

UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2021

TEORETISKT PROV omgång 2



Provdatum: måndagen den 8 februari 2021

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

Provet omfattar **11** uppgifter. Max 73 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.

Uppgift 1 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Vad är pH i en $0,0050 \text{ mol/dm}^3$ lösning av NaOH ?

- (i) 11,70 (ii) 11,50 (iii) 7,00 (iv) 2,50 (v) 2,30

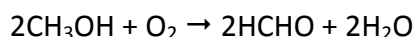
Uppgift 2 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

I vilken av följande föreningar har fosfor det lägsta oxidationstalet?

- (i) P_2O_3 (ii) P_2F_4 (iii) H_3PO_3 (iv) Na_3PO_4

Uppgift 3 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Reaktionen för oxidation av metanol till metanal kan skrivas



I en reaktion där man utgick från 32 g metanol erhöles 15 g metanal. Vilket är utbytet i denna reaktion?

- (i) 40 % (ii) 47 % (iii) 50 % (iv) 57 %

Uppgift 4 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Vilken av alkoholerna kan inte bildas vid reduktion av en aldehyd eller keton?

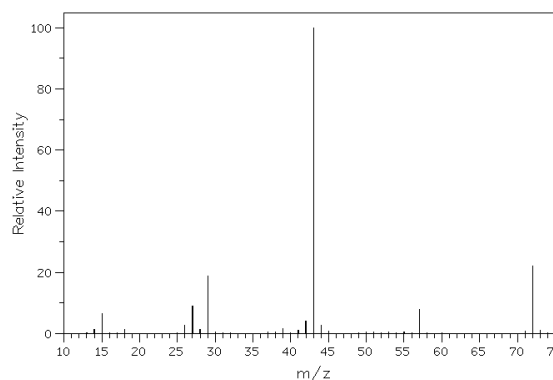
- (i) 2-metyl-1-butanol (ii) 2-metyl-2-butanol (iii) 3-metyl-1-butanol (iv) 3-metyl-2-butanol

Uppgift 5 (2 poäng)

Endast ett alternativ ska väljas

Figuren till höger visar ett masspektrum för en okänd organisk förening med 4 kolatomer. Vilken är föreningen?

- (i) dietyleter (ii) butanon
(iii) butansyra (iv) 2-metyl-propan



Uppgift 6 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

Vilken av nedanstående organiska föreningar har tre olika protonmiljöer i ett ^1H -NMR?

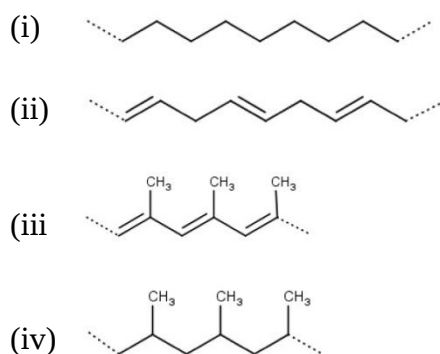
- (i) CH_3Cl (ii) CH_3OCH_3 (iii) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ (iv) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$

Uppgift 7 (6 poäng)

Propen används som utgångsämne för många kemiska produkter. Bland annat bildas polymeren polypropen från propen.

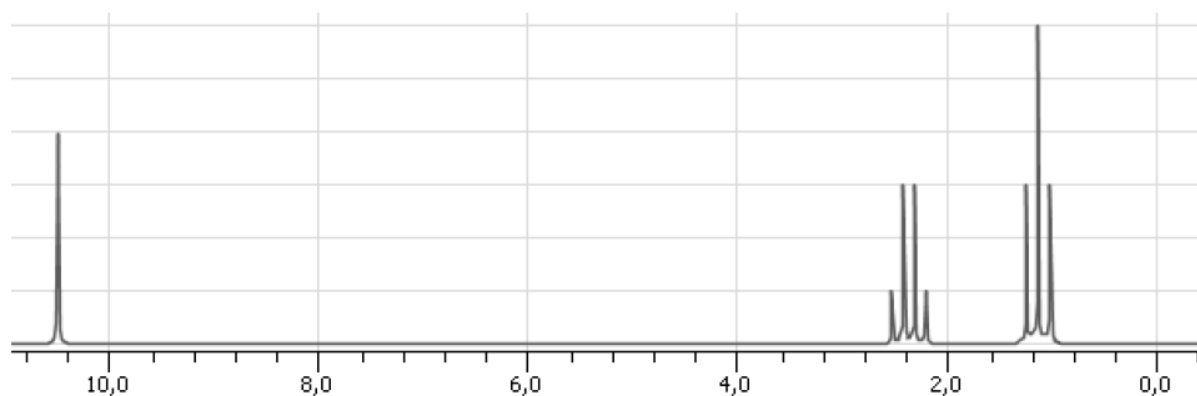
- a) Vilket av följande alternativ visar tre repeterande enheter av polypropen?

