

UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2017

TEORETISKT PROV omgång 2



Provdatum: tisdagen den 7 februari 2017

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

Provet omfattar **6** uppgifter. Max 70 poäng

LÄS IGENOM DETTA NOGA INNAN DU PÅBÖRJAR PROVET

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

Lärarens grov rättning 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 (11 poäng)

Homeopati är en pseudovetenskap med långa rötter. Tanken är - tvärtemot alla vetenskapliga principer - att läkemedel verkar starkare ju mer de späds. Många kända gifter, inklusive arsenik, barium, kvicksilver och plutonium, har använts för att göra homeopatiska blandningar.

En arsenikförening som använts i homeopatiska lösningar kallas "*Arsenicum album*" (= vit arsenik), och är en oxid, As_2O_3 . Oxiden tillverkas industriellt genom upphettning (i luft) av arsenikhaltiga mineraler t.ex. Arsenikkis, FeAsS . Vid upphettningen bildas förutom arsenikoxid också produkterna järn(III)oxid och svaveldioxid.



- a) Vilket oxidationstal har arsenik i As_2O_3 ?
- b) Skriv den balanserade reaktionsformeln för framställningen av As_2O_3 från FeAsS .

As_2O_3 är vattenlöslig; 1 dm³ mättad lösning innehåller 20,6 g. När oxiden löses i vatten, reagerar den till en syra, arseniksyrlighet H_3AsO_3 .

- c) Skriv en balanserad reaktionsformel för bildandet av arseniksyrlighet från As_2O_3 .
- d) ^{RE} Beräkna den koncentrationen av arseniksyrlighet som finns i en mättad lösning. Svara i mol/dm³.

I homeopati används en "decimalskala" för att ange spädningsgraden av ett givet material: **D1** innebär att ämnet späds med **en del av 10**, **D2** innebär att provet späds till **en del av 10^2** . En **D6**-lösning har utspädningen, **en del av 10^6** (= 1 miljon).

Arsenicum album säljs ofta som en D30-lösning. Vi antar att den ursprungliga stamlösningen som är grunden för utspädning, är en mättad lösning med 20,6 g $\text{As}_2\text{O}_3/\text{dm}^3$ lösning.

- e) Beräkna massan (i gram) As_2O_3 i 100 cm^3 , D30 *Arsenicum album*-lösning.
- f) En dödlig dos är vanligtvis 0,1 gram As_2O_3 . Vilken volym (dm^3) D30-lösning måste man dricka för att erhålla en dödlig dos av As_2O_3 ?
- g) ^{RE} Om D30-lösning säljs i flaskor på 25 cm^3 , hur många flaskor måste köpas (i genomsnitt) för att man skall få **en** arsenikatom?

Uppgift 2 (14 poäng)

Vissa grödor har en kväljande lukt från en organisk förening. Samma doft förekommer i fisk, och lukten kan minskas genom att sänka pH-värdet. Det är förmodligen en av anledningarna till varför fisk ofta serveras med citron.



En analys utfördes för att bestämma föreningens empiriska formel. Resultaten visar att den är sammansatt av kol, väte och kväve. Fullständig förbränning av 0,125 g av föreningen ger 0,172 gram H_2O och 0,279 gram CO_2 .

- a) ^{RE} Bestäm den empiriska formeln för föreningen.
- b) Högsta massan som påvisas i ett masspektrum av föreningen är 59 m/z. Vilken är föreningens molekylformel?
- c) Det finns fyra isomera föreningar med denna molekylformel. Skriv eller rita strukturformlerna för de fyra isomererna.
- d) En av föreningarna har en enda topp i ett ^1H -NMR-spektrum. Vilken av de fyra isomererna är det? Rita strukturformeln.
- e) De fyra isomererna har kokpunkter som varierar mellan 3°C och 48°C . Rita strukturformler för den isomer som har den högsta kokpunkten samt den isomer som har den lägsta kokpunkten. Ge en kort förklaring.
- f) Varför minskar lukten när citronlösningar tillsätts till dessa föreningar som finns i fisk? Endast ett alternativ ska väljas
 - (i) Citronsyra är en stark syra som doftar starkare än aminen i fisk.
 - (ii) Aminen som finns i fisk protoneras av citronsyran och blir då ej en flyktig jon.
 - (iii) Citronsyra bildar en ester med de aminer som finns i fisk.

