

##### OPGAVEN THEORIETOETS

**29e Internationale Chemie Olympiade**

**Montreal, Canada**

**donderdag 17 juli 1997**



1. **Schrijf je naam, landcode en nummer rechts bovenaan op elk antwoordblad.**
2. **Je mag pas beginnen na het STARTsein.**
3. **De toets duurt maximaal 5 klokuren, inclusief de tijd die nodig is voor het invullen van de antwoordbladen. Je moet stoppen en de ingevulde antwoordbladen aan de zaalassistent afgeven onmiddellijk na het STOPsein.**
4. **Alle antwoorden moeten op het antwoordblad gegeven worden binnen de daarvoor bestemde ruimte. Alleen antwoorden op de goede plaatsen worden nagekeken. Schrijf NIET op de achterkant van een antwoordblad. Houd aan alle zijden een kantlijn aan. Als je meer papier nodig hebt voor je uitwerking of om je antwoord te veranderen, moet je dat vragen aan de zaalassistent.**
5. **Gebruik alleen de pen en het rekenapparaat die aan je verstrekt zijn.**
6. **Deze toets bestaat in totaal uit 8 opgaven met in totaal 12 pagina's.**

**Opgave 1**

**(15 punten)**

Verbinding X is een trisacharide dat voornamelijk voorkomt in meel van katoenzaad. Verbinding X reageert niet met Benedict’s of Fehling’s oplossing en vertoont ook geen mutarotatie. Zuurgekatalyseerde hydrolyse geeft drie verschillende *D*hexoses: **A**, **B** en **C**. Zowel verbindingen **A** en **B** als verbinding **1** (zie hieronder) geven allemaal hetzelfde osazon bij reactie met overmaat aangezuurd fenylhydrazine. Verbinding **C** reageert met salpeterzuur tot een optisch nietactieve verbinding **D**. Men wil de onderlinge relatie bepalen tussen de configuratie van *D*glyceraldehyd en **C**. Dit wordt gedaan met de KilianiFischermethode. Het intermediaire aldotetrose dat uit *D*glyceraldehyd ontstaat geeft geen mesoverbinding bij oxidatie met salpeterzuur. Het dizuur aldaarzuur dat gevormd wordt als **A** reageert met salpeterzuur, is optisch actief. Zowel **A** als **B** reageert met 5 mol HIO4; 1 mol **A** levert daarbij 5 mol methaanzuur (mierenzuur) en 1 mol methanal (formaldehyd), terwijl 1 mol **B** 3 mol methaanzuur, 2 mol methanal en 1 mol koolstofdioxide geeft.

Zowel **A** als **B** zijn verwant met hetzelfde aldotetrose. Dit aldotetrose is het diastereoisomeer van het aldotetrose waaraan **C** verwant is. Methylering van **X** gevolgd door hydrolyse geeft een 2,3,4tri*O*methyl*D*hexose (**E**) (afgeleid van **A**), een 1,3,4,6tetra*O*methyl*D*hexose (**F**) (afgeleid van **B**) en een 2,3,4,6tetra*O*methyl*D*hexose (**G**)(afgeleid van **C**).

i) Geef op het antwoordblad de Fischerprojectieformules van **A**, **B**, **C en D**.

ii) Maak op het antwoordblad de juiste Haworthprojectieformules van **E**, **F** en **G** af, met de juiste ringrootte en de absolute stereochemie. Geef een van beide anomeren.

iii) Onderstreep op het antwoordblad de juiste volgorde van de drie monosachariden in het trisacharide **X**.



*D*glyceraldehyd verbinding **1**

**Opgave 2**

**(15 punten)**

Professor Molina van het Massachusetts Institute of Technology won in 1995 de Nobelprijs

voor chemie voor zijn werk op het gebied van de chemie van de atmosfeer. Een van de reacties die hij tot in detail bestudeerde is de zureregenreactie waarmee H2SO4 in de atmosfeer geproduceerd wordt. Hij stelde twee mogelijke stoechiometrische reacties voor.

mogelijkheid A: H2O(g) + SO3(g)  H2SO4(g)

mogelijkheid B: 2H2O(g) + SO3(g)  H2SO4(g) + H2O(g)

1. Welke reactieorde verwacht je, gebruikmakend van een eenvoudige botsingstheorie voor mogelijkheid A? En welke verwacht je bij mogelijkheid B?

Mogelijkheid B werd verondersteld te verlopen volgens het volgende twééstapsproces:

SO3 + 2H2O SO3  2H2O (snel)

SO3•2H2O  H2SO4 + H2O (langzaam)

(SO3•2H2O is een complex dat wordt gestabiliseerd door Hbruggen en verder is *k*2 << *k*1 en *k*2 << *k*1)

1. Leid, uitgaande van het principe van de steady state (stationaire toestand), voor het twééstapsmechanisme van mogelijkheid B de juiste reactiesnelheidsvergelijking en de orde van de reactie af.

Uit recente kwantumchemische berekeningen blijkt dat de activeringsenergieën voor de totaalreacties van de beide mogelijkheden zijn:

*E*A = + 80 kJ mol1 voor mogelijkheid A *E*B =  20 kJ mol1 voor mogelijkheid B

1. Geef voor beide mogelijkheden het verband tussen de reactiesnelheidsconstante en de temperatuur (Arrheniusbetrekking) en voorspel voor beide mogelijkheden de temperatuurafhankelijkheid van de snelheidsconstanten.

De vorming van H2SO4 verloopt sneller in de bovenlaag van de atmosfeer (*T* = 175 K) dan op het aardoppervlak (*T* = 300 K).

iv) Welk voorgesteld mechanisme zal het belangrijkst zijn in de bovenlaag van de atmosfeer, als je uitgaat van de activeringsenergieën van vraag iii) en je kennis van de Arrheniusbetrekking?

**Opgave 3**

**(15 punten)**

Chemici bij Merck Frosst Canada in Montréal hebben een veelbelovend medicijn ontwikkeld tegen astma. De structuur van MK0476 staat hieronder.



Tijdens hun onderzoek hebben ze een eenvoudige en efficiënte synthese ontwikkeld (hieronder weergegeven) voor het gethioleerde gedeelte van MK0476 uitgaande van de diethylester **A**.

i) Geef de structuurformules van de tussenproducten **B  F** die tijdens deze synthese gevormd worden..

**Opgave 3** (vervolg)

In een van de laatste stappen van de synthese van MK0476, werd het dilithiumzout van het thiolzuur (**G**) gekoppeld met de zijketen van de rest van het molecuul, zoals hieronder weergegeven:



ii) Geef aan, gebruikmakend van de waargenomen stereochemie van bovenstaande reactie, volgens welk reactiemechanisme het koppelingsproces verlopen is.

1. Welke verandering zou er optreden in de totaalreactiesnelheid als de concentraties van zowel het thiolaatzout als het substraat **H** tegelijkertijd driemaal zo groot worden, indien het koppelingsproces inderdaad verloopt volgens het door jou voorgestelde mechanisme?

Om de bovenstaande koppeling te verbeteren zijn modelstudies van de nucleofiele substitutiereactie uitgevoerd met broomethaan als het substraat.

iv) Geef de structuurformule van het voornaamste reactieproduct van een mol broomethaan met:

a) **G** en 2 mol base

b) **G** en 1 mol base

Een nevenreactie van **G** is zijn oxidatieve dimerisatie.

v) Geef de structuur van het dimere product met daarin alle nietbindende elektronen.

**Opgave 4**

**(15 punten)**

Als je wilt mag je bij deze opgave grafiekpapier gebruiken. Als je grafiekpapier gebruikt moet

je er je naam en persoonlijke code rechts bovenaan opschrijven.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

HIn is een zwakzure indicator.

HIn  In + H+

Bij kamertemperatuur is de waarde van de zuurconstante *K*z van deze indicator 2,93 ⋅ 105.

In onderstaande tabel staan de absorptiegegevens (1,00 cm cuvetten) van 5,00 ⋅104 M (mol dm3) oplossingen van deze indicator in sterk zure en sterk basische oplossingen.

Absorptiegegevens (extinctie A)

blauw

groen

indigo

violet

rood

oranje

geel

, nm pH = 1,00 pH = 13,00

400 0,401 0,067

470 0,447 0,050

485 0,453 0,052

490 0,452 0,054

505 0,443 0,073

535 0,390 0,170

555 0,342 0,342

570 0,303 0,515

585 0,263 0,648

615 0,195 0,816

625 0,176 0,823

635 0,170 0,816

650 0,137 0,763

680 0,097 0,588

**Opgave 4** (vervolg)

i) Voorspel de kleur van de a) zure en b) basische vorm van deze indicator.

Gebruik een '50 nm brede balk' en arceer hiermee het juiste golflengtegebied in de op het antwoordblad gegeven schaal dat overeenkomt met de kleur van de indicator bij de pH waarden die in de tabel gegeven zijn.

Als het monster bijvoorbeeld groen is, ziet je antwoord er als volgt uit:

violet blauw groen geel rood

golflengte (nm)

ii) Het filter is geplaatst tussen de lichtbron en het monster. Welk kleurfilter is het meest geschikt voor de fotometrische analyse van indicator in een sterk zure omgeving?