Endast ett alternativ ska väljas



- b) I en annan syntes adderas vatten till propen. Då kan det bildas två produkter, A och B. Rita strukturformlerna för produkterna A och B.

- c) Föreningarna A och B separeras från varandra. En av dessa oxideras med ett kraftigt oxidationsmedel till förening C. Figuren nedan visar ^1H -NMR-spektrat till förening C. Rita strukturformel för förening C.



Uppgift 8 (13 poäng)

År 2019 uppskattades det att 463 miljoner människor hade diabetes världen över. En snabb, enkel och noggrann bestämning av glukoshalten i blod är oerhört viktigt för diabetiker.

Principen bakom glukosmätare bygger på en redoxreaktion där glukos i blodet omvandlas till glukonsyra och väteperoxid med hjälp av enzymet glukosoxidas. Glukosoxidas utvinns från mögelsvampen *Aspergillus Niger* och har en mycket hög specificitet till glukos. Första generationens glukosmätare var designade att påvisa den bildade väteperoxiden men numera så mäter de flesta glukosmätare istället den totala laddningen av elektroner som förflyttas i reaktionen. Dagens glukosmätare använder sig alltså av *coulometri* där Faradays konstant på 96485 Coulomb (C)/mol elektroner är av stor betydelse.



Bild: Principen bakom glukosmätare bygger på en enzymatisk reaktion där glukosoxidas förbrukar glukos och genererar en elektrokemisk signal som mätaren registrerar.

(Bild: <https://commons.wikimedia.org>)

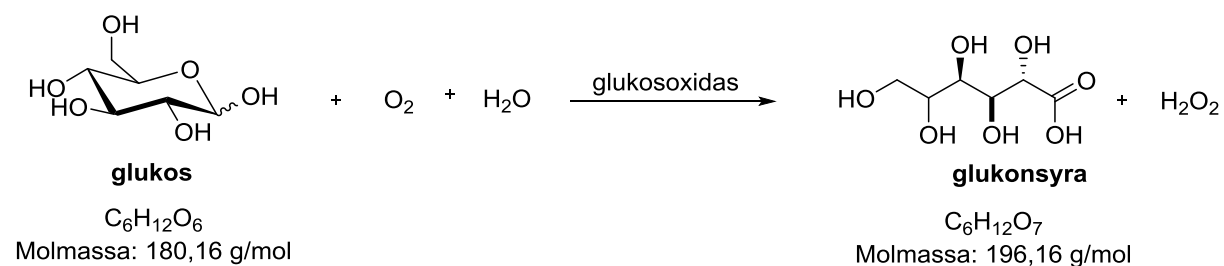
Det går även att bestämma halten sackaros (strösocker) i blod genom att först spjälka sackaros till glukos och fruktos med hjälp av enzymet invertas. Den bildade glukosen kan sen haltbestämmas coulometriskt som tidigare och därmed kan sackaroshalten bestämmas.

I den här uppgiften ska glukos- och sackaroshalten i humant blod bestämmas med hjälp av coulometri.