Uppgift 3 (10 poäng)

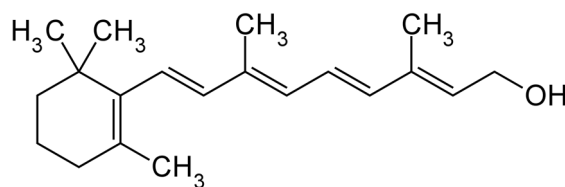
Färgämnen i naturen

I naturen finns det huvudsakligen tre grupper av färgpigment; klorofyller, antocyaniner och karotenoider. Karotenoider är gula och orangefärgade färgpigment och man har idag kännedom om cirka 600 olika naturliga karotenoider. En av dessa är β -karoten, som bland annat finns i morötter.

Karotenoider spelar en stor roll vid fotosyntesen då de absorberar ljus i det blågröna området där klorofyll inte är en effektiv absorbent. Dessutom är karotenoider effektiva antioxidanter som kan reagera med fria radikaler, och därmed förhindra skador på arvsanlagen.



strukturformel för β -karoten



Strukturformel för retinol

β -karoten omvandlas till retinol (vitamin A) i cellerna. Retinol har en hämmande effekt på tillväxten av cancerceller. Retinol har också en viktig betydelse i ögat för vårt färgseende.

- a) Ange antalet väteatomer x i retinolmolekylen om den har formeln $C_{20}H_xO$.
Se strukturformel ovan.

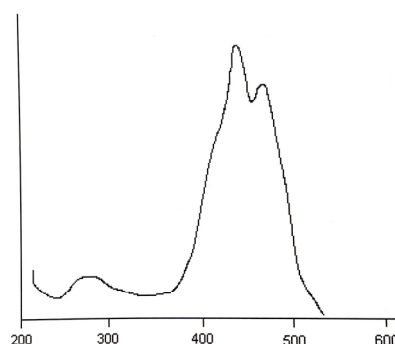
β -karoten kan extraheras från morötter med lösningsmedlet hexan. För att följa extraktionen utförs mätningar med en spektrofotometer. Kyvettlängden l , är 1 cm. Enligt Lambert-Beers lag gäller att

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c$$

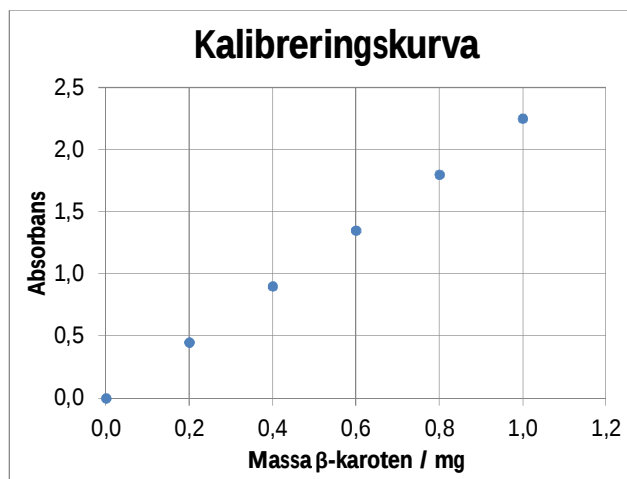
1,0 mg β -karoten löstes i 100 cm³ hexan. Ett absorptionsspektrum för våglängdsområdet mellan 200 – 600 nm erhöles.

- b) Vilket våglängdsintervall bör man välja för att analysera halten β -karoten vid den spektrofotometriska analysen?
Endast ett alternativ ska väljas

- | | |
|------------------|-----------------|
| (i) 210-240 nm | (ii) 250-300 nm |
| (iii) 300-340 nm | (iv) 410-460 nm |
| (v) 500-520 nm | |



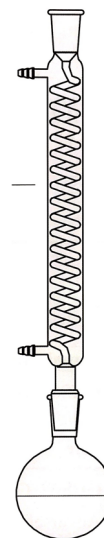
Figur 1: Absorptionsspektrum



Absorbansen uppmättes vid den valda våglängden hos ett antal standardlösningar med olika massa av β -karoten upplöst i 100 cm³ hexan. En kalibreringskurva ritades genom att avsätta Absorbansen mot massan betakaroten (i mg).

pulveriserats tas ett prov på 0,50 g och blandas med 100 cm³ hexan i en återloppskokare (se bild). Man kan anta att all β -karoten då utvinns ur morotspulvret. Efter 90 minuter mäts absorbansen, A, i denna morotslösning till 1,03.

