

UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2020

TEORETISKT PROV omgång 2

Provdatum: tisdagen den 4 februari 2020

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

Provet omfattar 9 uppgifter. Max 71 poäng

LÄS IGENOM DETTA NOGA INNAN DU PÅBÖRJAR PROVET

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

Lärarens 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

Fullständig förbränning av ett kolväte Q gav 0,66 g koldioxid (CO₂) och 0,36 g vatten (H₂O). Vilket alternativ visar kolvätetets empiriska formel?

- (i) CH₂ (ii) C₃H₄ (iii) C₃H₅ (iv) C₃H₈ (v) C₆H₈

Uppgift 2 (2 poäng) Endast ett alternativ ska väljas

1,00 g prov av ett kolväte i gasform har en volym på 0,40 dm³ vid temperaturen 273 K och trycket 1,01·10⁵ Pa (1,00 atm). Beräkna kolvätetets molmassa och välj dess korrekta summaformel.

- (i) CH₄ (ii) C₂H₄ (iii) C₄H₈ (iv) C₃H₈ (v) C₂H₆

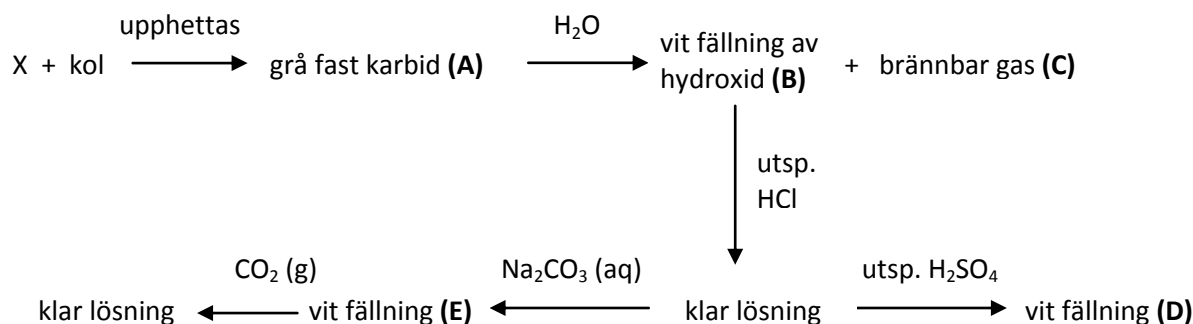
Uppgift 3 (8 poäng)

a) Vilket grundämne motsvarar X i reaktionsschemat? Endast ett alternativ ska väljas

- (i) aluminium (ii) kalcium (iii) magnesium (iv) kisel (v) natrium

b) Identifiera de ämnen som motsvarar A-E i reaktionsschemat. Svara med ämnens formel.

c) Skriv en balanserad reaktionsformel för den reaktion som sker då den vita fällningen E löses upp då CO₂ bubblas in.

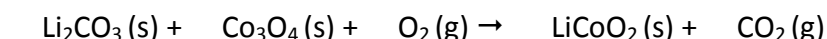


Uppgift 4 (10 poäng)

Nobelpriset i kemi 2019 gick till skapandet och utvecklandet av litiumbatterier.

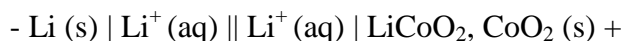
Ett litiumbatteri är ett uppladdningsbart batteri, som består av en katod, en anod, en elektrolyt och ett skikt som separerar katoden och anoden. Genom det separerade skiktet kan jonerna i elektrolyten röra sig men inte fria elektroner, se figur 1.

Det finns flera varianter av litiumbatterier. I ett av dem utgörs den ena elektroden av litiumkoboaltoxid och den andra elektroden av fast litium. Vid tillverkanen av litiumkoboaltoxid värms litiumkarbonat med koboaltoxid över $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ enligt nedanstående reaktionsformel.



- Ange oxidationstalen för kobolt och litium i de olika ämnena.
- Balansera sedan reaktionsformeln för bildandet av litiumkoboaltoxid. Lägsta möjliga heltalskoefficienter ska användas.