Utförande

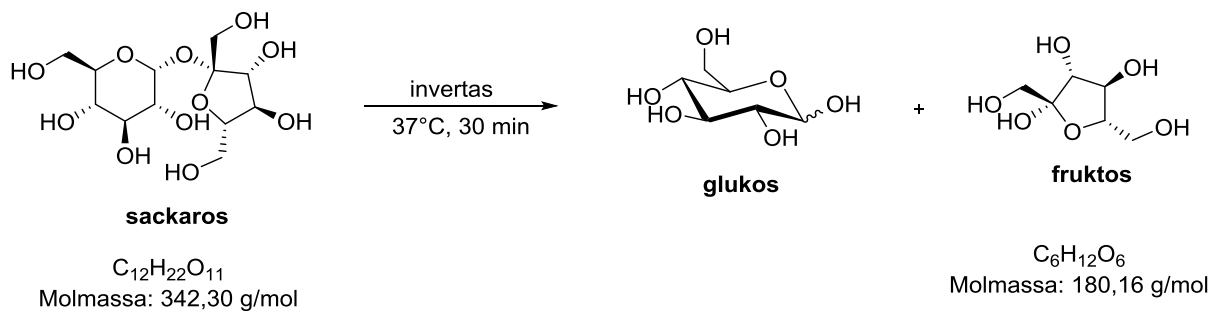
20 µl (ca 1 droppe) blod späddes med en fosfatbuffert (10 mmol/dm³, pH 7,4) till en totalvolym på 100 µl. Denna lösning benämns A.

Glukosbestämning: 50 µl av lösning A späddes med 50 µl kaliumhexacyanoferrat, K₃[Fe(CN)₆], (10 mmol/dm³) och överfördes till en elektrokemisk cell utrustad med en glukosoxidas-impregnerad elektrod och en motelektrod. Den totala laddningen som passerade glukosoxidas-elektroden under reaktionens gång uppmättes till 222 µC med hjälp av en amperemeter.



Glukos omvandlas till glukonsyra och väteperoxid med hjälp av glukosoxidas.

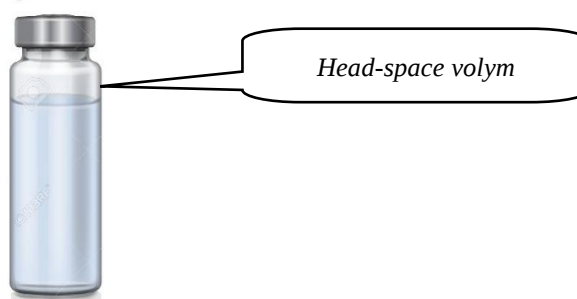
Sackarosbestämning: Till de resterande 50 µl av lösning A tillsattes 10 µl invertas (10 µmol/dm³) och reaktionsblandningen inkuberades sedan vid 37°C i 30 min varvid en fullständig reaktion ägde rum. Reaktionsblandningen späddes sedan med 40 µl K₃[Fe(CN)₆] (10 mmol/dm³) och överfördes till en elektrokemisk cell utrustad med en glukosoxidas-impregnerad elektrod och en motelektrod. Den totala laddningen som passerade glukosoxidas-elektroden under reaktionens gång uppmättes till 375 µC med hjälp av en amperemeter.



- a) Vilken reaktionstyp gäller för reaktionen från glukos till glukonsyra?
Endast ett alternativ ska väljas.
 i) Oxidation ii) Reduktion iii) Kondensation iv) Esterhydrolyys
- b) Vad har syre för oxidationstal i väteperoxid? Endast ett alternativ ska väljas.
 i) -II ii) 0 iii) -I iv) +II
- c) Hur många mol elektroner deltar i reaktionen då 1 mol glukos förbrukas?
Endast ett alternativ ska väljas.
 i) 1 mol ii) 2 mol iii) 4 mol iv) 0,5 mol
- d) $K_3[Fe(CN)_6]$ används för att återoxidera glukosoxidas på elektrodytan så att den enzymatiska reaktionen blir fullständig. Vad har järn för oxidationstal i $K_3[Fe(CN)_6]$?
Endast ett alternativ ska väljas.
 i) +III ii) +IV iii) +II iv) -VI
- e) ^{RE} Beräkna halten av glukos i det ursprungliga blodet. Ange svaret i mg/dl.
- f) ^{RE} Beräkna halten av sackaros i det ursprungliga blodet. Ange svaret i mg/dl.