1. Welk golflengtegebied is het meest geschikt voor de fotometrische analyse van de indicator in een sterk basische omgeving?

iv) Hoe groot is de extinctie van een 1,00⋅104 M (mol dm3) oplossing van de indicator in basische vorm als je hem meet bij 545 nm in een 2,50 cm cuvet?

Er worden indicatoroplossingen gemaakt in een sterk zure oplossing (HCl, pH = 1) en in een sterk basische oplossing (NaOH, pH = 13). Het verband tussen extinctie en concentratie in beide oplossingen is volkomen lineair zowel bij 490 nm als bij 625 nm. De molaire extinctiecoëfficiënten bij de twee golflengten zijn:

490 625

L mol1 cm1 L mol1 cm1

HIn (HCl) 9,04⋅102 3,52⋅102

In (NaOH) 1,08⋅102 1,65⋅103

v) Bereken de extinctie (1,00 cm cuvet) bij de twee golflengten voor een 1,80⋅103 M (mol dm3) oplossing van de indicator HIn in water.

**Opgave 5**

**(15 punten)**

Het metaal ijzer smelt bij 1811 K. Tussen kamertemperatuur en smeltpunt neemt ijzer verschillende allotrope of kristallijne vormen aan. Vanaf kamertemperatuur tot 1185 K heeft ijzer een lichaamsgecentreerd kubisch kristalrooster (bcc): ijzer. Vanaf 1185 K tot 1667 K wordt de structuur van ijzer vlakgecentreerd kubisch (fcc): ijzer.

Boven 1667 K en tot het smeltpunt keert ijzer terug naar een bccstructuur die lijkt op ijzer. Deze fase wordt ijzer genoemd.

Bij 293 K is de dichtheid van zuiver ijzer 7,874 g cm3.

i) a) Bereken de atoomstraal van ijzer in cm.

b) Bereken de dichtheid bij 1250 K in g cm3.

noten: Verwaarloos de geringe invloed van de thermische uitzetting van het metaal.

Definieer duidelijk alle symbolen die je gebruikt. Vb. *r* = atoomstraal van Fe

Staal is een legering van ijzer en koolstof. Bij staal zitten kleine atomen koolstof in de interstitiële ruimten (holten) van het kristalrooster van ijzer. Het koolstofgehalte in staal variëert van 0,1 % tot 4,0 %. In een smeltoven smelt ijzer beter als het 4,3 massa% koolstof bevat.

Koel je dit mengsel te vlug af dan blijven de koolstofatomen verspreid in de ijzerfase zitten. Deze nieuwe vaste stof, martensiet, is zeer hard en bros. Hoewel licht vervormd zijn de afmetingen van de eenheidscel van deze vaste stof (martensiet) dezelfde als die van ijzer (bcc).

Neem aan dat de koolstofatomen gelijkmatig verdeeld zijn in de structuur van ijzer.

ii)a) Bereken het gemiddeld aantal koolstofatomen per eenheidscel van ijzer in martensiet met 4,3 massa% koolstof.

b) Bereken de dichtheid van deze legering in g cm−3.

**Molaire massa's en constante**

*M*Fe = 55,847 g mol1

*M*C = 12,011 g mol1

*N*A = 6,02214⋅1023 mol1

**Opgave 6**

**(15 punten)**

1. Residuen bij het elektrolytisch zuiveren van koper en nikkel voorzien in een groot deel van de wereldbehoefte aan platinagroepmetalen. Een stroomschema voor de opwerking van platina en palladium staat op de volgende pagina.

i) Teken een duidelijke weergave van de vorm (geometrie) van zowel het PtCl62, als het PdCl42 anion.

ii) Teken alle mogelijke stereoisomere structuren van monomeer Pd(NH3)2Cl2. Geef bij elke getekende structuur de juiste stereochemische aanduiding.

iii) Welke rol speelt FeSO4 in de tweede stap van het stroomschema? Geef de vergelijking van de reactie met FeSO4 in deze stap.

iv) Geef de reactievergelijking voor de verbranding met lucht van Pd(NH3)2Cl2 waarbij het metaal Pd gevormd wordt. Welke stof wordt in deze reactie geoxideerd en welke gereduceerd?

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

1. 24,71 g van een chloride van een hoofdgroepelement reageert met 10,90 g ammoniak tot een mengsel van producten. Dit mengsel bestaat uit 25,68 g NH4Cl, 2,57 g van een vast element **A** en 7,37 g van een geel kristallijn nitride van dit element volgens onderstaande reactievergelijking.

n**A**wClx + mNH3  pNH4Cl + q**A** + r**A**yNz

(n, m, p, q, r, w, x, y en z zijn coëfficiënten die bepaald moeten worden)

Een monster van het nitride explodeert heftig bij een hamerslag, maar bij verwarmen treedt een beheerste polymerisatie op. Hierbij ontstaat een bronskleurige, vezelige vaste stof die metaalgeleiding vertoont. Element **A** polymeriseert ook bij verwarmen en vormt een lineair polymeer met een hoge molecuulmassa.

Molaire massa’s: *M*Cl = 35,453 g mol1 *M*N = 14,007 g mol1 *M*H = 1,008 g mol1

i) Geef de naam van element **A** .

ii) Geef de reactievergelijking van de reactie tussen het chloride en ammoniak.

iii) Geef de halfreacties van deze redoxreactie, waarbij je uitgaat van de gebruikelijke oxidatiegetallen.

**Opgave 6** (vervolg)

**Zuiveringsmethode voor platina and palladium**



**Opgave 7**

**(15 punten)**

a) Men vergroot bij een constante uitwendige druk van 1,01325 ⋅ 107 Pa het volume van een mol Cl2(g), dat zich hierbij als een ideaal gas gedraagt . In het begin is de temperatuur van chloorgas 300 K en de druk1,01325 ⋅ 107 Pa (100 atm). Op het eind is de druk 1,01325 ⋅ 105 Pa (1 atm). Als gevolg van deze volumevergroting koelt het gas af tot 239 K (dat is het normale kookpunt van Cl2). Hierbij condenseert 0,100 mol vloeibaar Cl2.

De verdampingsenthalpie van Cl2(l) is 20,42 kJ mol1 bij het normale kookpunt, de molaire warmtecapaciteit van Cl2(g) bij constant volume, *C*v = 28,66 J K1 mol1 en de dichtheid van Cl2(l) is 1,56 g cm3 (bij 239 K). Neem aan dat de molaire warmtecapaciteit bij constante druk voor Cl2(g), *C*p gelijk is aan *C*v + *R*.

(1 atm = 1,01325 ⋅ 105 Pa, *R* = 8,314510 J K1 mol1 = 0,0820584 L atm K1 mol1)

i) Geef ofwel een volledig energiediagram van de molecuulorbitalen, ofwel de volledige elektronenconfiguratie van Cl2. Voorspel het bindingsgetal van Cl2 en ook of dit molecuul diamagnetisch, ferromagnetisch, of paramagnetisch is.

ii) Bereken de verandering in de inwendige energie (*E*) en de verandering in de entropie van het systeem (*S*sys) voor de boven beschreven veranderingen.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

Voor de volgende reacties die plaatsvinden in een verdunde oplossing in water bij 298 K geldt:



ln *K*c = 11,60 en *H*o = 33,5 kJ mol1



ln *K*c = 17,78 and *H*o = 37,2 kJ mol1

Noot: *en* is ethaandiamine (een neutraal bidentaat ligand)

(*R* = 8,314510 J K1 mol1 = 0,0820584 L atm K1 mol1)

b) Bereken *G*o, *S*o en *K*c bij 298 K voor reactie [3] in een verdunde oplossing in water.



**Opgave 8**

**(15 punten)**

Een elektrolyt, samengesteld uit H2SO4, CuSO4 en gedestilleerd water heeft een volume van 100,0 cm3. De concentraties van H+ and Cu2+ in het elektrolyt zijn *c*H+ = 1,000 M (mol dm3) en *c*Cu2+ = 1,000⋅102 M (mol dm3), respectievelijk. Men dompelt twee kubusvormige platinaelektroden onder in het elektrolyt. Beide elektrodes zijn eenkristallijn met slechts één zijde (100) blootgesteld aan het elektrolyt (de andere vijf zijden worden fysisch afgeschermd door een isolerende stof die stabiel is in het elektrolyt). Het blootgestelde oppervlak van elke elektrode is gelijk aan 1,000 cm2. Tijdens een elektrolyse gaat er een totale lading van 2,0000 C tussen de negatieve (kathode) en de positieve pool (anode). Aan de kathode slaat een epitaxiale (laagvoorlaag) Cu laag neer en tegelijk vindt er vorming van H2 gas plaats. Aan de anode wordt O2 gas gevormd. Het H2 gas wordt onder de volgende omstandigheden in een fles opgevangen (neem aan dat de gassen zich ideaal gedragen):

*T* = 273,15 K en *p*H2 = 1,01325⋅104 Pa; het volume H2 is gelijk aan 2,0000 cm3

i) Geef de reactievergelijkingen van de processen die aan beide elektroden verlopen.

ii) Bereken het aantal mol H2 gas dat aan de kathode gevormd wordt en het aantal mol Cu dat op deze elektrode is neergeslagen.

iii) Bereken hoeveel Cu monolagen gevormd worden op de Pt (100) kathode.