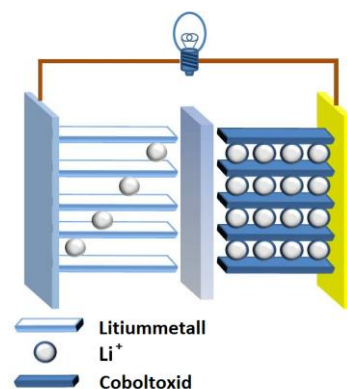
Cellschemat för den galvaniska cellen (batteriet laddas ur) är



Vid urladdning av batteriet oxideras metalliskt litium till litiumjoner vid den negativa polen. Vid den positiva polen reduceras kobolt i CoO_2 och bildar LiCoO_2 tillsammans med litiumjoner från elektrolyten.

När batteriet laddas upp genom att kopplas till ett laddningsaggregat, går reaktionerna vid elektroderna i motsatt riktning. Då kan batteriet liknas vid en elektrolyscell.

- Skriv balanserade reaktionsformler för de elektrodreaktioner som sker vid höger respektive vänster elektrod vid urladdning av batteriet.
- Skriv en balanserad reaktionsformel för den totala cellreaktionen vid urladdning av batteriet.
- Elektroderna i såväl ett galvaniskt element som i en elektrolyscell benämns anod och katod. Vad är rätt av nedanstående påståenden? Ett eller flera alternativ ska väljas
 - I cellschemat ovan är höger elektrod anod och vänster elektrod katod.
 - Vid uppladdning av cellen kopplas minuspolen på laddningsaggregatet till höger elektrod i cellschemat ovan och pluspolen till vänster elektrod.
 - Oavsett om man laddar (elektrolyscell) eller laddar ur batteriet (galvanisk cell) kallas den elektrod där det sker en oxidation för anod.
 - Den elektrod som är anod vid uppladdning av cellen blir katod vid urladdning.
- Normalpotentialen för redoxparet Li^+/Li är $e^0 = -3,0\text{ V}$ och för redoxparet $\text{CoO}_2/\text{LiCoO}_2$, $e^0 = 1,5\text{ V}$. Hur stor är batteriets EMK, (E^0)?



Figur 1. Litiumkoboaltoxidbatteri, redigerad version. Original taget från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Basic_battery_charging.jpg

Uppgift 5 (13 poäng)

Titannitrid, TiN, är en förening med en gyllene färg, den är hårdare än ren titan och används till att förstärka ytan på skärverktyg.

Tunntfilmer av TiN bereds oftast med en metod som kallas för kemisk ångdeponering, "CVD" (eng. chemical vapour deposition) där TiN bildas på en yta som värms till över 320 °C i en atmosfär av titan(IV)klorid och ammoniak. En obalanserad ekvation för denna reaktion ges här:



- Vilket oxidationstal har titan i titannitrid, TiN?
- Vilket grundämne är det som oxideras i reaktionen mellan TiCl₄ och NH₃?
- Balansera reaktionen ovan.

År 2016 så upptäcktes en ny legering mellan titan och guld som hade den empiriska formeln Ti₃Au. Denna legering visade sig vara fyra gånger hårdare än titan. Legeringen framställs genom att de båda grundämnena i lämpliga proportioner värms tillsammans i en inert atmosfär av argon.

- Beräkna den massa av titan respektive guld som krävs för att bilda 40,0 kg av legeringen Ti₃Au. Svara i kg.

Med röntgenkristallografi kan man bestämma hur atomerna i ett material är arrangerade. En repeterande enhet i ett material kallas för enhetscell. Då flera enhetsceller staplas i x-, y- och z-led så får man fram atom-arrangemanget för hela materialet (**Figur 1**). Vissa av atomerna i enhetscellen är helt inneslutna inom enhetscellens gränser medan de atomer som sitter på hörnen, kanterna och sidorna delas med de intilliggande enhetscellerna.

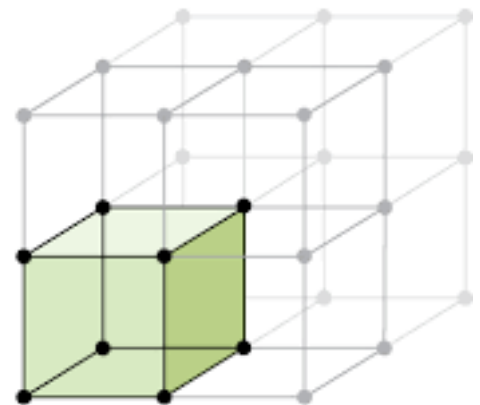
Enhetscellen för Ti₃Au har en kubisk struktur. Hur hård en legering är beror bl.a. på hur många bindningsinteraktioner som varje atom har samt vilken längd som bindningarna har.