Till en glasvial med en totalvolym på $1,0 \text{ cm}^3$ tillsattes 1,0 mg glukos, 890 μl fosfatbuffert (avlufat med ultraljudssonikering) och 10 μl glukosoxidas ($10 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$). Vialen förslöts sedan med ett septum.

- g) Luften över vätskenivån kallas för "head-space volym". Beräkna först substansmängderna glukos resp. syre i vialen (i μmol) och avgör sedan om "head-space volymen" är tillräcklig för att fullständigt driva reaktionen till glukonsyra. Luften innehåller 21 volym% syrgas vid 25°C och 1 bar.

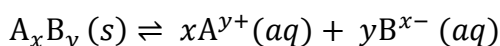


Uppgift 9 (14 poäng)

Man brukar ange hårdheten på dricksvatten vilket syftar på koncentrationen av tvåvärda metalljoner i vattnet och då särskilt kalcium- och magnesiumjoner. Dessa metalljoner innebär ingen hälsorisk i de koncentrationer de vanligtvis förekommer. Däremot så kan hårdare vatten leda till kalkutfällningar och i värsta fall skada avloppssystemen. Mjukare vatten är bättre för miljön då en mindre mängd disk- och tvättmedel behövs vid rengöring. Om man gör vattnet för mjukt kan natriumhalten i vattnet öka till hälsofarliga nivåer. Därför önskas inte heller för mjukt vatten. Hårdhet mäts i tyska hårdhetsgrader, °dH, där $1 \text{ mmol/dm}^3 = 5,6 \text{ °dH}$. I tabell 1 visas hur vatten med olika hårdhetsgrad benämns.

En vanlig teknik för att mjukgöra vatten är att fälla ut kalcium- och magnesiumjoner med släckt kalk, $\text{Ca(OH)}_2 (s)$, och sedan tillsätta kalcinerad soda, $\text{Na}_2\text{CO}_3 (s)$. I denna uppgift ska du räkna på vattens hårdhet efter mjukgörning med denna teknik. Till din hjälp har du tabell 2 med relevanta löslighetsprodukter.

När ett svårslösligt salt, $A_xB_y (s)$ är i kontakt med en lösning innehållande saltets joner ställer en löslighetsjämvikt in sig:



Uttrycket för jämviktskonstanten kan skrivas:

$$K_{sp} = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y$$

där jämviktskonstanten, K_{sp} , kallas för löslighetsprodukten (*solubility product*). Om högerledet $> K_{sp}$ kommer det svårslösliga saltet att falla ut tills högerledet $= K_{sp}$, så att jämvikt erhålls. Om högerledet $< K_{sp}$, så bildas det ingen fällning, eller om en fast fas redan fanns så löses saltet upp tills högerledet $= K_{sp}$ eller ingen fällning återstår.

Tabell 1. Hårdhetsgrad på dricksvatten.

Hårdhet (°dH)	Benämning
0-2	Mycket mjukt
2-5	Mjukt
5-10	Medelhårt
10-21	Hårt
>21	Mycket hårt

Tabell 2. Löslighetsprodukter

Fällning	K_{sp}
Ca(OH)_2	$5,5 \cdot 10^{-6}$
Mg(OH)_2	$1,1 \cdot 10^{-11}$
CaCO_3	$8,7 \cdot 10^{-9}$
MgCO_3	$1,0 \cdot 10^{-5}$



Bild: Hämtad från pixabay.com

Du har $1,0 \text{ dm}^3$ av ett vattenprov med hårdhetsgrad $28,0 \text{ °dH}$ där 70 mol% av de tvåvärda metalljonerna är kalciumjoner och 30 mol% är magnesiumjoner.

a) Beräkna koncentrationerna av kalcium- och magnesiumjoner i vattnet.

Till vattnet tillsätts först 0,10 g släckt kalk och en fällning bildas. Anta att volymen är oförändrad.

b) Skriv en balanserad reaktionsformel för utfällningen.

Efter reaktionen har lösningen pH 10,32.

c)^{RE} Vad är koncentrationen av kalcium- och magnesiumjoner nu?

d) Vad har vattnet för hårdhet?