Från en morot som torkats och



- c) Vad är riktningskoefficienten för den rätta linje som kan erhållas ur kalibreringskurvan? Endast ett alternativ ska väljas
 (i) 1,75 (ii) 2,00 (iii) 2,25 (iv) 2,50 (v) 2,75
- d) ^{RE} Bestäm den molära absorptionskoefficienten, ϵ , vid vald våglängd λ . Svara med 3 värdesiffror och i enheten dm³ · mol⁻¹ · cm⁻¹. β -karoten har summaformeln C₄₀H₅₆.
- e) Bestäm masshalten β -karoten i den torkade moroten. Svara i promille
- f) β -karoten är mer löslig i kloroform CHCl₃ än i hexan. Trots det så väljs hexan som lösningsmedel. Ange en förklaring?
Endast ett alternativ ska väljas
 (i) kloroform absorberar ljus av samma våglängd som β -karoten
 (ii) kloroform är en optiskt aktiv förening
 (iii) hexan är en mer polär förening än kloroform
- g) Hur stor del av det infallande ljuset kommer ut ur en lösning (transmitteras) om absorbansen, A = 0,80

Uppgift 4 (14 poäng)

Vid en våldsam krock mellan en tankbil och en lastbil vid utfarten från en parkeringsplats började ett av facken i tankbilen att läcka. Facket innehöll koncentrerad saltsyra. Den läckande syran rann in mot parkeringsplatsen. Räddningstjänsten var snabbt på plats och man tätade omedelbart dagvattenbrunnen på parkeringsplatsen vilket innebar att huvuddelen av syran som rann ut, totalt $3,0 \text{ m}^3$, stannade kvar i svackan vid brunnen. Övriga fack på bilen som bl.a. innehöll natriumhydroxid, var oskadda. Befälet på plats beslutade att först pumpa upp så mycket av syran som möjligt, späda återstående syra med vatten och utnyttja natriumhydroxidlösningen från ett av facken på tankbilen för att neutralisera den utläckta syran. Den neutraliserade syran skulle sedan spolas ut i dagvattenbrunnen tillsammans med stora mängder vatten.



Vid den inledande pumpningen lyckades man pumpa upp allt utom 175 dm^3 syra. Därefter var vätskepölens höjd för liten för att det skulle gå att pumpa upp resten.

Innan neutraliseringen skulle påbörjas späddes den återstående syran med vatten så att den totala volymen på marken blev 400 dm^3 .

- Beräkna hur stor substansmängd (i mol) det fanns kvar av syran på marken efter uppumpning och spädning. Koncentrerad saltsyra har en koncentration på $11,6 \text{ mol/dm}^3$.
- Man tänkte tillsätta natriumhydroxidlösningen från tankbilen med en koncentration av $6,0 \text{ mol/dm}^3$. Beräkna hur stor volym natriumhydroxidlösningen det skulle behöva tillsättas för att neutralisera den återstående syran på marken.
- Vid neutralisering utvecklas värme. Entalpiändringen vid neutralisering av en stark syra med en stark bas är $\Delta H = -55,8 \text{ kJ/mol H}^+$. Beräkna först den utvecklade värmeenergin och sedan temperaturen på den neutraliserade produkten om man efter neutralisering späder med vatten till en total volym av 900 dm^3 . Gör approximationen att inga värmeförluster sker till omgivningen och att slutlösningen utgörs av 900 dm^3 rent vatten med $C_p = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ samt att syran, basen och vattnet har en utgångstemperatur på 20°C .
- ^{RE} Kommunens miljöinspektör hade gett besked om att pH på den produkt man tänkte spola ut i brunnen fick vara högst ca 11. Hur stor volym av natriumhydroxidlösningen ($6,0 \text{ mol/dm}^3$) kan man tillåta sig att tillsätta i överskott för att pH ska bli 11 efter tillsats av natriumhydroxidlösning och spädning med vatten till en total volym av 900 dm^3 ?