Två perspektiv på enhetscellen för Ti₃Au visas nedan (**Figur 2**).

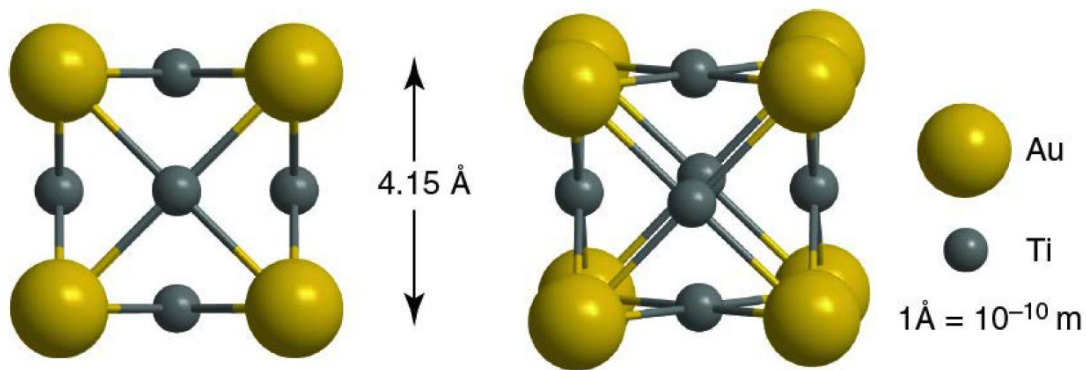
Enhetscellen har en guldatom i varje hörn på kuben och en titanatom i mitten på varje sida. Längden på kubens kant är 4,15 Å.



Den gyllene färgen består av titannitrid vilket förstärker ytan på borren.



Figur 1. En skiss av hur enhetsceller bygger upp atomstrukturen hos ett material.



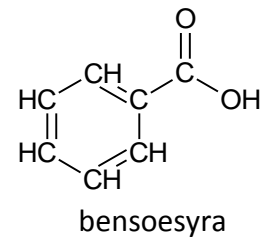
Figur 2. Två olika perspektiv på enhetscellen för Ti_3Au . Till vänster ses den 3-dimensionella enhetscellen rakt framifrån (projicerad i 2D), till höger ses en 3D-projektion av enhetscellen.

Eftersom enhetscellen omges av precis likadana enhetsceller så kommer titanatomer att omges av guldatomer och andra titanatomer.

- e) Hur många titanatomer omges varje guldatom av? Endast ett alternativ ska väljas.
 (i) 4 (ii) 6 (iii) 8 (iv) 12
- f) Hur många guldatomer omges varje titanatom av? Endast ett alternativ ska väljas.
 (i) 4 (ii) 6 (iii) 8 (iv) 12
- g) Hur många titanatomer omges varje titanatom av? Endast ett alternativ ska väljas.
 (i) 4 (ii) 6 (iii) 8 (iv) 12
- h)^{RE} Beräkna avståndet mellan Ti–Au. Svara i Ångström (Å).
- i)^{RE} Beräkna det kortaste avståndet mellan två titanatomer. Svara i Ångström (Å).

Uppgift 6 (10 poäng)

Lingon och tranbär innehåller bensoesyra, ett ämne som fungerar som ett naturligt konserveringsmedel. Se formel till höger. Bensoesyra bidrar även till syrligheten som finns i bären. Koncentrationen av bensoesyra är ca 1 g/liter bär. Bensoesyra har molmassan 122,12 g/mol.



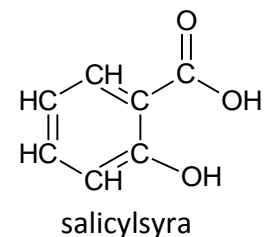
Om Bensoesyra substitueras med en -OH grupp bildas salicylsyra, som ingår i olika läkemedel.

a) Vilka två påstående är sanna? Två alternativ ska väljas

- (i) Bensoesyra är en karboxylsyra. (ii) Bensoesyra är en aromatisk förening.
(iii) Bensoesyra är en aldehyd. (iv) Bensoesyra är en ester.

b) Vilket systematiskt namn har salicylsyra? Endast ett alternativ ska väljas

- (i) bensenol (ii) 2-hydroxibensoesyra
(iii) bensoesyraester (iv) karboxylsyraester



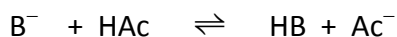
c) Lingon har pressats för att få fram 1,0 dm³ vätska. Vilket pH värde har vätskan om du antar att den innehåller 1,0 g bensoesyra? Bensoesyra är en svag syra med pK_a=4,20

- (i) 0,20 (ii) 3,16 (iii) 4,20 (iv) 4,80

d) Då bensoesyra (HB) löses i vatten sker protolysreaktionen: $HB + H_2O \rightleftharpoons B^- + H_3O^+$
Skriv upp ett uttryck för jämviktskonstanten (syra-konstanten), K_{HB}, för denna protolys.