I det andra steget tillsätts kalcinerad soda.

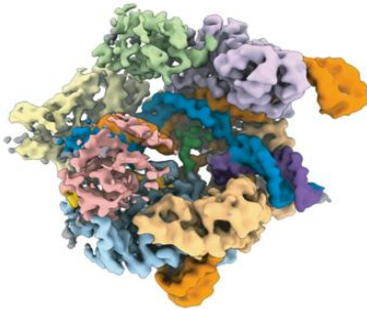
e) Vid vilken koncentration av karbonatjoner börjar kalcium- respektive magnesiumjonerna i lösningen fällas ut?

f)^{RE} Hur många gram kalcinerad soda ska tillsättas för att få en slutlig hårdhet på 3,0 °dH?
Svara med två värdesiffror.

Uppgift 10 (14 poäng)

En sax för att klippa i DNA

Nobelpriset i kemi gick år 2020 till Emmanuelle Charpentier och Jennifer A. Doudna för deras upptäckt och förfining av den genetiska saxen "CRISPR/Cas9". Med denna RNA-enzym-sax kan man enkelt manipulera DNA vilket bland annat kan användas för att bota genetiska sjukdomar och för att bekämpa cancer.



CRISPR/Cas9 3D-struktur.

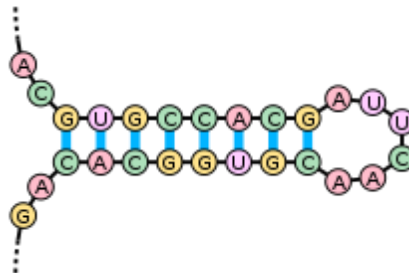


Emmanuelle förklarar sin forskning för Kung Karl Gustav på Umeå Universitet år 2015. (Foto: Johan Gunséus)

RNA är en enkelsträngad molekyl som har en viktig roll i skapandet av proteiner från DNA och vid interaktioner med DNA, som när DNA kopieras för celledelning.

- Ange namnet på den kvävebas som finns i RNA men inte i DNA.
- Vilken skulle den resulterande RNA-strängen bli om följande DNA transkriberades: 5'ATTGAGGT3' ? Skriv den resulterande sekvensen från 5' till 3'.

RNA kan veckas precis som DNA. I RNA:s sekundära struktur kan RNA-molekylen binda till sig själv och bli delvis dubbelsträngad. I dubbelsträngad RNA bildas ofta loopar, så kallade *hairpin loops*, se figuren nedan.

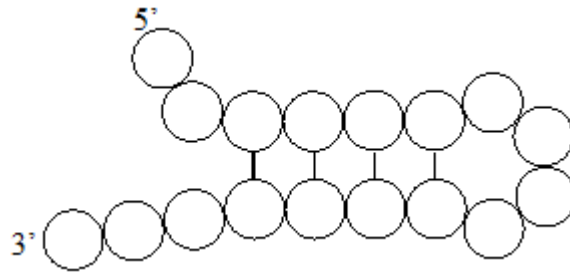


Exempel på en typ av sekundärstruktur av dubbelsträngad RNA. De blå strecken visar att kvävebaserna binder till varandra. Den enkelsträngade cirkeln längst till höger kallas för en "hairpin loop".

(Bild hämtad från <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem-loop.svg>)

I strukturen nedan ses en kort bit av den sekundära strukturen för en av RNA-kedjorna som ingår i CRISPR/Cas9. Denna består av ett dubbelsträngat segment med en *hairpin loop*. I enbart en av RNA-kedjorna (1-3) finns en sekvens som kan placeras i strukturen nedan, så att en kvävebas hamnar i varje cirkel, så att kvävebaser som placeras i cirkelarna med streck mellan sig kan binda till varandra. Notera att eftersom RNA-kedjorna (1-3) innehåller 21 kvävebaser och sekundärstrukturen bara har plats för 17 kvävebaser kommer inte hela den valda kedjan få plats i strukturen.

- c) Fyll i strukturen i svarsblanketten. Sekvensen ska bestå av en sammanhängande del av den valda RNA-kedjan (1-3).