De roosterconstante van Pt, *a*Pt = 3,9236⋅108 cm.

Pt en Cu hebben beide de fcc (vlakgecentreerde kubische) kristalstructuur.

**Molaire massa’s en constanten**

*M*H = 1,00795 g mol1

*M*Cu = 63,546 g mol1

*e* = 1,60218⋅1019 C

*F* = 96485,3 C mol1

*R* = 8,314510 J K1 mol1 = 0,0820584 L atm K1 mol1

*V*m = 22,4141 dm3

1 atm = 1,01325⋅105 Pa

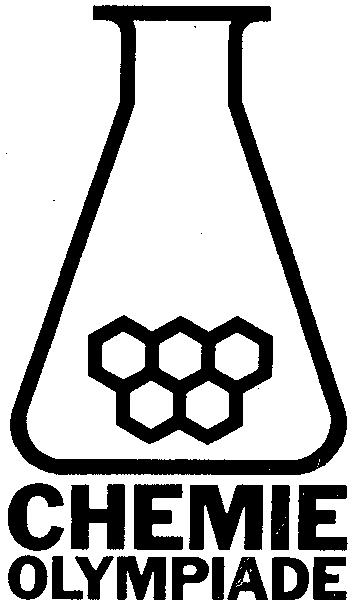
*N*A = 6,02214⋅1023 mol1

**ANTWOORDBLADEN THEORIETOETS**

**29e Internationale Chemie Olympiade**

**Montreal, Canada**

**donderdag 17 juli 1997**



1. **Schrijf je naam, landcode en nummer rechts bovenaan op elk antwoordblad.**
2. **Je mag pas beginnen na het STARTsein.**
3. **De toets duurt maximaal 5 klokuren, inclusief de tijd die nodig is voor het invullen van de antwoordbladen. Je moet stoppen en de ingevulde antwoordbladen aan de zaalassistent afgeven onmiddellijk na het STOPsein.**
4. **Alle antwoorden moeten op het antwoordblad gegeven worden binnen de daarvoor bestemde ruimte. Alleen antwoorden op de goede plaatsen worden nagekeken. Schrijf NIET op de achterkant van een antwoordblad. Houd aan alle zijden een kantlijn aan. Als je meer papier nodig hebt voor je uitwerking of om je antwoord te veranderen, moet je dat vragen aan de zaalassistent.**
5. **Gebruik alleen de pen en het rekenapparaat die aan je verstrekt zijn.**
6. **Deze toets bestaat in totaal uit 8 opgaven met in totaal 18 pagina's.**

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 1**

i) Teken Fischerprojectieformules van **A**, **B**, **C** en **D**.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **A** | **B** | **C** | **D** |

ii) Maak de juiste Haworthprojectieformules af, waarbij de ringgrootte en de absolute stereochemie van **E**, **F** en **G** duidelijk wordt.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **of**    **E** | **of**    **F** | **of**    **G** |

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 1** (vervolg)

iii) Onderstreep de juiste volgorde van de drie monosachariden in het trisacharide **X**.

Noot: **A**5 stelt de furanose (5ring) vorm van koolhydraat **A** voor.

**A**6 stelt de pyranose (6ring) vorm van koolhydraat **A** voor.

**B**5 stelt de furanose (5ring) vorm van koolhydraat **B** voor.

**B**6. stelt de pyranose (6ring) vorm van koolhydraat **B** voor.

**C**5 stelt de furanose (5ring) vorm van koolhydraat **C** voor.

**C**6 stelt de pyranose (6ring) vorm van koolhydraat **C** voor.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A6B6C5  A6B5C6  A5B6C6 | B6C6A5  B6C5A6  B5C6A6 | C6A6B5  C6A5B6  C5A6B6 |

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 2**

i) Reactieorde voor mogelijkheid A:

Reactieorde voor mogelijkheid B:

ii) Reactieorde voor het tweestapsmechanisme:

Afleiding van de juiste snelheidsvergelijking:

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 2** (vervolg)

iii) Voor mogelijkheid A:

Arrheniusbetrekking:

De snelheidsconstante van de reactie:

p Neemt toe met toenemende temperatuur

p Neemt af met toenemende temperatuur

p Is onafhankelijk van de temperatuur

Voor mogelijkheid B:

Arrheniusbetrekking:

De snelheidsconstante van de reactie:

p Neemt toe met toenemende temperatuur

p Neemt af met toenemende temperatuur

p Is onafhankelijk van de temperatuur

iv) Het belangrijkste mechanisme in the bovenlaag van de atmosfeer is:

p mogelijkheid A vanwege de temperatuurafhankelijkheid van de snelheidsconstante

p mogelijkheid B omdat *k*2 << *k*1 en *k*2 << *k*−1

p mogelijkheid A omdat de waarschijnlijkheid van de noodzakelijke botsing in mogelijkheid B te klein is

p mogelijkheid B vanwege de temperatuurafhankelijkheid van de snelheidsconstante

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 3**

i) De structuurformules van de tussenproducten **B  F** zijn:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **B** | **C** | **D** |
| **E** | **F** |  |

ii) Het reactietype van deze koppeling is:

iii) Kruis het juiste hokje aan en maak, indien nodig, de zin af.

p De totale reactiesnelheid zou afnemen met een factor .

p De totale reactiesnelheid zou toenemen met een factor .

p De totale reactiesnelheid verandert niet.

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 3** (vervolg)

iv) a) 1 mol broomethaan en 1 mol **G** met 2 mol base levert:



b) 1 mol broomethaan en 1 mol **G** met 1 mol base levert:



v) oxidatieve dimerisatie van **G** levert:



Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 4**

i) a) Indicatorkleur bij pH 1,00:

violet blauw groen geel rood

golflengte (nm)

b) Indicatorkleur bij pH 13,00:

violet blauw groen geel rood

golflengte (nm)

ii) Geschikt kleurfilter:

violet blauw groen geel rood

 golflengte (nm)

iii) Geschikt golflengte gebied:

violet blauw groen geel rood

 golflengte (nm)

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 4** (vervolg)

iv) Extinctie/absorptie:

v) Extinctie/absorptie bij 490 nm:

Extinctie/absorptie bij 625 nm:

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 5**

i) a) Atoomstraal van Fe: cm

b) Dichtheid van Fe (1250 K): g cm3

Geef berekeningen voor a and b:

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 5** (vervolg)

ii) a) Gemiddeld aantal koolstofatomen per eenheidscel:

b) Dichtheid van martensiet: g cm3

Geef berekeningen voor a and b:

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 6**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| a) i) | **PtCl62** | **PdCl42** |

ii) Structu(u)r(en) van monomeer Pd(NH3)2Cl2 (en stereochemische aanduiding)

iii) Onderstreep het juiste antwoord:

FeSO4 is: katalysator oxidator reductor oplosmiddel

reactievergelijking met FeSO4:

iv) reactievergelijking bij verhitten van Pd(NH3)2Cl2:

Wat wordt geoxideerd?

Wat wordt gereduceerd?

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 6** (vervolg)

b)i) Element **A** is:

ii) reactievergelijking van het chloride met ammoniak:

iii) Redox halfreacties:

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 7**

a) I) molecuulorbitaalschema van Cl2:

Het bindingsgetal van Cl2 is:

Het Cl2 molecuul is: diamagnetisch ferromagnetisch paramagnetisch

(Onderstreep het juiste antwoord)

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 7** (vervolg)

a) ii) *E*: kJ

*S*sys: J K1

Berekeningen.

Naam

Persoonlijke Code

**ANTWOORDBLAD 7** (vervolg)

b) *G*o voor reactie 3: kJ mol1

*S*o voor reactie 3: J K1

*K*c voor reactie 3:

Berekeningen: Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**ANTWOORDBLAD 8**

i) Reactie(s) aan de anode:

Reacties(s) aan de kathode:

ii) aantal mol H2:

aantal mol Cu:

iii) aantal monolagen Cu:

**Theorietoets**

**Montreal, donderdag, 17 juli 1997**

**\*\*\*ANTWOORDMODEL\*\*\***

**&**

**\*\*\*SCORINGSVOORSCHRIFT\*\*\***

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

**OPGAVE 1**

i) Teken Fischerprojectieformules van **A**, **B**, **C**,en **D**.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *2 punten*  **A** | *2 punten*  **B** | *2 punten*  **C** | *2 punten*  **D** |

*0,5 punt per sterisch centrum*

ii) Maak de juiste Haworthprojectieformules van **E**, **F**, en **G** af met de juiste ringgrootte en de absolute stereochemie.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **of**    *2 punten*  **E** | **of**    *2 punten*  **F** | **of**    *2 punten*  **G** |

*0,5 punt per sterisch centrum (exclusief het anomere centrum)*

iii) Onderstreep de juiste volgorde van de drie monosachariden in het trisacharide **X**.