Då ättiksyra (HAc) löses i vatten sker protolysreaktionen: $HAc + H_2O \rightleftharpoons Ac^- + H_3O^+$
Skriv upp ett uttryck för jämviktskonstanten (syra-konstanten), K_{HAc}, för denna protolys.

Om man blandar en lösning av ättiksyra (HAc) med en lösning av natriumbensoat (NaB) ställer följande jämvikt in sig.



e) Vilket värde har jämviktskonstanten, K, för denna reaktion?

$$pK_a(HAc) = 4,77, \quad pK_a(HB) = 4,20$$

- (i) 0,27 (ii) 0,57 (iii) 9,07 (iv) 8,97

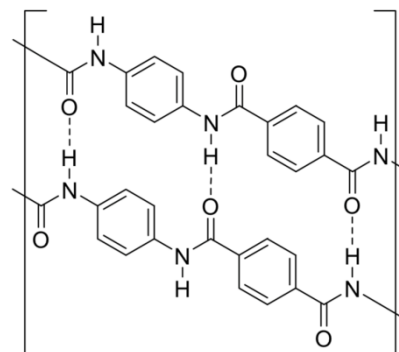
f)^{RE} Man blandar 0,050 mol natriumbensoat (NaB) och 0,050 mol ättiksyra (HAc) i vatten. Blandningen späds till 0,500 dm³. Visa att det bildas en fällning av bensoesyra **samt** beräkna substansmängden utfälld bensoesyra.

Lösligheten för bensoesyra är 0,020 mol/dm³.



Uppgift 7 (10 poäng)

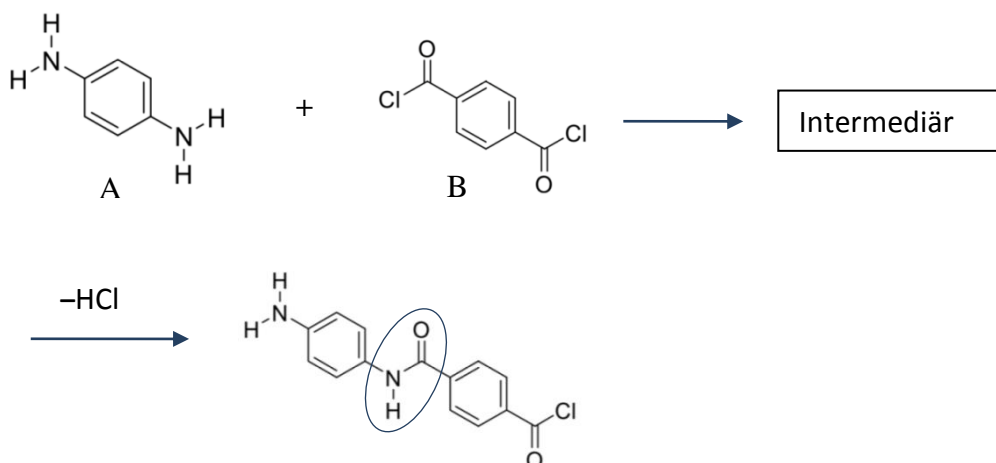
Kevlar är en mycket stark polymer. Polymerfibrerna är fem gånger starkare än stål vid samma vikt. Kevlar används bland annat i skyddsvästar, flygplan och för andra tillämpningar som kräver ett starkt material samtidigt som man vill behålla en låg vikt.



- a) Styrkan i Kevlar beror delvis på dess intermolekylära bindningar mellan polymerkedjorna. Vad kallas dessa intermolekylära bindningar? (markerade med streckade bindningar i bilden bredvid)
Endast ett alternativ ska väljas
- (i) jonbindningar (ii) van der Waalsbindningar
(iii) vätebindningar

Kevlar kan syntetiseras av startmaterialen A och B (se figur nedan). Som biprodukt bildas saltsyra. Vid syntesen reagerar A och B med varandra och bildar långa kedjor av polymeren.