Efter att ha gjort dessa beräkningar bedömde befälet att det skulle bli svårt att hålla denna gräns och beslutade att *istället* använda släckt kalk, kalciumhydroxid, för att utföra neutralisationen. Detta förfarande kallas "kalkning". Han beställde därför ut släckt kalk till olycksplatsen.

Fördelen med att använda kalciumhydroxid är att den endast har en löslighet på $0,82 \text{ g/dm}^3$ i rent vatten och pH kommer därför att begränsas uppåt vid en övertitrering.

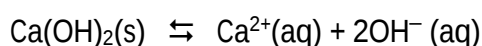
Med den låga lösligheten skulle ohanterliga volymer mättad lösning behöva användas. Istället för att jobba med en mättad lösning så slamar man upp ytterligare kalk i den mättade vattenlösningen och tillsätter denna "slurry" under omröring.

e)^{RE} Hur stor massa (i kg) av kalciumhydroxid resp. hur stor volym (i dm³) slurry behövde tillsättas för att neutralisera saltsyran som fanns kvar på marken efter den inledande pumpningen och spädningen? Anta att den olösta kalciumhydroxiden är jämnt fördelad i slurryn.

Man använde en slurry med totalt (upplöst + uppslammat) 370 g släckt kalk per dm³.

f)^{RE} Använd lösligheten av kalciumhydroxid i vatten för att beräkna koncentrationen av hydroxidjon i den kalkslurry som användes och därefter pH i slurryn.

Då fast kalciumhydroxid står i kontakt med en lösning innehållande kalciumjon och hydroxidjon inställer sig löslighetsjämvikten:



Uttrycket för jämviktskonstanten kan tecknas:

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{OH}^{-}]^2$$

där jämviktskonstanten, K_s , kallas för löslighetsprodukt. Den fasta kalciumhydroxiden ingår inte i uttrycket för K_s , men måste vara i kontakt med lösningen för att uttrycket ska gälla.

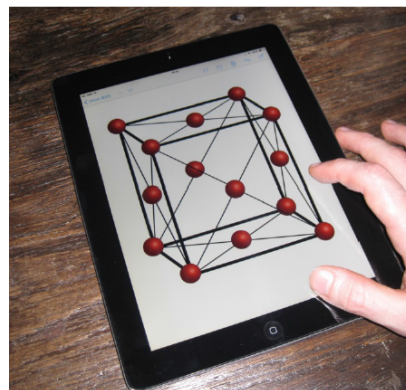
g) Beräkna löslighetsprodukten för kalciumhydroxid ur dess löslighet i rent vatten.

h)^{RE} Vid neutralisering av den syra som fanns kvar på marken efter uppumpning och utspädning tillsattes ett så stort överskott av slurry att det fanns fast kalciumhydroxid kvar vid jämvikt. Även i detta fall spädde man till sist med vatten till en totalvolym av 900 dm³. Beräkna koncentrationerna av kalciumjon och hydroxidjon samt pH i slutlösningen.

Uppgift 5 (11 poäng)

Kemin i tryckkänsliga skärmar

De senaste åren har efterfrågan på grundämnet indium till tryckkänsliga skärmar ökat med rekordfart. Grundämnet är ganska sällsynt och därför har råvarupriset stigit kraftigt. Det finns en oro för att denna ändliga resurs kan ta slut. Det används framförallt i det elektriskt ledande och genomskinliga glaset indiumtennoxid, förkortat ITO.



En iPad som visar kristallstrukturen FCC

- a) Indium(III)oxid kan erhållas genom att upphetta indium(III)hydroxid. Skriv en balanserad reaktionsformel för denna reaktion.

ITO-glas består av 90 mass-% indium(III)oxid och 10 mass-% tenn(IV)oxid. I en iPad-skärm finns 27 mg ITO-glas.