Noot: **A**5 stelt de furanose (5ring) vorm van koolhydraat **A** voor.

**A**6 stelt de pyranose (6ring) vorm van koolhydraat **A** voor.

**B**5 stelt de furanose (5ring) vorm van koolhydraat **B** voor.

**B**6 stelt de pyranose (6ring) vorm van koolhydraat **B** voor.

**C**5 stelt de furanose (5ring) vorm van koolhydraat **C** voor.

**C**6 stelt de pyranose (6ring) vorm van koolhydraat **C** voor.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A6B6C5  A6B5C6  A5B6C6 | B6C6A5  B6C5A6  B5C6A6 | C6A6B5  *1 punt*  C6A5B6  C5A6B6 |

**OPGAVE 2**

i) Reactieorde voor mogelijkheid A: 2 *2 punten*

Reactieorde voor mogelijkheid B: 3 *2 punten*

ii) Reactieorde voor het tweestapsmechanisme: 3  *1 punt*

**Afleiding van de juiste snelheidsvergelijking:**

De steady state benadering levert:

 *1 punt*

Dus: 

en dus:  *1 punt*

Ook geldt:  en substitueren uit bovenstaande levert

 *2 punten*

**OF**

Maar omdat *k*2 << *k*1 vereenvoudigt bovenstaande tot:



en dat betekent dus derdeorde

iii) Voor mogelijkheid A:

Arrhenius betrekking:  *1 punt*

De reactiesnelheidsconstante: *1 punt*

Het antwoord moet in overeenstemming zijn met de vorm van de eerder gegeven Arrheniusbetrekking

 neemt toe met toenemende temperatuur

p neemt af met toenemende temperatuur

p is onafhankelijk van de temperatuur Voor mogelijkheid B:

Arrhenius betrekking:  *1 punt*

De reactiesnelheidsconstante: *1 punt*

*Het antwoord moet in overeenstemming zijn met de vorm van de eerder gegeven Arrheniusbetrekking*

p Neemt toe met toenemende temperatuur

 Neemt af met toenemende temperatuur

p is onafhankelijk van de temperatuur

iv) Het belangrijkste mechanisme in de bovenlaag van de atmosfeer is: *2 punten*

p mogelijkheid A vanwege de temperatuurafhankelijkheid van de snelheidsconstante

1. mogelijkheid B omdat *k*2 << *k*1 en *k*2 << *k*−1
2. mogelijkheid A omdat de waarschijnlijkheid van de noodzakelijke botsing in mogelijkheid B te klein is

 mogelijkheid B vanwege de temperatuurafhankelijkheid van de snelheidsconstante

**OPGAVE 3**

i) De structuurformules van de tussenproducten **B  F** zijn:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *1,5 punt*  **B** | *1,5 punt*  **C** | *1,5 punt*  **D** |
| *1,5 punt*  **E** | *1,5 punt*  **F** |  |

ii) Het reactietype van deze koppeling is: SN2 *1 punt*

Kruis het juiste hokje aan en maak, indien nodig, de zin af. *2 punten*

p De totale reactiesnelheid zou afnemen met een factor .

 De totale reactiesnelheid zou toenemen met een factor 9 .

p De totale reactiesnelheid verandert niet.

iv) a) 1 mol broomethaan en 1 mol **G** met 2 mol base levert: *1,5 punt*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

b) 1 mol broomethaan en 1 mol **G** met 1 mol base levert: *1,5 punt*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

v) oxidatieve dimerisatie van **G** levert: *1,5 punt*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

**OPGAVE 4**

i) a) Indicatorkleur bij pH 1,00:

violet blauw groen geel rood



golflengte (nm) *1 punt*

b) Indicatorkleur bij pH 13,00:

violet blauw groen geel rood

 golflengte (nm) *1 punt*

ii) Geschikt kleurfilter:

violet blauw groen geel rood

 golflengte (nm) *1 punt*

iii) Geschikt golflengte gebied:

violet blauw groen geel rood

 golflengte (nm) *1 punt*

iv) Extinctie/absorptie: *A* = 0,128 *(3 punten; zie onderverdeling)*

Uit de grafiek van *A* versus golflengte volgt dat de extinctie van een 5,00⋅104 M basische oplossing bij 545 nm is 0,256. *1 punt*

*A* = *⋅ l ⋅ c* (Wet van Beer) waarin,

*l* = lengte van cuvet;

*c* = concentratie van te analyseren oplossing;

**= molaire extinctie

dus, = *A* = 0,256 = 5,12⋅102 L mol1 cm1 *1 punt*

*lc* = 1.0 ⋅ 5.00 ⋅ 104

Dus de extinctie van een 1,00⋅104 M basische oplossing van de indicator gebruikmakend van een 2,50 cm cuvet is: *A* = 5,12⋅102 × 2,50⋅1.0⋅104 = 0,128 *1 punt*

v) a) Extinctie/absorptie bij 490 nm: *A* = 1.45 *(7 punten; zie onderverdeling)*

De dissociatiereactie van de indicator is: [HIn][H+] + [In] en dus

[H+] = [In] (1)

[HIn] + [In] = 1,8⋅103 M (2) *1 punt*

 (3)

Substitueer (1) en (2) in (3)  *1 punt*

Herschikken levert: [In]2 + 2,93⋅105[In]  5,27⋅108 = 0

dit levert op

[In] = 2,15 ⋅104 M *1,5 punt*

[HIn] = 1,80⋅103 M  2,15⋅104 M = 1,58⋅103 M *1,5 punt*

De extinctie is dus

*A*490 = (9,04⋅102 ⋅1 ⋅1,58⋅103) + (1,08⋅102 ⋅1 ⋅2,15⋅104 ) = 1,45 *2 punten*

b) Extinctie bij 625 nm: *A* = 0,911 *1 punt*

Een zelfde substitutie als bij v)a) hierboven levert:

*A*625 = (3,52⋅102 × 1 × 1,58⋅103) + (1,65⋅103 × 1 × 2,15⋅104) = 0,911

**OPGAVE 5**

i) a) Atoomstraal van Fe: 1,241 ⋅108 cm *(4 punten; zie onderverdeling)*

b) Dichtheid van Fe (1250 K): 8,572 g cm3 *(4 punten; zie onderverdeling)*

**Zie de gedetaileerde oplossing voor de definitie van de verschillende symbolen.**

a) 1,000 cm3 ijzer weegt 7,874 g bij 293 K (bcc).

1 mol ijzer weegt 55,847 g (*M*Fe).

Dus 0,1410 mol (7,874 g/55,847 g mol1) ijzer heeft een volume van 1,000 cm3 of

1 mol ijzer heeft een volume van 7,093 cm3 *1 punt*

1 mol komt overeen met 6,02214 ⋅1023 atomen

*V*1 = (7,093 cm3 mol1) ⋅ (2 atomen/eenheidscel) / (6,02214 ⋅1023 atomen mol1)

*V*1 = 2,356 ⋅1023 cm3 per eenheidscel *1 punt*

*d*1 = (*V*1)1/3 = (2,356 ⋅ 1023 cm3)1/3

*d*1 = 2,867 ⋅ 108 cm *1 punt*

Voor een bcc structuur kan de waarde van *d*1 uitgedrukt worden als *d*1 = [(16*r*2)/3]1/2

dus de waarde van “*r*” is: *r* = (3*d*12/16)1/2

*r* = [3 (2,867 ⋅ 108 cm)2/16]1/2

*r* = 1,241 ⋅ 108 cm *1 punt*

b) Bij 1250 K, in de fcc structuur wordt de waarde van “*d*2” gegeven door *d*2 = (16*r*2/2)1/2

*d*2 = [16 (1,241⋅108 cm)2/2]1/2

*d*2 = 3,511⋅108 cm *1 punt*

*V*2 = *d*23 = (3,511⋅108 cm)3

*V*2 = 4,327⋅1023 cm3 *1 punt*

De massa “*m*” van de 4 ijzeratomen in de fcc eenheidscel is:

*m* = (55,847 g mol1) ⋅ (4 atomen/eenheidscel) / (6,02214⋅1023 atomen mol1)

*m* = 3,709⋅1022 g per eenheidscel *1 punt*

fcc = *m/V*2 = (3,709⋅1022 g) / (4,327⋅1023 cm3)

fcc = 8,572 g/cm3 *1 punt*

**OPGAVE 5 ALTERNATIEVE OPLOSSING**

i) a) Atoomstraal van Fe: 1,241 ⋅ 108 cm *(4 punten; zie verdeling boven)*

b) Dichtheid van Fe: (1250 K): 8,572 g cm3  *4 punten; zie onderverdeling)*

**Zie de gedetailleerde oplossing voor de definitie van verschillende symbolen.**

a) Straal van een ijzeratoom berekend zoals boven. *4 punten*

b) Alternatieve berekening van de dichtheid van ijzer bij 1250 K:

*R*1 = [(*V*a1) / (*V*1)] ⋅ 100% = [(2 *V*a) / (*V*1)] ⋅ 100%

*R*1 = ([2 ⋅ (4/3)  *r*3] / [(16*r*2/3)1/2]3) ⋅ 100%

*R*1 = ([(8/3)  *r*3] / [(16/3)3/2 *r*3]) ⋅ 100%

*R*1 = ([(8/3) ] / [(16/3)3/2]) ⋅ 100%

*R*1 = [(8,378) / (12,32)] ⋅ 100%

*R*1 = 68,02% *1 punt*

*R*2 = [(*V*a2) / (*V*2)] ⋅ 100% = [(4 *V*a) / (*V*2)] ⋅ 100%

*R*2 = ([4 ⋅ (4/3)  *r*3] / [(16*r*2/2)1/2]3) ⋅ 100%

*R*2 = ([(16/3)  *r*3] / [83/2 *r*3]) ⋅ 100%

*R*2 = ([(16/3) ] / [83/2]) ⋅ 100%

*R*2 = [(16,76) / (22,63)] ⋅ 100%

*R*2 = 74,05% *1 punt*

fcc / bcc = (74,05%) / (68,02%)

fcc / bcc = 1,089 *1 punt*

fcc = 1,089 ⋅ bcc

fcc = 1,089 × 7,874 g cm3

fcc = 8,572 g cm3 *1 punt*

ii) a) Gemiddeld aantal koolstofatomen per eenheidscel: 0,42 *(2 punten; zie onderverdeling)*

b) Dichtheid van martensiet: 8,228 g cm3 *(5 punten; zie onderverdeling)*

a) In 100,0 g martensiet met 4,3%C: (4,3 g C) / (12,011 g mol1) = 0,36 mol C

(95,7 g Fe) / (55,847 g mol1) = 1,71 mol Fe

Er is dus 1 koolstofatoom per 4,8 ijzeratomen of

0,21 koolstofatomen per ijzeratoom *1 punt*

Martensiet heeft een bcc kristalstructuur (2 ijzeratomen per eenheidscel).

[(1 C atoom) / (4,8 Fe atomen)] ⋅ (2 Fe atomen / eenheidscel)

of: 0,42 koolstofatomen per eenheidscel *1 punt*

b) 5 koolstofatomen [(0,42 C atomen/0,42) × 5] in 12 eenheidscellen [(1 eenheidscel/0,42) × 5]

5 koolstofatomen verspreid in 12 eenheidscellen

[(55,847 g/mol) / (6,02214⋅1023 atomen/mol)] ⋅ (2 atomen/eenheidscel ijzer)

1,8547⋅1022 g Fe per eenheidscel ijzer *1 punt*

(12,011 g/mol) / (6,02214⋅1023 atomen/mol)

1,9945⋅1023 g C per atoom *1 punt*

[1,8547⋅1022 g Fe + (0,42 C at. × 1,9945⋅1023 g/C at.)] per eenheidscel

1,938⋅1022 g C en Fe per eenheidscel *2 punten*

Elke eenheidscel ijzer heeft een volume, *V*1, van 2,356⋅1023 cm3

(*cf.* Vraag i)

(martensite @ 4,3% C) = (1,938⋅1022 g C en Fe) / (2,356⋅1023 cm3)

(martensite @ 4,3% C) = 8,228 g cm3 *1 punt*

**OPGAVE 6**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| a) i) | (octaedrisch)  *0,5 punt*  **PtCl62** | (vlakke 4omringing)  *0,5 punt*  **PdCl42** |

ii) Struct/u/ur/en van monomeer Pd(NH3)2Cl2 (en stereochemische aanduiding)



*0,5 punt voor elke structuur; 0,5 punt voor elke juiste stereochemische aanduiding.*

iii) Onderstreep het juiste antwoord: *0,5 punt*

FeSO4 is: katalysator oxidator reductor oplosmiddel

reactievergelijking met FeSO4: *1 punt*

HAuCl4 + 3 FeSO4  Au(0) + HCl + FeCl3 + Fe2(SO4)3

iv) reactievergelijking bij verbranding van Pd(NH3)2Cl2: *1 punt*

Pd(NH3)2Cl2 + O2  Pd(0) + N2 + 2H2O + 2HCl

Wat wordt geoxideerd? ammoniak (of N3)  *0,5 punt*

Wat wordt gereduceerd? zuurstof, palladium(II) *1 punt*

b)i) Element **A** is: zwavel *(4 punten; zie onderverdeling)*

Alle Cl zit in NH4Cl, en dus wordt de massa Cl gegeven door:

53,492 g NH4Cl  35,453 g Cl

25,68 g NH4Cl  ? g Cl

? = 25,68 ⋅ 35,453/53,492 = 17,02 g Cl *0,5 punt*

Totale hoeveelheid **A** in de reactie is 24,71 g Cl  17,02 g Cl = 7,69 g **A** *0,5 punt*

Er is 2,57 g vrij **A** en (7,69  2,57) = 5,12 g **A** in het nitride.

De hoeveelheid N gebonden in nitride is dus

7,37 g nitride  5,12 g **A** gebonden in nitride = 2,25 g N gebonden in nitride *0,5 punt*

De hoeveelheid ammoniumion gebonden in NH4Cl is 25,68  17,02 = 8,66 g, dus de hoeveelheid aanwezig stikstof is 6,74 g.

De veelvoudenregel wordt toegepast: *0,5 punt*

VERHOUDING VAN 1:1

|  |  |
| --- | --- |
| Chloride:  7,69 g **A** bindt  17,02 g Cl  ? g **A** bindt  35,45 g Cl  ? = 35,453 ⋅ 7,69/17,02 = 16,02 g  **A** zou zuurstof kunnen zijn, maar het is een hoofdgroep element en het is een gas en dus uitgesloten *0,5 punt* | Nitride  5,12 g **A** bindt  2,25 g N  ? g **A** bindt  14,007 g N  ? = 14,007 ⋅ 5,12/2,25 = 31,87\* g  **A** zou zwavel kunnen zijn, in overeenstemming met de fysische gegevens en *M*S=32,064 *0,5 punt* |

(\*fosfor, *M*P = 30,97, is ook mogelijk, maar de hoogst mogelijke, bekende “polymerisatie”graad is 4, in het P4 molecuul en dus moet Pook uitgesloten worden)

VERHOUDING VAN 1:2

|  |  |
| --- | --- |
| Chloride:  7,69 g **A** bindt  17,02 g Cl  ? g **A** bindt  2 ⋅ 35,453 g Cl  ? = 2 × 35,453 × 7,69/17,02 = 32,03 g  **A** kan weer zwavel zijn  *0,5 punt* | Nitride  5,12 g **A** bindt  2,25 g N  ? g **A** bindt  2 ⋅ 14,007 g N  ? = 2 × 14,007 × 5,12/2,25 = 63,75 g  **A** zou Cu kunnen zijn maar dat is a groep B element en kan dus uitgesloten worden.  *0,5 punt* |

ii) reactievergelijking van het chloride met ammoniak: *2 punten*

3 SCl2 + 8 NH3  6 NH4Cl + S + S2N2

(Andere variaties van SN deeltjes zijn mogelijk)

iii) Redox halfreacties: 2 S2+  2 e−  2 S3+  2 e− *2 punten*

S2+ + 2e−  S0

**OPGAVE 7**

a) i) molecuulorbitaalschema van Cl2:

Bij de vorming van Cl2 gaan 2 × 17 = 34 elektronen in 18 MO's. *0,5 punt*



121\*2222\*232141\*43\*2424\*252242\*4 *1,5 punt*

of (KK)(LL)(3s)2(\*3s)2(3p)4(3p)2(\*3p)4

of 1(s2)(s\*2)2(s2)(s\*2)(px2)(px\*2)(py2)(py\*2)(pz2)(pz\*2)3(s2)(s\*2) (px2)(px\*2)(py2)(py\*2)(pz2)(pz\*0)

of (KK)(LL)3(s2)(s\*2)(px2)(py\*2)(py2)(py\*2)(pz2)(pz\*0)

\*aanname:  bindingsas langs de zas

(equivalente formules voor x of y assen zijn toegestaan)

Het bindingsgetal van Cl2 is: 1 *0,5 punt*

Het bindingsgetal wordt gegeven door (nn\*)/2: Dus (22)/2 voor (KK) + (88)/2 voor (LL) + (22)/2 voor 3s + (22)/2 voor 3px + (22)/2 voor 3py + (20)/2 voor 3pz = 0+0+0+0+0+1 = 1

Het Cl2 molecuul is: diamagnetisch ferromagnetisch paramagnetisch *0,5 punt*

(Onderstreep het juiste antwoord)