- b) Visa reaktionsmekanismen för den reaktion som sker när en molekyl av A reagerar med en molekyl av B enligt figuren nedan. Börja med att rita intermediären. Utgå sedan från mallen på svarsblanketten när du ritar dina elektronpilar. Du ska visa mekanismen både för bildandet av intermediären ur A och B, samt för bildandet av AB ur intermediären.



- c) Vad kallas bindningen som binder ihop de två monomererna A och B? (markerad i bilden med en ring). Endast ett alternativ ska väljas
- i) amidbindning (ii) kvävebindning (iii) kevlarbindning (iv) vätebindning
- d) Bildas det mest saltsyra om polymeren bildas som en enda lång sammanhängande kedja eller många kortare kedjor? Endast ett alternativ ska väljas
- (i) Många kortare kedjor (ii) En enda sammanhängande kedja
(iii) Lika mycket för båda alternativ
- e)^{RE} Vid en syntes av Kevlar utgick man från 250 g av A och 350 g av B. Hur stor massa av polymeren bildas? Anta att de endast bildas en polymerkedja. Svara i g.

Uppgift 8 (6 poäng)

En förening har molekylformel $C_5H_{10}O$.

a) Vilka tre av följande funktionella grupper eller kombinationer av funktionella grupper kan finnas i en molekyl med formeln $C_5H_{10}O$? Tre alternativ ska markeras

- (i) Alkyn + Alkohol (ii) Alkohol + Alken (iii) Eter + Cyklobutan (iv) Ester
(v) Keton (vi) Amin (vii) Karboxylsyra

b) Hur många olika isomerer (inklusive stereoisomerer) finns med molekylformeln $C_5H_{10}O$ och som dessutom har **exakt 4** kolatomer i en ring - det vill säga cyklobutanvarianter?