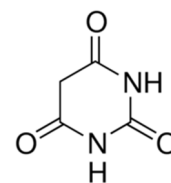
- b)^{RE} Beräkna massan av indium (*i mg*) i det ITO-glas som finns i skärmen på en iPad?
- c)^{RE} Indiuminnehållet i den tryckkänsliga skärmen är cirka 700 mg/m². Om densiteten för ITO-glas är 7,15 g/cm³, bestäm skiktjockleken (*i μm*) på ITO-glaset på iPad-skärmen.

Indium(III)oxid har en kubisk "bixbyte" kristallstruktur. Indiumjonernas läge i enhetscellen kan beskrivas med en ytcentrerad kubisk cell, som kallas FCC-cell (*FCC=Face-centred cubic*) enligt bilden ovan. En enhetscell är den repeterande enheten som beskriver saltets kristallstruktur. I en FCC-struktur finns en jon i varje hörn samt en jon i mitten på varje sida.

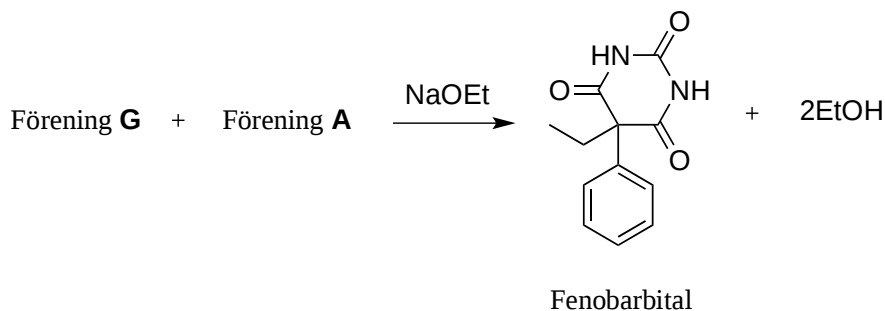
- d) Hur många indiumjoner finns det per FCC-enhetscell?
- e) Det stökiometriska förhållandet mellan jonslagen i enhetscellen måste motsvara förhållandet i den empiriska formeln. Hur många oxidjoner finns det per FCC-enhetscell?
- f)^{RE} När indium(III)oxid upphettas till 700° C i luft minskar massan med 11,5 %. Bestäm den kemiska formeln för den Indium-förening som bildas vid upphettning.
- g) När indium(III)oxid upphettas med ammoniak vid 630° C bildas förutom vatten ett halvledarmaterial. Föreslå en kemisk formel för halvledarmaterialet.

Uppgift 6 (10 poäng) Syntes av fenobarbital

Barbiturater är derivat av barbitursyra och är ämnen som påverkar vårt centrala nervsystem. Fenobarbital är en barbiturat som länge har använts vid behandling av epileptiska krampfall. Fenobarbital framställs genom en basisk reaktion i natriumetoxid (NaOEt) mellan förening **A** och **G** varvid två molekyler av etanol (EtOH) spjälkas av.