*Dit antwoord moet in overeenstemming zijn met het gevonden bindingsgetal om punten te kunnen leveren.*

a) ii) *E* = 3591,8 kJ *(3,5 punt; zie onderverdeling)*

*S*sys = 21,35 J K1 *(2,5 punt; zie onderverdeling)*



**Proces 1**:

 = 1748,3 J *1 punt*

**Proces 2**: Voor het gemak rekenen we met gegevens in atm

Volume gecondenseerd gas is *V* = *nRT/p* = (0,1)(0,0820584)(239)/1 = 1,96 L

Volume vloeibaar Cl2: (0,1)(2 ⋅ 35,454)/1,56 = 4,54 mL

 *1 punt*

maar *V*l is ongeveer 0 en kan verwaarloosd worden

(ca. 4,5 mL vloeistofvolume vs. ca. 17,6 L; ca. 0,03% fout)

*E*2 = (0,1)(*H*verd) + *p*uit*V*g

= (0,1)(20420) + 1(1,96 L)(101,325 J L1 atm1)

= 2042,0 + 198,5

= 1843,5 J *1 punt*

*E* = *E*1 + *E*2 = 1748,3 + (1843,5) = 3591,8 J *0,5 punt*

*S*sys = *S*1 + *S*2 en  J K1 mol1 *0,5 punt*

 *0,5 punt*

= 8,40 + 38,29 = 29,89 J K1 *0,5 punt*

 J K1 *0,5 punt*

Dus *S*sys = 29,89  8,54 = 21,35 J K1 *0,5 punt*

b) *G*o voor reactie 3: 15,35 kJ mol1 (*2 punten; zie onderverdeling)*

*S*o voor reactie 3: 39,08 J K1 *(2 punten; zie onderverdeling)*

*Kc* voor reactie 3: 490 *(2 punten; zie onderverdeling)*

De tekens van ln *Kc* en *H*o omkeren voor reactie 1 als deze omgekeerd is weergegeven.

Men moet evenwichtsconstanten vermenigvuldigen als evenwichtenworden opgeteld, dus ln *K*’s worden opgeteld.

reactie 3 = reactie 2  reactie 1 *1 punt*

Dus *S*3 = *S*2  *S*1 en *G*3 = *G*2  *G*1 *0,5 punt*

*G*o1 = *RT*ln*Kc*1 = 8,314(298)(11,60) = 28740 J mol1 = 28,74 kJ mol1 *1 punt*

*H*o1 = 33,5 kJ mol1

*S*o1 = (*H*o1  *G*o1)/*T* *0,5 punt*

= (33,5)  (28,74))/298 = 0,0161 kJ K1 mol1 = 16,1 J K1 mol1 *0,5 punt*

Evenzo:

*G*o2 = 44,05 kJ mol1 *0,5 punt*

*H*o2 = 37,2 kJ mol1

*S*o2 = 22,98 J K1 mol1 *0,5 punt*

reactie 3 = reactie 2  reactie 1, dus

*H*o3 = *H*o2  *H*o1 = 3,7 kJ

*S*o3 = *S*o2  *S*o1 = 39,08 J K1

*G*o3 = *H*o3  *T**S*o3 = 15,35 kJ mol1 *0,5 punt*

Omdat *G*o3 = *RT*ln*Kc*3 is  = 4,90⋅102 *1 punt*

andere oplossing:

*G*o3 = *G*o2  *G*o1 = 44,05  (28,74) = 15,31 kJ mol1 dus *K* = 4,82⋅102)

*S*o = (*H*o  *G*o)/*T*= (  (15311))/298 = 38,96 J K1

**OPGAVE 8**

i) Reactie(s) aan de anode: *1 punt*



Reactie(s) aan de kathode:

 Twee reacties treden tegelijkertijd aan de kathode op *2 punten*



ii) aantal mol H2: 8,9230⋅106 *1 punt*





aantal mol Cu: 1,4412⋅106 *3 punten ( zie onderverdeling)*

lading nodig voor 8,9230⋅106 mol H2

*Q*H = 2 × 8,9230⋅106 × *N*A × 1,60218⋅1019 = 1,7219 C *1 punt*

beschikbare lading voor afzetting Cu

*Q*Cu = 2,0000  *Q*H = 2,0000  1,7219 = 0,2781 C *1 punt*

aantal mol Cu (vereist 2e equivalenten) = 0,2781 C/2 *F* = 1,4412⋅106 *1 punt*

iii) aantal monolagen Cu: 668 (*8 punten; zie onderverdeling)*

berekening oppervlakte Pt atomen in het (100) vlak

oppervlakte van de basiseenheid:

*A*u = (*a*Pt)2 = (3,9236⋅108)2 = 1,5395⋅1015 cm2 *1 punt*

aantal atomen per basis (100)eenheid: *n*u = 2 *1 punt*

oppervlakteconcentratie van de atomen: Pt(100) = *n*u/*A*u = 1,2991⋅1015 cm2 *1 punt*

bij epitaxiale groei is het aantal Cu atomen gelijk aan het aantal Pt atomen

Cu(100) = Pt(100) = 1,2991⋅1015 cm2 *1 punt*

benodigde lading voor de vorming van een monolaag (ML) Cu

*q*ML = 2 × e × 1,2991⋅1015 = 4,1628⋅104 C *2 punten*

het aantal monolagen is gelijk aan de lading/lading per monolaag

0,2781/4,1628⋅104 = 668,1 = 668 *2* punten

Alternatieve methode:

oppervlakteconcentratie van de atomen en de epitaxiale behoefte (zoals boven) *4 punten*

Men kan ook het aantal Cu atomen berekenen (1,4412⋅106 ⋅ *N*A =8,6802⋅1017) in het aantal mol geproduceerd Cu en dit aantal delen door het aantal atomen (1,2991⋅1015) aan het blootgestelde Pt oppervlak. Dit levert ook 668 monolagen. *4 punten*



**OPGAVEN PRACTICUMTOETS**

**29e Internationale Chemie Olympiade**

**Montreal, Canada**

**dinsdag 15 juli 1997**



**WAARSCHUWING: Je moet ten alle tijde in het laboratorium een veiligheidsbril of je eigen bril dragen en de pipetteerballon gebruiken. Zet je, om welke reden ook, je bril af of pipetteer je met de mond, dan krijg je een waarschuwing. Een tweede waarschuwing levert vijf strafpunten op. Een derde waarschuwing betekent verwijdering uit het laboratorium. Verwijdering uit het laboratorium betekent een score van nul punten voor de gehele practicumtoets.**

1. **Lees de tekst van elk experiment a.u.b. zorgvuldig door en let op de layout van de antwoordbladen voordat je met het experimentele werk begint.**
2. **Schrijf je naam, landcode en nummer (aangegeven op je werkplaats) rechts bovenaan op elk antwoordblad.**
3. **Je mag pas beginnen na het STARTsein.**
4. **De toets duurt maximaal 5 klokuren, inclusief de tijd die nodig is voor het invullen van de antwoordbladen. Je moet stoppen en de ingevulde antwoordbladen aan de zaalassistent afgeven onmiddellijk na het STOPsein. Drie minuten te laat inleveren betekent dat het practicumonderdeel niet beoordeeld zal worden. Het levert dan nul punten op.**
5. **Alle antwoorden moeten op het antwoordblad gegeven worden binnen de daarvoor bestemde ruimte. Alleen antwoorden op de goede plaatsen worden nagekeken. Schrijf NIET op de achterkant van een antwoordblad. Als je meer papier nodig hebt voor je uitwerking of een nieuw antwoordformulier, moet je dat vragen aan de zaalassistent.**
6. **Gebruik alleen de pen en het rekenapparaat die aan je verstrekt zijn of je eigen nietprogrammeerbare rekenapparaat.**
7. **Gebruik gedeïoniseerd water, behalve voor koeling.**
8. **Gebruik de juiste afvalcontainers voor restchemicaliën en ander restmateriaal.**
9. **Het aantal significante cijfers in numerieke antwoorden moet in overeenstemming zijn met de experimentele fout. Als je niet in staat bent je berekeningen juist uit te voeren, levert dit strafpunten, zelfs bij een perfect uitgevoerd experiment.**
10. **Deze toets bestaat in totaal uit 7 pagina's.**

**Practicumopgave 1 (16 punten)**

### Bepaling van Mg2+ en Ca2+ in mineraalwater

• Het oplosbaarheidsproduct *K*s van calciumoxalaat is 2,3⋅109 en *K*s van magnesiumoxalaat is 8,6 ⋅105.

• In een oplossing die gebufferd is op pH 10 is de indicator Calmagiet roze als hij bindt aan Mg2+ en blauw als er geen magnesiumionen beschikbaar zijn. Calciumionen worden niet gebonden aan Calmagiet.

• EDTA bindt aan Mg2+ and Ca2+ zelfs in aanwezigheid van Calmagiet. De stoechiometrie van het EDTAmetaalcomplex zowel met Mg2+ als Ca2+ is 1 : 1.