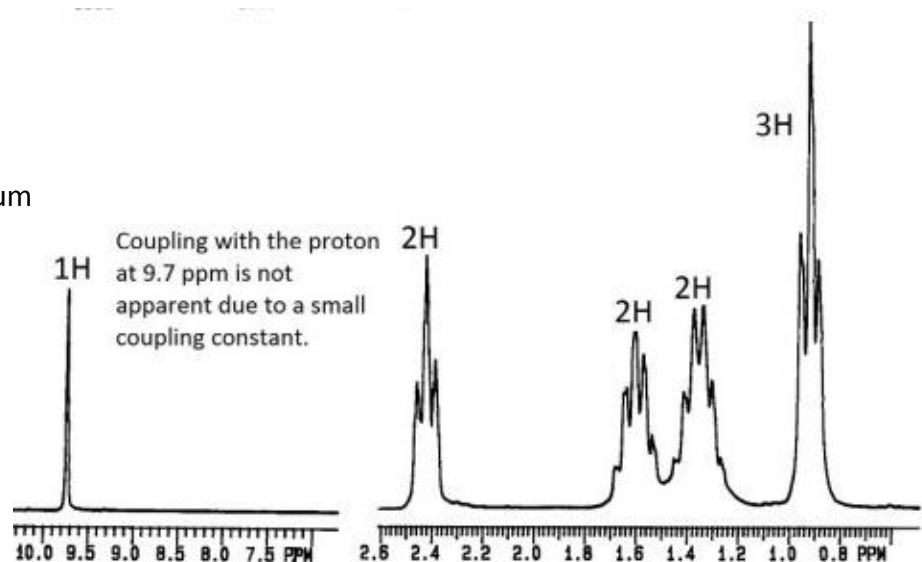
Endast ett alternativ ska väljas

- (i) 3 (ii) 4 (iii) 6 (iv) 7 (v) 9 (vi) 11

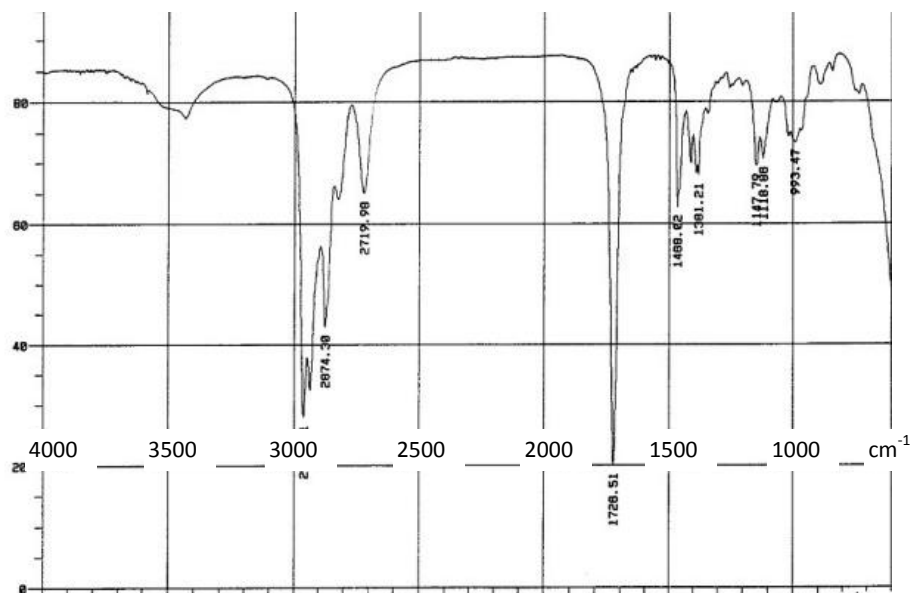
c) Vilken förening med formel $C_5H_{10}O$ har IR-spektrumet och 1H -NMR-spektrumet som visas nedan? Rita strukturformeln för denna förening.

Ringa in de två grupper av H-atomer som ger NMR-signaler vid 1,6 ppm och 1,35 ppm.

NMR-spektrum



IR-spektrum



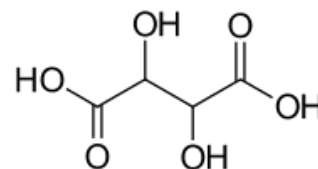
Uppgift 9 (10 poäng)

I vinindustrin kvantifierar man vin med ett flertal parametrar till exempel mängd löst SO_2 , alkoholhalt (etanolhalt) samt titrerbar syra. Titrerbar syra mäts i enheten molekv/dm^3 dvs. hur många mol enkelvärd bas som krävs för att neutralisera all syra i 1 dm^3 vin.

Syrligheten och alkoholhalten av ett torrt vitt vin bestämdes. Bestämningen av vinets syrlighet gjordes genom titrering av en vinlösning med en natriumhydroxidlösning (NaOH) med noggrant känd koncentration. Titreringen bedömdes som färdig då en pH mätare visade att lösningens pH var 7,0.

En utspädd vinlösning bereddades genom att 200,0 ml vin tillsattes till en 500,0 ml mätkolv som därefter spädades till märket med destillerat vatten.

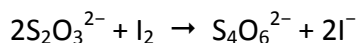
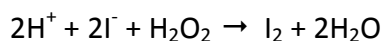
- a) Vinet som analyserades innehöll 12 volymprocent alkohol enligt etiketten. Vad var alkoholhalten i vinlösningen efter spädning uttryckt i volymprocent?
- b)^{RE} Det åtgick $25,60 \text{ cm}^3$ $0,0500 \text{ mol/dm}^3$ natriumhydroxid för att neutralisera $100,0 \text{ cm}^3$ av den utspädda vinlösningen. Beräkna koncentrationen av titrerbar syra i det utspädda vinet uttryckt i molekv/dm^3 .
- c)^{RE} Anta att all syra i vinet är vinsyra (på bilden till höger). Beräkna koncentrationen av vinsyra i det utspädda vinet uttryckt i mol/dm^3 .



För att fastställa alkoholhalten exaktare än 12% ($\approx 2,1 \text{ mol/dm}^3$) användes en redoxtitrering. Till vinlösningen tillsattes först ett överskott av en lösning av väteperoxid, H_2O_2 , som oxiderar etanolen till ättiksyra.

- d) Skriv en balanserad reaktionsformel för den reaktion som sker vid fullständig oxidation av etanol med väteperoxid.
- e)^{RE} Till $100,0 \text{ cm}^3$ av det utspädda vinet tillsattes $19,50 \text{ cm}^3$ av en väteperoxidlösning med koncentration $9,770 \text{ mol/dm}^3$. Därefter tillsattes ett överskott av kaliumjodidlösning. Jodidjonerna oxiderades då av kvarvarande väteperoxid varvid jod, I_2 , bildades. Den bildade joden, som brunfärgar lösningen, titrerades slutligen med $0,2500 \text{ mol/dm}^3$ natriumtiosulfatlösning, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, tills lösningen blev färglös. Det åtgick $120,35 \text{ cm}^3$ natriumtiosulfatlösning. Beräkna koncentrationen av etanol i det utspädda vinet uttryckt i mol/dm^3 .