Barbitursyra

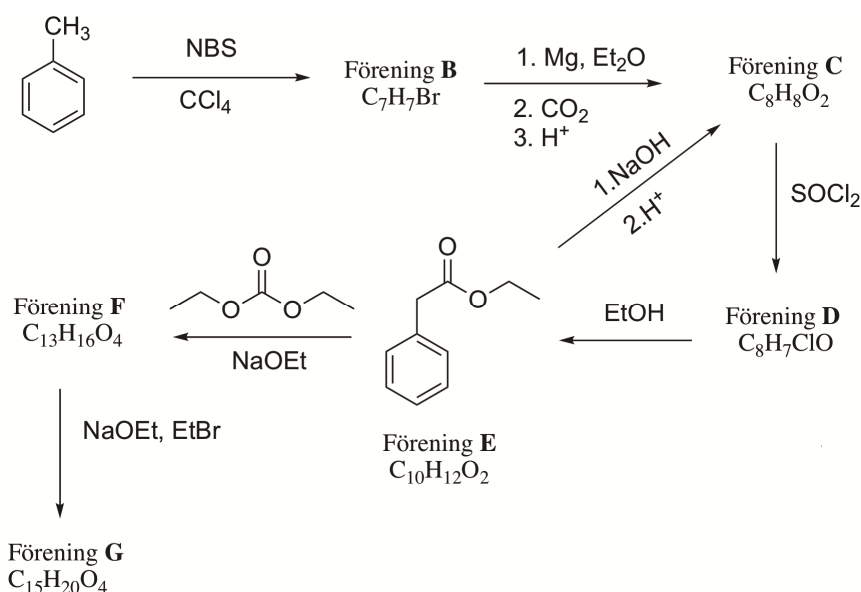


a) Vad är det för typ av reaktion? Endast ett alternativ ska väljas

- (i) Kondensation (ii) Oxidation (iii) Hydrolys (iv) Reduktion

Förening **A** kan påträffas som en metabolit i urin. Den har summaformeln $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$. Vid kokning med ett överskott av natriumhydroxid frigörs allt kväve i form av ammoniak, NH_3 .

Förening **G** kan syntetiseras från toluen på följande vis:



NBS står för
N-bromsuccinimid –
vilket är en källa till
bromradikaler.
Natriumetoxid (NaOEt)
är en stark bas som
bildas då metalliskt
natrium löses i etanol.
Et står för etyl.
Et₂O är dietyleter

Basisk hydrolys av förening **E** följt av surgörning återbildade förening **C**. ^{13}C -NMR på förening **F** visade endast en signal i karbonylområdet vid 168 ppm.

b) Rita strukturformeln för förening **A-D** och **F-G**.

SVARSBLANKETT TILL KEMIOLYMPIADEN 2017, OMGÅNG 2

Namn: _____ Födelsedatum: _____

Skola: _____

Hemadress: _____

e-post: _____ Tel. nr _____

Uppg.	Endast svar på denna blankett. Inga uträkningar. Ringa in rätt svar på flervälsfrågorna. Deluppgifter med index ^{RE} ska <u>även</u> redovisas fullständigt på särskilt papper.	Poäng	L	
1a	As har oxidationstalet:	1		
1b		2		
1c		2		
1d^{RE}	Koncentration: mol/dm^3	2		
1e	Massan: g	1		
1f	Volym: dm^3	1		
1g^{RE}	Antal flaskor: stycken	2		
2a^{RE}	Empirisk formel:	3		
2b	Molekylformel:	1		
2c	Strukturformler (4 stycken)	4		
2d	Strukturformel	1		

2e	Högst kokpunkt	Lägst kokpunkt	4		
	Förklaring:				
2f	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii)	1		
3a	Antal väteatomer:	stycken	2		
3b	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv) (v)	1		
3c	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv) (v)	1		
3d ^{RE}	Molära absorptionskoeff.:	dm ³ · mol ⁻¹ · cm ⁻¹	3		
3e	Masshalten β-karoten:	promille	1		
3f	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii)	1		
3g	Del av ljuset:	%	1		
4a	Substanmsmängd:	mol	1		
4b	Volym	dm ³	1		
4c	Värmeenergi:	MJ , Temperatur:	°C	1 + 1	
4d ^{RE}	Volym:	dm ³	2		
4e ^{RE}	m(kalciumhydroxid):	kg , V(slurry):	dm ³	1 + 1	
4f ^{RE}	[OH ⁻] =	mol/dm ³ , pH =		1 + 1	
4g	Löslighetsprodukt:		1		
4h ^{RE}	[Ca ²⁺] =	mol/dm ³ , [OH ⁻] =	mol/dm ³ , pH =	1+1+1	
5a	___In(OH) ₃ → ___In ₂ O ₃ + ___H ₂ O		1		
5b ^{RE}	Massa Indium:	mg	2		
5c ^{RE}	Skikttjocklek:	µm	2		

Namn: _____

5d	Antal Indiumjoner:	stycken	2		
5e	Antal oxidjoner:	stycken	1		
5f^{RE}	Kemisk formel:		2		
5g	Kemisk formel:		1		
6a	Ringa in rätt svar:	(i) (ii) (iii) (iv)	1		
6b	A	B	2 + 1		
	C	D	1 + 1		
	F	G	2 + 2		
TOTALPOÄNG			70		