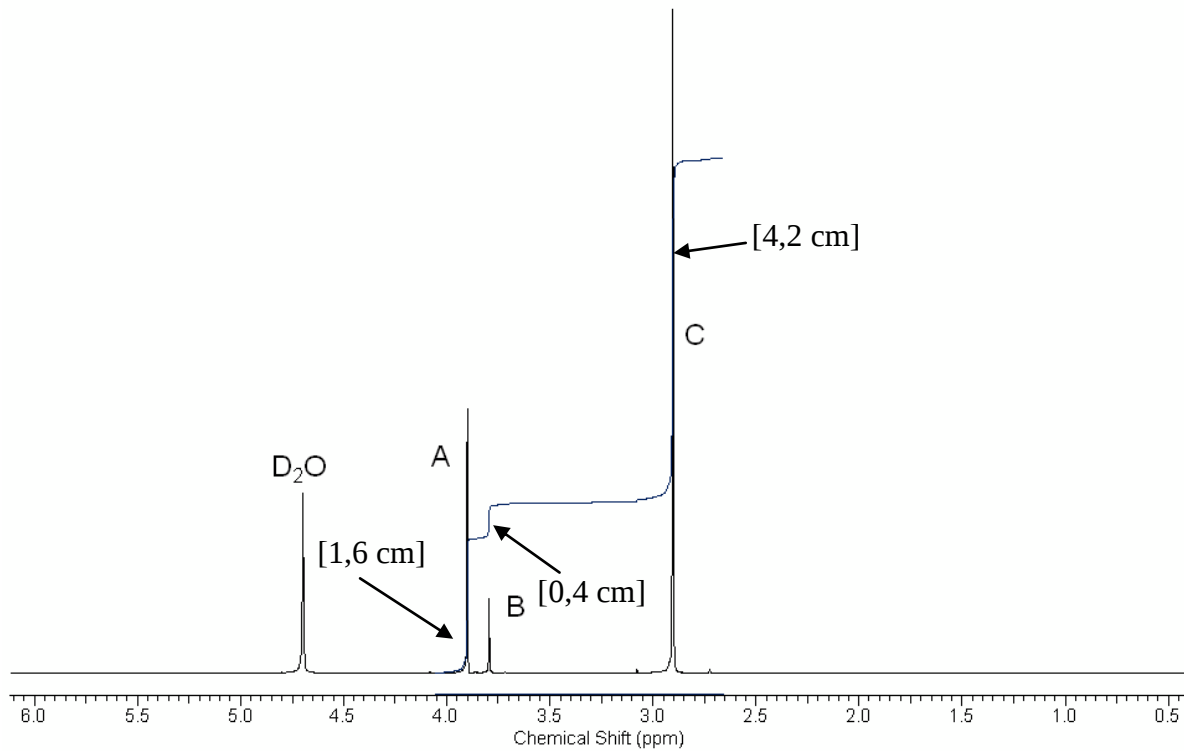
I kroppen kan kreatin även forma den cykliska molekylen kreatinin. De båda molekylerna är i jämvikt (jämviktskonstanten beror bland annat på lösningens pH). Kreatinin kan inte användas av kroppen utan filtreras ut via njurarna.

Jämvikten för kreatin och kreatinin löst i vatten kan ses nedan.



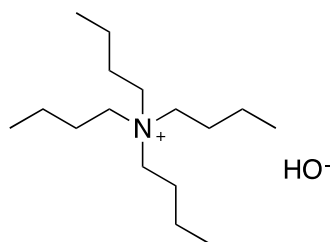
Nedan ses ett ^1H -NMR spektrum för en blandning av kreatin och kreatinin i en lösning av tungt vatten (D_2O). *Arealen under signalen är proportionell mot hur många väteatomer som ger upphov till den signalen.* Höjdökningen (anges i spektrumet) på den tunna (blå) linjen som går från vänster till höger genom topparna A-C, i spektrumet nedan, motsvarar arean under topparna (integralen av topparna). För varje ny topp ökar alltså höjden på den blå linjen lika mycket som storleken på arean av den nya toppen.