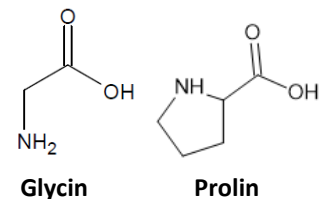
Kedjenummer	Bas-sekvens
1	5'ACCGUUUACGGCAAAUCUGCC3'
2	5'UAUCAACUUGAAAAAGUGGCA3'
3	5'GUGGGGCCUCCCCUAGUGAG3'

- d) RNA avläses av ribosomer från 5' till 3' vid bildandet av proteiner. Avkoda kedja 3 ovan till en aminosyrakedja med hjälp av kodontabellen.
Svara på formen Ser-Arg-Glu-

- e) Strukturen för aminosyran prolin (Pro) visas till höger. Ringa in alla eventuella kirala center på svarsblanketten och ange prolins summaformel.

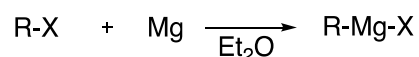
- f) Aminosyran glycine (Gly) är den minsta aminosyran och kan ses till höger. Glycine har $pK_a = 2,34$ och $pK_a = 9,6$. Rita hur aminosyran ser ut i en vattenlösning med $pH = 4$.

- g) En kort kedja av aminosyror kallas en peptid och inte ett protein. Rita dipeptiden som består av en glycine bundet till en prolin, ringa in peptidbindningen.



Uppgift 11 (14 poäng)

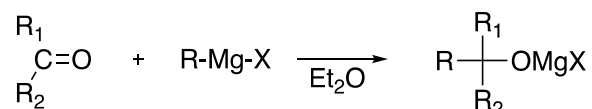
Metallorganiska föreningar och dess reaktioner har en viktig roll inom organisk kemi eftersom de utgör många exempel för att skapa nya C-C-bindningar, och på så sätt kan bygga upp ett större kolskelett till mer komplexa molekyler. Metallorganiska föreningar har säregna egenskaper då många metaller har lägre elektronegativitet än kol. När metallen är magnesium brukar föreningarna kallas för Grignardreagens. De kan framställas genom reaktion mellan organiska halogenföreningar och magnesium i dietyleter (Et_2O) som lösningsmedel enligt reaktionsformeln



R betecknar en alkyl- eller arylgrupp och X är en halogenatom. Om den organiska halogenföreningen är etylbromid, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$, innebär det att $\text{R} = \text{C}_2\text{H}_5$ och $\text{X} = \text{Br}$.

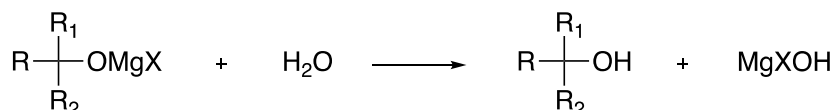
- a) Är kolatomen som binder till halogenatomen i R-X en nukleofil eller en elektrofil?
- b) Är kolatomen som binder till Mg i R-Mg-X en nukleofil eller en elektrofil?
- c) Skriv reaktionsformeln för framställning av etylmagnesiumbromid.

Grignardreagens reagerar med karbonylföreningar enligt följande reaktionsformel:

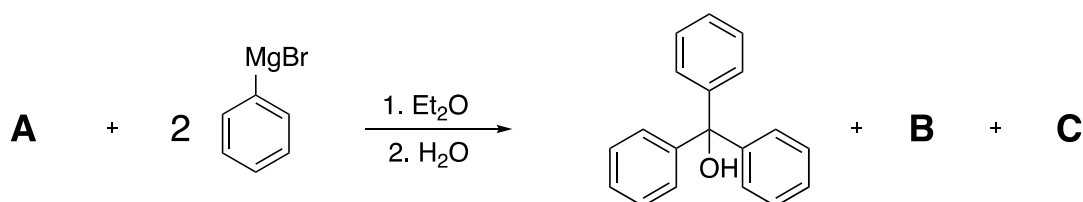


(R_1 och R_2 betecknar en väteatom eller en alkyl/arylgrupp).