• Molaire massa’s: *M*Ca = 40,08 g mol1 *M*Mg = 24,31 g mol1

**Beschikbare chemicaliën**

500 mL mineraalwater (etiket: BOTTLED WATER)

bufferoplossing (pH 10) (etiket: Buffer pH 10)

Calmagiet indicator (etiket: Calmagite)

verzadigde ammoniumoxalaatoplossing (in een voorraadburet)

ethaandiaminetetraazijnzuur(aq) (etiket: EDTA)

\* gestelde Mg2+ oplossing (etiket: Mg2+ Standard)

gedestilleerd water (etiket: DISTILLED WATER)

\*928 mg Mg2+/L oplossing = 0,0382 mol L−1 Mg2+

**Werkwijze**

**A.** Neerslaan van calciumionen

Ga uit van 25,00 mL mineraalwater. Sla de calciumionen neer door nauwkeurige toevoeging van ongeveer 0,50 mL verzadigde ammoniumoxalaatoplossing (uit de voorraadburetten die in de labzaal staan). Zorg voor een goede menging door voorzichtig omzwenken. Laat minstens 45 minuten staan om calcium volledig neer te slaan.

Je hebt dit calciumvrije mineraalwater nodig bij bepaling D.

**B.** Stellen van de EDTA oplossing

Verdun 5,00 mL gestelde magnesiumoplossing tot 100,0 mL. Voeg aan 5,00 mL verdunde magnesiumoplossing 40 mL gedestilleerd water, 5 mL buffer pH 10 en wat Calmagietindicator toe. Titreer dit mengsel met EDTA oplossing tot eindpunt helderblauw. Doe de bepaling zoals gebruikelijk in triplo.

Practicumopgave 1 (vervolg)

**C.** Titratie van Mg2+ en Ca2+

Voeg aan 5,00 mL mineraalwater 40 mL gedestilleerd water, 5 mL buffer pH 10 en wat Calmagietindicator toe. Titreer dit mengsel met EDTA oplossing tot eindpunt helderblauw. Doe de bepaling in triplo.

**D.** Titratie van Mg2+

Voeg aan 5,00 mL calciumvrij mineraalwater zoals bereid bij **A.** 40 mL gedestilleerd water, 5 mL buffer pH 10 en wat Calmagietindicator toe. Titreer dit mengsel met EDTA oplossing tot eindpunt helderblauw. Doe de bepaling in triplo.

Een klein beetje calciumoxalaat stoort de bepaling niet.

**Berekeningen**

Bereken de concentratie van Mg2+ in het mineraalwater in mg L−1.

Bereken de concentratie van Ca2+ in het mineraalwater in mg L−1.

Practicumtoets 2

**(12 punten)**

**Organische Kwalitatieve Analyse**

Je hebt zes flesjes met zes verschillende organische stoffen. Identificeer de inhoud van elk flesje met behulp van de beschikbare reagentia. Maak een keuze uit de acht mogelijke stoffen uit onderstaande lijst.

De meeste stoffen hebben een sterke geur. Sluit elk flesje na gebruik meteen weer. Alle organische afval moet in de fles met etiket “ORGANIC WASTE”gedaan worden. Ook het gebruikte lakmoespapier gaat in deze fles. Sluit de afvalfles meteen na gebruik.

**Beschikbare Chemicaliën**

lakmoespapier, rood en blauw

cerium(IV)ammoniumnitraat(aq) (etiket: ceric ammonium nitrate)

dichromaatzwavelzuur(aq) (etiket: chromicsulfuric acid)

2,4dinitrofenylhydrazine(aq) (etiket: 2,4DNPH)

0,2% KMnO4(aq) (etiket: 0.2% KMnO4)

aceton (2propanon) (etiket: ACETONE)

**Mogelijke onbekenden\***

2butanon

1deceen

2,3dimethyl2,3butaandiamine

hexaan

3methyl1butanol

2methyl2butanol

nonanal

propaanzuur

\*Sommige onbekende organische stoffen zitten als waterige oplossing in de flesjes.

Dit maakt voor de bepaling niets uit.

Practicumopgave 3

**(12 punten)**

**Synthese van het gesubstitueerde dihydro1,3benzoxazine (C)**



**C**

Inleiding

Benzoxazines zijn al lang bekend als bruikbare biologisch actieve verbindingen. Een zo’n verbinding (**C**) moet volgens een driestapssynthese die hieronder staat gemaakt worden. Alle product dat in stap I verkregen wordt moet gebruikt worden in stap II en zo moet alle product van stap II gebruikt worden in stap III. Je krijgt punten voor zowel de opbrengst als de zuiverheid van het eindproduct.

**Beschikbare Chemicaliën**

2,5 mL oplossing in ethanol van 0,22 g 1amino4methylbenzeen. Dit zit in een 5 mL reactievaatje. (etiket: i)

0,25 g 2hydroxybenzaldehyd (etiket: ii)

0,1 g natriumboorhydride (etiket: iii)

0,042 g paraformaldehyd (etiket: iv)

verdunde alcoholische KOH in een reageerbuis (etiket: v)

(50 mg KOH opgelost in 10 mL ethanol)

wasfles met absolute ethanol (etiket: ETHANOL)

IJs is op de labzaal aanwezig.

**Molaire massa’s**

MH = 1,008 g mol1 MC = 12,011 g mol1 MN = 14,007 g mol1

MO = 15,999 g mol1 MNa = 22,990 g mol1 MB = 10,811 g mol1

Practicumopgave 3 (vervolg)

**Werkwijze**

**STAP I**



(i) (ii) **A**

1. Doe de microroervlo in het 5 mL reactievaatje met oplossing (i) en roer.

2. Voeg het 2hydroxybenzaldehyd van vaatje (ii) druppelsgewijs toe aan de oplossing in vaatje (i) onder roeren. Na korte tijd slaat een gele vaste stof neer. Dit is het tussenproduct **A**.

3. Zuig de gele vaste stof (**A**) onder vacuüm af en was voorzichtig met koude ethanol.

**STAP II**



**A B**

1. Voeg het onzuivere tussenproduct **A** uit stap I toe aan ongeveer 1.5 mL ethanol in het 5 mL reactievaatje
2. Zet het reactievaatje in ijs/water en voeg onder krachtig roeren met de spatel voorzichtig kleine porties natriumboorhydride (iii) toe. Doe dit in een tijdsbestek van ongeveer 5 minuten tot de heldergele kleur verdwijnt. Bij deze reactie komt gas vrij. Een witte vaste stof wordt snel gevormd.

Let op: Je hebt meer natriumboorhydride gekregen dan voor deze reactie nodig is.

3. Zuig het tussenproduct **B** onder vacuüm af, was het met ijskoude ethanol en laat de vaste stof ongeveer 5 minuten aan de lucht drogen.

Practicumopgave 3 (vervolg)

**STAP III**



**B C**

1. Los al het paraformaldehyd (iv) op in ongeveer 2,5 mL alcoholische kaliumhydroxideoplossing (v). Gebruik een 5 mL vaatje. Roer totdat alle vaste stof is opgelost.

2. Voeg alle product **B** van stap II toe aan het vaatje. Roer en reflux het mengsel zacht gedurende ongeveer 15 minuten. Je moet dan een heldere oplossing krijgen.

3. Concentreer de oplossing door voorzichtig wat van de alcohol weg te koken. Als je ongeveer 1 mL in het vaatje over hebt, laat je de oplossing afkoelen. Het product **C** kristalliseert uit.

4. Zuig het onzuivere product **C** af onder vacuüm en laat de kristallen aan de lucht drogen.

5. Kristalliseer het onzuivere product om uit ethanol. Droog de kristallen 15 minuten aan de lucht.

6. Bepaal het smeltpunt\* en daarna de massa van het eindproduct.

7. Breng al je verkregen product over in het vaatje met het etiket: “PRODUCT C” en lever het in bij de zaalassistent voor de beoordeling.

\* Noot: een smeltpunt wordt altijd opgegeven als een traject: vanaf de temperatuur waarbij de kristallen beginnen te smelten tot de temperatuur waarbij het laatste kristal gesmolten is. Het smeltpuntapparaat moet afgekoeld zijn tot ongeveer 50 graden voordat je de bepaling uitvoert. De zaalassistenten controleren zowel het door jou opgegeven smeltpunt als de massa van product **C**.

\* Let op: Wacht niet met de bepaling van smeltpunt en massa tot het einde van het practicum.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |



**Practicumtoets**

Montreal, dinsdag, 15 juli 1997

**\*\*\*ANTWOORDBLAD \*\*\***

Als je een van je stoffen verspilt of verontreinigt, kan je nieuwe stof vragen.

Elke levering kost je een punt.

• Er zijn in totaal **5** antwoordbladen.