- f) Bestäm jämviktskonstanten K för bildandet av kreatinin med hjälp av arean under lämpliga signaler **A**, **B** respektive **C**. Signalen **A** kommer enbart från kreatinin, signalen **B** kommer enbart från kreatin och signalen **C** kommer från både kreatin och kreatinin. Både signalen **A** och **B** kommer från väteatomerna i en CH_2 -grupp och signal **C** kommer från väteatomerna i en CH_3 -grupp.

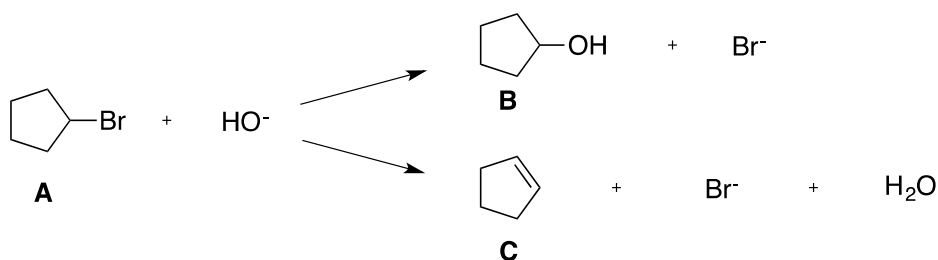


Uppgift 13 (17 poäng)

Då man låter den sekundära alkylbromiden **A** få reagera med den starka basen tetrabutylammoniumhydroxid får man en blandning av alkoholen **B** och alkenen **C**.



Tetrabutylammoniumhydroxid



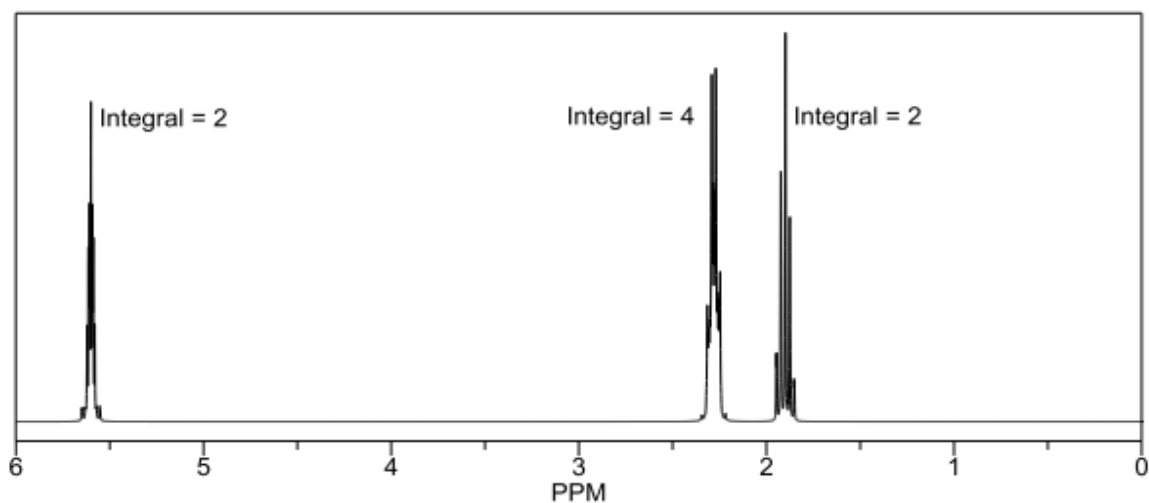
- a) Vad kallas de reaktionstyper som ger förening **B** respektive **C**?
- b) Isomeri är ett begrepp inom kemin. Vad är rätt?
- (i) **B** och **C** är inte isomerer (ii) **B** och **C** är kedjeisomerer
(iii) **B** och **C** är optiska isomerer (iv) **B** och **C** är cis/trans-isomerer
- c) Den bildade alkoholen är: Endast ett alternativ ska väljas
- (i) primär (ii) sekundär (iii) tertiär (iv) kvartär
- d) Hur många optiska isomerer finns av förening **B**? Endast ett alternativ ska väljas
- (i) 0 (ii) 1 (iii) 2 (iv) 4

De två reaktionsprodukterna **B** och **C** kan separeras från varandra genom destillation.

- e) Ange ett reagens som kan tillsättas till respektive produkt för att avgöra vilken förening som är **C**.
- f) Skriv en reaktionsformel med strukturformler för den reaktion som sker då **C** reagerar med ditt valda reagens.