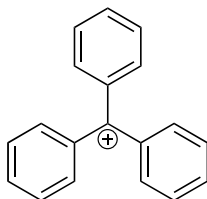
Genom hydrolys av Grignardprodukten med vatten bildas en alkohol enligt formeln:



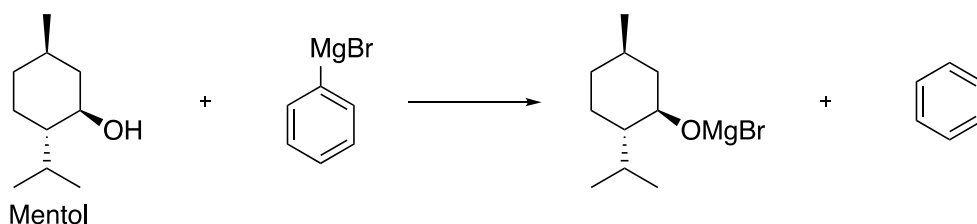
- d) Ange strukturformeln för de karbonylföreningar som ska väljas som reaktant vid reaktion med etylmagnesiumbromid för att få följande slutprodukter I-III
 - I) 1-propanol
 - II) 2-butanol
 - III) 2-metyl-2-butanol
- e) Ange strukturen för förening **A** som reagerar med två ekvivalenter fenylmagnesiumbromid enligt reaktionsformeln nedan:



- f) Trifenylmetanol kan användas som startmaterial för att erhålla en karbokation som är stabil i ett organiskt lösningsmedel. Ange ett reagens som kan användas för att bilda denna karbokation.



1,216 g magnesium, 3,20 cm³ brombensen (densitet = 1,474 g/cm³) och 20 cm³ vattenfri dietyleter användes för att göra fenylmagnesiumbromid till reaktionen i uppgift e) ovan. Innan man använder Grignardreagenset bestäms reaktionsblandningens koncentrationen genom titrering så att en korrekt volym lösning av reagenset kan tillsättas till Grignardreaktionen. Titreringsreaktionen sker enligt reaktionsformeln nedan. 1,10-fenantrolin används som indikator. 1,00 cm³ av reaktionslösningen titrerades med mentol, 1,00 mol/dm³ lösning i vattenfri dietyleter, och det gick åt 1,11 cm³. Anta att totalvolymen av Grignardlösningen är summan av volymerna brombensen och dietyleter.



- g)^{RE} Vad blev utbytet för bildning av Grignardreagenset enligt titreringen?
Svara i hela procent.

BILAGA TILL PROVTEXTEN (KODON-TABELL OCH NMR-SPEKTRUM)

Kodon-tabell

Den genetiska koden:

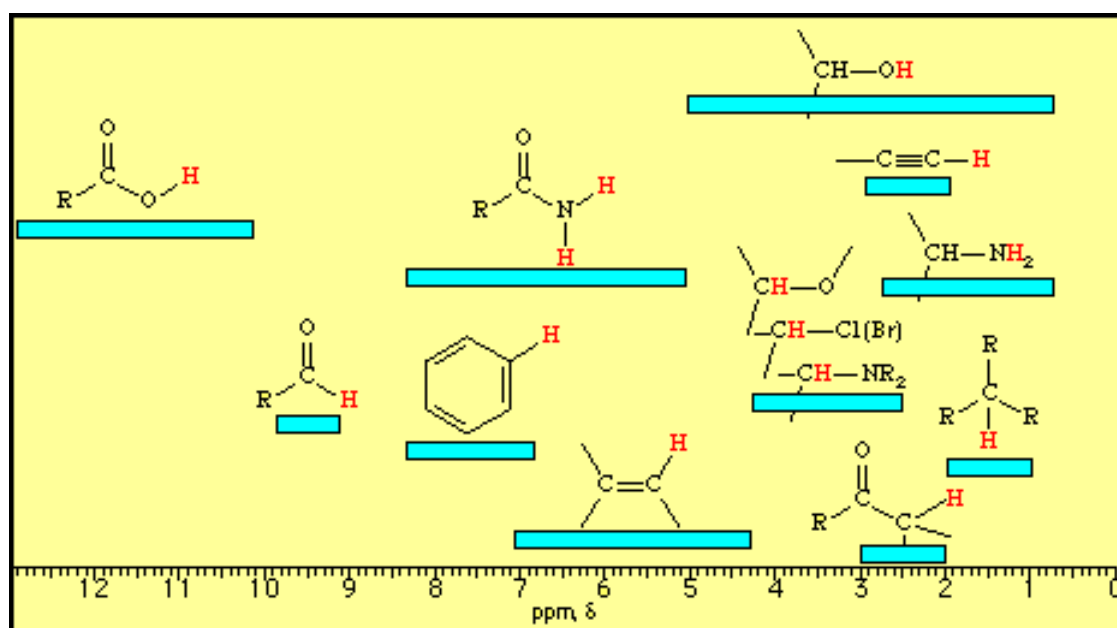
Första basen	Andra basen				Tredje basen
	U	C	A	G	
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
	UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop	A
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp	G
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A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