Reaktionsformler



BILAGA TILL PROVTEXTEN (IR- OCH NMR-SPEKTRUM)

IR-spektrum: Karakteristiska vågtal för funktionella grupper

Förening	Funktionella grupper	Vågtal (cm^{-1})
Alkohol	O-H	3650 - 3200
Karboxylsyra	O-H	3300 - 2500*
Fenol	O-H	3600 - 3000*
Karboxylsyra	C=O	1725 - 1700
Alkan	C-H ₃ (stretch)	3000-2800
Keton	C=O	1725 - 1705
Aldehyd	C=O	1740 - 1720**
Ester	C=O	1750 - 1730***
Amid	C=O	1690 - 1680**
Primär amin	N-H (stretch)	(about 3500 and 3300)a
	N-H (deform)	1650 - 1580
Sekundär amin	N-H (stretch)	3450 – 3300 aa
	N-H (deform)	1650 – 1550
Aromat	C=C (stretch)	1600
Alken	C=C (stretch)	1680 – 1620

* Karboxylsyror och Fenoler har breda O-H sträckningar beroende på vätebindningar.

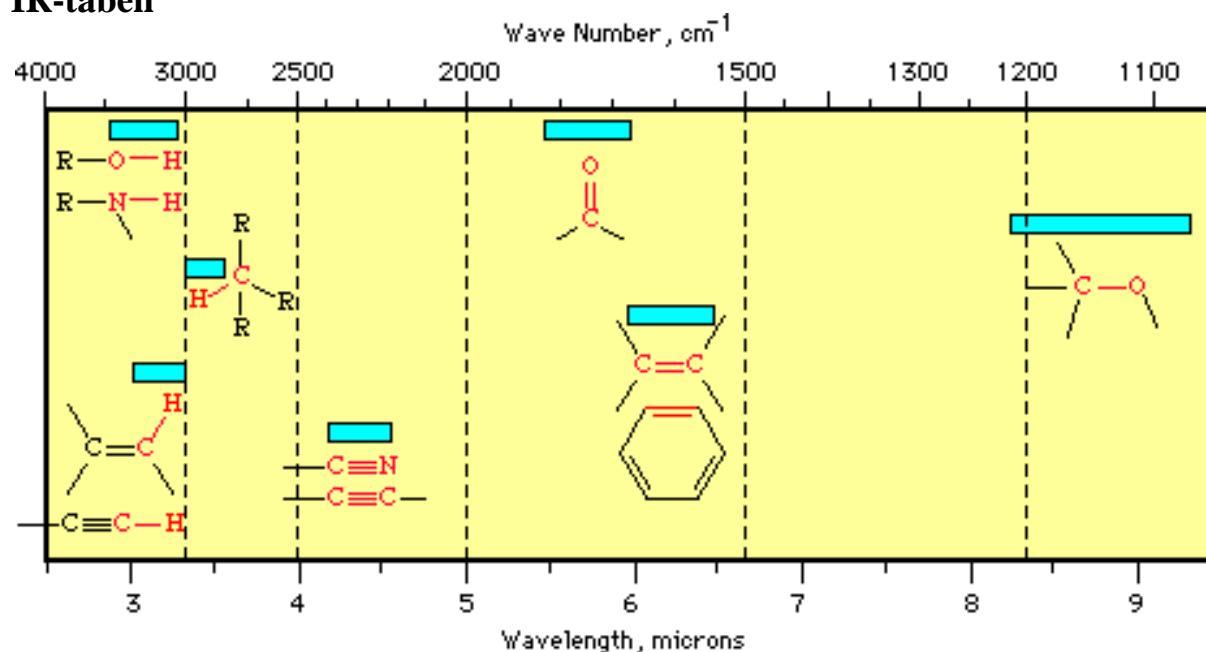
** Aldehyder ger även en dubbeltopp vid runt 2800 cm^{-1}

*** Estrar har även en topp vid 1200 cm^{-1} för C-O-sträckning

a Dubbeltopp för primär amin.