Man kan också använda NMR för att bestämma vilken produkt som är **B** och vilken som är **C**. Nedan ser du ^1H -NMR spektrumet för en av produkterna.

- g) Vilken produkt (**B** eller **C**) har detta ^1H -NMR-spektrum? Du behöver inte tillordna signalerna.

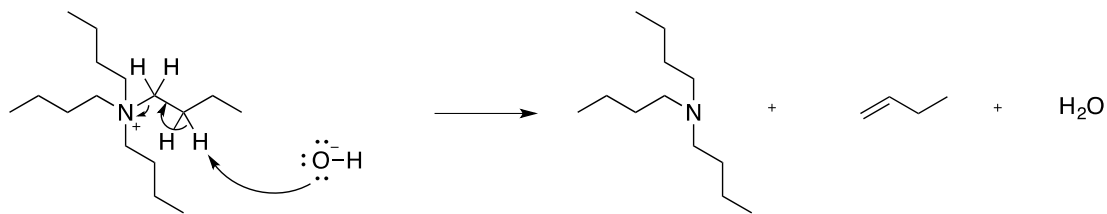


- h) I närvaro av koncentrerad svavelsyra kan **B** bilda en ny förening **D** med butansyra. Namnge och rita strukturformeln för förening **D**.

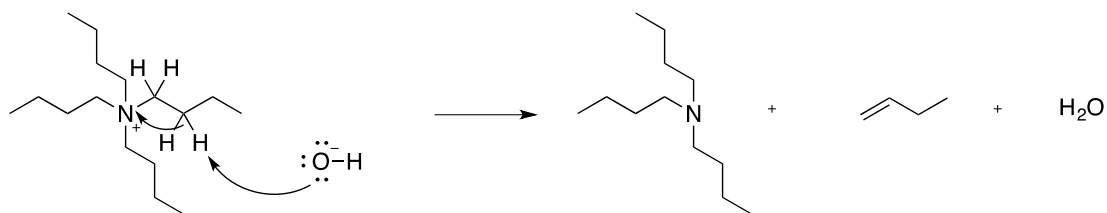
I den ursprungliga reaktionsblandningen kan hydroxidjonen också reagera med tetrabutylammoniumjonen i en elimineringsreaktion som kallas Hofmanneliminering. Då bildas 1-buten, tributylamin och vatten.

- i) Vilken av följande mekanismer är troligast korrekt?

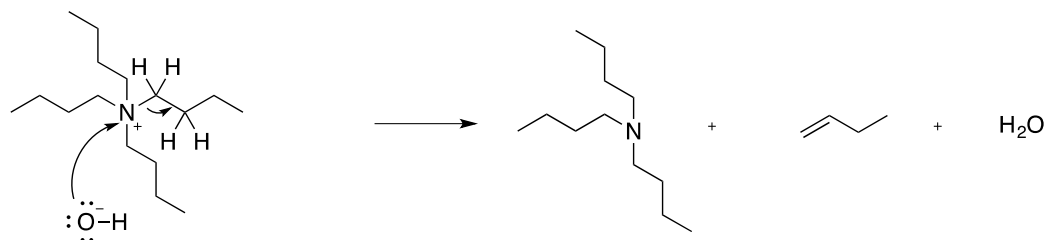
a)



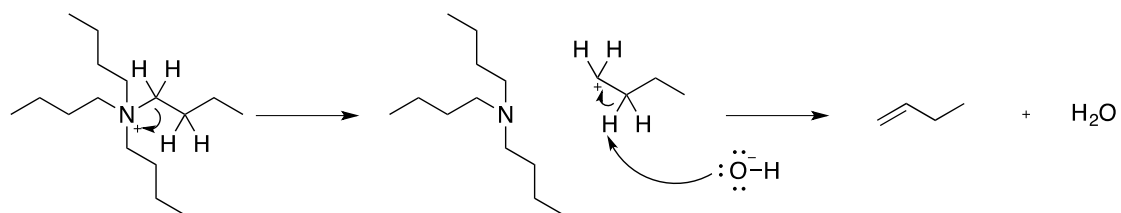
b)



c)



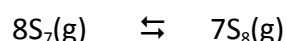
d)



Uppgift 14 (9 poäng)

Svavel tillhör de allra vanligaste förekommande ämnena på jorden. I dess naturliga form är det ett gulaktigt kristallinande pulver och avger en svag distinkt lukt. Föreningar med svavel har oftast en starkare lukt som påminner om ruttna ägg. Tillsammans med väte och syre bildas svavelsyra som är en av de mest använda kemikalierna inom industrin världen över.