Figuren är hämtad från: <https://bike-wiki.se/doku.php?id=genetiska-koden>

NMR-spektrum: Karakteristiska kemiska skift

Typ av proton	Kemiskt skift (ppm)
Alkyl, RCH ₃	0.8-1.0
Alkyl, RCH ₂ CH ₃	1,2-1,4
Alkyl, R ₃ CH	1,4-1,7
Allyl, R ₂ C=CRCH ₃	1,6-1,9
Bensyl, ArCH ₃	2,2-2,5
Alkylklorid, RCH ₂ Cl	3,6-3,8
Alkylbromid, RCH ₂ Br	3,4-3,6
Alkyljodid , RCH ₂ I	3,1-3,3
Eter, ROCH ₂ R	3,3-3,9
Alkohol, HOCH ₂ R	3,3-4,0
Keton, RCOCH ₃	2,1-2,6
Aldehyd, RCOH	9,5-9,6
Aromat, ArH	6,0-9,5
Alkohol Hydroxi, ROH	0,5-6,0
Karboxyl, RCOOH	10-13
Fenol, ArOH	4,5-7,7
Amino, R-NH ₂	1,0-5,0

NMR-tabell



SVARSBLANKETT TILL KEMIOLYMPIADEN 2021, OMGÅNG 2

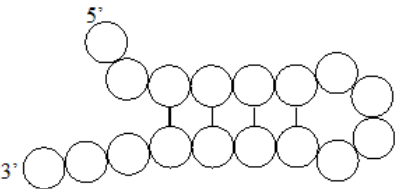
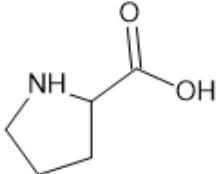
Namn: _____ Födelsedatum: _____

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)	2		
3	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
4	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
5	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
6	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
7a	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
7b		1+1		
7c		2		
8a	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	1		
8b	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	1		
8c	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	1		
8d	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	1		
8e ^{RE}	Halten av glukos: mg/dl	3		
8f ^{RE}	Halten av sackaros: mg/dl	4		
8g	n(glukos) = μmol n(O ₂) = μmol Är head-space volymen tillräcklig?	½+1+ ½		
9a	[Ca ²⁺] = mol/dm ³ , [Mg ²⁺] = mol/dm ³	1+1		
9b		2		
9c ^{RE}	[Ca ²⁺] = mol/dm ³ , [Mg ²⁺] = mol/dm ³	1+2		

9d	Hårdheten är: °dH	1		
9e	Ca: mol/dm ³ , Mg: mol/dm ³	1 +1		
9f ^{RE}	Massa kalcinerad soda: g	4		
10a	Kvävebasens namn:	1		
10b		2		
10c		3		
10d	Aminosyrasekvensen:	2		
10e	 Summaformel:	1+1		
10f		2		
10g		2		
11a	Ringa in rätt svar nukleofil elektrofil	1		
11b	Ringa in rätt svar nukleofil elektrofil	1		
11c		2		
11d	I: II: III:	1+1 +1		
11e		2		
11f		2		
11g ^{RE}	Utbyte:	3		
TOTALPOÄNG		73		