aa Enkeltopp för sekundär amin

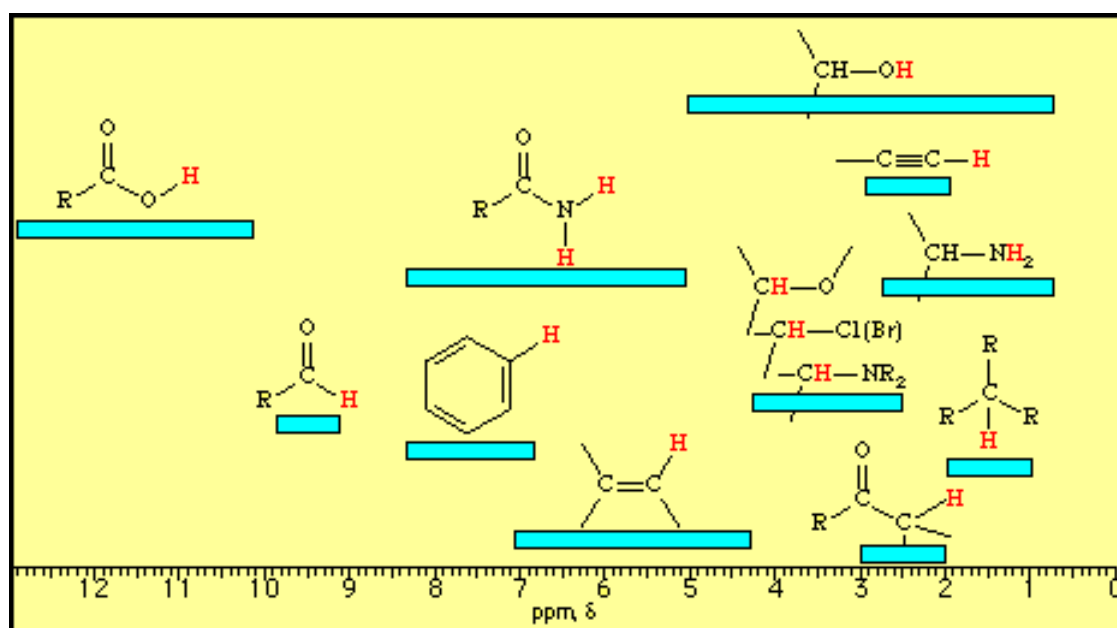
IR-tabell



NMR-spektrum: Karakteristiska kemiska skift

Typ av proton.	Kemiskt shift (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
Alkyl klorid, RCH ₂ Cl	3.6-3.8
Alkyl bromid, RCH ₂ Br	3.4-3.6
Alkyl jodid, 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 2020, 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		
3a	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv) (v)	1		
3b	A = B = C = D = E =	5		
3c		2		
4a	Li i Li ₂ CO ₃ : Li i LiCoO ₂ : Co i Co ₃ O ₄ : Co i LiCoO ₂ :	2		
4b	___ Li ₂ CO ₃ (s) + ___ Co ₃ O ₄ (s) + ___ O ₂ (g) → ___ LiCoO ₂ (s) + ___ CO ₂ (g)	2		
4c	Vänster: Höger:	2		
4d	Total cellreaktion:	1		
4e	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	2		
4f	E ⁰ = V	1		
5a	Titan har oxidationstalet:	1		
5b	Det grundämne som oxideras är:	1		
5c	___ TiCl ₄ (g) + ___ NH ₃ (g) → ___ TiN(s) + ___ HCl(g) + ___ N ₂ (g)	2		
5d	m(Au) = kg m(Ti) = kg	2		
5e	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	1		
5f	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	1		
5g	Ringa in rätt svar: (i) (ii) (iii) (iv)	1		
5h ^{RE}	Avståndet Ti – Au är: Å	2		

5 ^{RE}	Kortaste avståndet är:	Å	2		
6a	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv)	2		
6b	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv)	1		
6c	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv)	1		
6d	$K_{HB} =$	$K_{HAC} =$	$\frac{1}{2}+$ $\frac{1}{2}$		
6e	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv)	1		
6f ^{RE}	$n(\text{utfälld HB}) =$	mol	4		
7a	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii)	1		
7b	<p>Rita intermediären här</p>	4			
7c	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv)	1		
7d	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii)	1		
7e ^{RE}	Massa polymer:	g	3		
8a	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv) (v) (vi) (vii)	2		
8b	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv) (v) (vi)	2		
8c			2		
9a	Alkoholhalt:	vol%	1		
9b ^{RE}	Konc. av titrerbar syra:	molekv/dm ³	2		
9c ^{RE}	Konc. av vinsyra:	mol/dm ³	1		
9d			2		
9e ^{RE}	Konc. av etanol:	mol/dm ³	4		
TOTALPOÄNG			71		