Svavel formar ringar av olika storlek. I fast form är den mest stabila formen av svavel S_8 . I gasfas har alla ringstorlekar mellan S_3 till S_{12} hittats. I gasfas är de olika ringstorlekarna i jämvikt. Ekvationen för jämvikt mellan $S_7(g)$ och $S_8(g)$ ges här nedan:



- a)^{RE} Styrkan av en S–S bindning i S_7 är $260,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ och $263,3 \text{ kJ mol}^{-1}$ i S_8 .

Beräkna entalpiändringen för framåtreaktionen ovan.

När S_6 , S_7 och S_8 löses i ett organiskt lösningsmedel fann man att de alla befann sig i jämvikt i följande proportioner:

Ringstorlek	S_6	S_7	S_8
Mass %	0,32	0,76	98,92

- b)^{RE} Beräkna substansmängden av S_7 och S_8 vid jämvikt då 1,00 g av svavel löses i $1,00 \text{ dm}^3$ lösningsmedel.

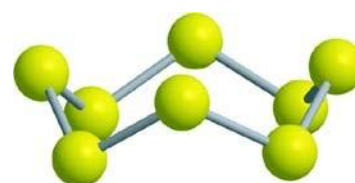
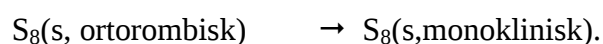
- c) Skriv uttrycket för jämviktskonstanten för reaktionen ovan mellan S_7 and S_8 .

- d) Bestäm värdet på denna jämviktskonstant.

I fast fas kristalliserar S_8 i två välkända former; ortorombisk och monoklinisk. Entalpiändringen vid förbränning av dessa två former ges av;

$$\Delta_c H(S_8, \text{ortorombisk}, 298 \text{ K}) = -296,8 \text{ kJ mol}^{-1}, \quad \Delta_c H(S_8, \text{monoklinisk}, 298 \text{ K}) = -297,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- e) Bestäm entalpiändringen vid 298 K för reaktionen nedan



SVARSBLANKETT TILL KEMIOLYMPIADEN 2019, OMGÅNG 2

Namn: _____ Födelsedatum: _____

Skola: _____

Hemadress: _____

e-post: _____ Tel. nr _____

Uppg.	Endast svar på denna blankett. Inga uträkningar. Ringa in rätt svar på flervalsfrågorna. Deluppgifter med index ^{RE} ska <u>även</u> redovisas fullständigt på särskilt papper.	Poäng	L	
1	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
2	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
3	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
4	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
5	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
6	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
7	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
8	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
9	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
10a	CoO ₂ : LiCoO ₂ :	1+1		
10b	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
10c		2		
10d		2		
10e		2		
10f		3		
11a	Antal atomer Na: He:	1 + 1		
11b	Kemisk Formel:	1		
11c	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	2		
11d ^{RE}	Uttryck för densiteten:	4		

12a	Molekylformel:	2		
12b	Kolatomb 1 kommer från: _____ Kolatomb 2 kommer från: _____ Kolatomb 3 kommer från: _____ Kolatomb 4 kommer från: _____	$4 \times \frac{1}{2} = 2$		
12c	(i) _____ (ii) _____ (iii) _____	3 x 1		
12d	C: _____ D: _____ F: _____	3 x 1		
12e		2		
12f	K =	2		
13a	B: _____ C: _____	1+1		
13b	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
13c	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
13d	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
13e	Reagens:	2		
13f	Reaktionsformel:	2		
13g	Ringa in rätt svar: B C	1		
13h		1 + 1		
13i	Ringa in rätt svar: a) b) c) d)	2		
14a^{RE}	kJ/mol	2		
14b^{RE}	n(S ₇) = _____ n(S ₈) = _____	1 + 1		
14c	Uttryck för K =	1		
14d	Värdet på K =	2		
14e	$\Delta H =$ _____ kJ/mol	2		
TOTALPOÄNG		80		