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

Antwoordblad bij practicumopgave 1

**A.** **Neerslaan van** **calciumionen**:

Volume mineraalwater:

Volume ammoniumoxalaat:

**B. Stellen van de EDTA oplossing**

Concentratie van VERDUNDE magnesiumoplossing:

*Titratie met EDTA*

Volume van de verdunde magnesiumoplossing:

eindstand buret:

beginstand buret:

Volume EDTA:

**C. Titratie van Mg2+ and Ca2+**

Volume van het mineraalwater

*Titratie met EDTA*

eindstand buret:

beginstand buret:

Volume EDTA:

Naam

Persoonlijke Code

Antwoordblad bij practicumopgave 1

**D. Titratie van Mg2+**

Volume calciumvrij mineraalwater

*Titratie met EDTA*

eindstand buret:

beginstand buret:

Volume EDTA:

**Berekeningen**

concentratie van Mg2+ in het mineraalwater is: mg L1

concentratie van Ca2+ in het mineraalwater is: mg L1

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

Antwoordblad bij practicumopgave 2

**Omcirkel de kleur die de etiketten van je flesjes hebben:**

blauw rood wit geel

|  |  |
| --- | --- |
| **flesnummer** | **inhoud** |
|  | 2butanon |
|  | 1deceen |
|  | 2,3dimethylbutaan2,3diamine |
|  | hexaan |
|  | 3methyl1butanol |
|  | 2methyl2butanol |
|  | nonanal |
|  | propaanzuur |

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

Antwoordblad bij practicumopgave 3

Nummer van het vaatje met product **C**:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Studentwaarden** | **Zaalassistentwaarden** |
| Product **C**  massa (g) |  |  |
| Product **C**  smeltpunt ( oC) |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |



**Practicumtoets**

Montreal, dinsdag, 15 juli 1997

**\*\*\*ANTWOORDBLAD \*\*\***

**&**

**\*\*\*SCORINGSVOORSCHRIFT\*\*\***

Als je een van je stoffen verspilt of verontreinigt, kun je nieuwe stof vragen.

Elke levering kost je een punt.

• Totaal **6** pagina's. Naam

Persoonlijke Code

Landcode

Antwoordblad bij practicumopgave 1

**A. Neerslaan van** **calciumionen**:

Volume mineraalwater: 25,00 mL

Volume ammoniumoxalaat: 0,50 mL

**B. Stellen van de EDTA oplossing**

***(oorspronkelijke Mg2+ concentratie = 0,928 mg/mL = 3,82⋅10−2 mol L−1)***

Concentratie van VERDUNDE magnesiumoplossing: 0,928⋅5,00/100,0 = 0,0464 mg/mL

3,82⋅10−2⋅5,00/100,0 = 1,91⋅10−3 mol L−1

*Titratie met EDTA*

Volume van de verdunde magnesiumoplossing:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 5,00 mL | 5,00 mL | 5,00 mL |
| eindstand buret: | 23,50 | 47,00 | 23,00 |
| beginstand buret: | 00,00 | 23,75 | 00,00 |
| volume EDTA: | 23,50 | 23,25 | 23,00 |

gemiddeld volume van alle drie titraties van de Mg oplossing is 23,25 mL

**C. Titratie van Mg2+ and Ca2+**

Volume van het mineraalwater

*Titratie met EDTA*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 5,00 mL | 5,00 mL | 5,00 mL |
| eindstand buret: | 46,80 | 26,10 | 43,80 |
| beginstand buret: | 23,00 | 00,00 | 20,20 |
| volume EDTA: | 23,80 | 26,10 | 23,60 |

Met weglating van de middelste titratie is het gemiddelde volume van de Mg oplossing 23,70 mL

Naam

Persoonlijke Code

Antwoordblad bij practicumopgave 1

**D. Titratie van Mg2+**

Volume calciumvrij mineraalwater

*Titratie met EDTA*

|  |  |
| --- | --- |
|  | 5,00 mL |
| eindstand buret: | 11,00 |
| beginstand buret: | 00,00 |
| Volume EDTA: | 11,00 |

**Berekeningen** *5 punten*

****

*1 punt voor juiste berekening met uitzondering van de correctiefactor*

*1 extra punt voor het toepassen van de correctiefactor (meestal 25,50/25,00) hier en indien nodig bij de Ca2+ berekening*

****

*1 punt voor een juiste berekening met uitzondering van de correctiefactor*

*1 punt voor de omrekening van de molaire massa's (40,08/24,31)*

Strafpunten inzake techniek

*Bij onjuist aantal significante cijfers in het eindantwoord (3 is juist): −1 punt*

*indien alleen de buret op minder dan twee decimalen is afgelezen: − 0,5 punt*

*bij verkeerd middelen van de titraties: − 1 punt*

*(opmerking: geen strafpunt voor enkelvoudige titraties)*

concentratie van Mg2+ in het mineraalwater is: 22,4 mg L1 *6 puntsschaal*

concentratie van Ca2+ in het mineraalwater is: 41,1 mg L1 *5 puntsschaal*

**Puntenverdeling bij practicumopdracht 1**

Dit experiment is maximaal 16 punten waard.

**Berekeningen** (4 punten)

zoals aangegeven op de vorige pagina

**Nauwkeurigheid** (12 punten)

Om bij studenten die rekenfouten maken dubbel straffen te voorkomen, zullen we de Mg2+ en Ca2+ waarden herberekenen gebaseerd op de verkregen titratiewaarden. Aan deze herberekende waarden worden punten toegekend volgens onderstaande tabel

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Mg2+ | 22,9 mg/L | Ca2+ | 39,1 mg/L |
| ± 0,5 mg/L  ± 1,0  ± 1,5  ± 2,0  ± 2,5  ± 3,0  > 3,0 | 6  5  4  3  2  1  0 | ± 1,0 mg/L  ± 2,0  ± 3,0  ± 4,0  ± 5,0  > 5,0 | 5  4  3  2  1  0 |

De nauwkeurigheid van de Mg2+ waarde hangt af van de nauwkeurigheid van delen A, B en D. De nauwkeurigheid van de Ca2+ waarde hangt af van de nauwkeurigheid van delen AD. Een slechte titratie in deel C leidt dus alleen voor de Ca2+ waarde tot slechte resultaten, maar een slechte titratie in deel D levert slechte Ca2+ en Mg2+ waarden op ongeacht de uitvoering van deel C. Om hiervoor te compenseren zijn de Ca2+ resultaten minder punten waard en hebben ze een grotere foutenmarge dan de Mg2+ resultaten.

Nauwkeurigheid van de titratiewaarde in deel B.

Als het vermelde volume binnen 0,10 mL van de juiste waarde ligt: + 1

0,20 mL + 0,5

Merk op dat er in het lab twee verschillende EDTA concentraties gebruikt zijn. Studenten met codering XX1 en XX3 hebben portie 1 gebruikt en studenten met XX2 en XX4 portie 2, uitgezonderd studenten CU1, Be3 en Ve3 (deze hebben portie 2)

portie 1: 23,05 mL

portie 2: 23,45 mL Naam

Persoonlijke Code

Landcode

Antwoordblad bij practicumopgave 2

**Omcirkel de kleur die de etiketten van je flesjes hebben:**

blauw rood wit geel

**De flesjes zijn gecodeerd met het laatste cijfer van elk getal.**

**De getallen 12, 22 en 32 hebben dus de code 2.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **flesnummer/code** | | | |  |
| blauw | rood | wit | geel | **inhoud** |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 2butanon |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 1deceen |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 2,3dimethylbutaan2,3diamine |
|  |  |  |  | hexaan |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 3methyl1butanol |
|  |  |  |  | 2methyl2butanol |
| 2 | 2 | 2 | 2 | nonanal |
| 5 | 5 | 5 | 5 | propaanzuur |

*2 punten voor elke juiste vermelding met in totaal 12 punten*

*bij dubbele vermelding van hetzelfde flesnummer, vervallen de bijbehorende punten*

Naam

Persoonlijke Code

Landcode

Antwoordblad bij practicumopgave 3

Nummer van het vaatje met product **C**:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Product **C** | **Studentwaarden** | **Zaalassistentwaarden** |
| massa (g) |  |  |
| smeltpunt ( oC) |  |  |

**Scoringsvoorschrift:**

1. Het ingeleverde monster moet een smeltpunt hebben in het bereik 7686 °C en een minimale opbrengst van 20 mg.

Als aan een van deze voorwaarden niet is voldaan, krijgt de student 1 punt (uit 12) voor een redelijke poging. Dan worden verder geen punten toegekend.

Veel voorkomende fouten zijn het inleveren van het product uit stap I dat smelt bij 9596 °C of uit stap II (125126 °C) of het niet verwijderen van de overmaat paraformaldehyd (hetgeen een smeltpunt oplevert in de lage 70's)

2. **reproduceerbaarheid**: *2 punten*

Een punt wordt gegeven als er een overeenstemming is binnen 2 °C tussen het door de student opgegeven smeltpunt en dat van de zaalassistent gemeten na droging overnacht. Een punt wordt gegeven als er een overeenstemming is binnen 10 mg van de door de student opgegeven massa en die van de zaalassistent na droging overnacht.

3. **Opbrengst en zuiverheid**: *10 punten*

a. Als het monster aan beide eisen voldoet wordt het aantal punten toegekend volgens onderstaande tabel. 91 mg product met een smelttraject van 8283 °C levert dus 7,5 punten op.

b. Het midden van het smelttraject bepaalt de plaats in de tabel: een monster met een smelttraject van 80,682,2 °C hoort dus op de plaats 8082 °C.

c. Punten worden toegekend voor brede smelttrajecten. Er zijn geen strafpunten als het traject gelijk is aan, of kleiner dan twee graden (afgerond op hele waarden). Zo zijn er voor het boven gegeven smelttraject van 1,6 graden geen strafpunten. Als het traject 7681 °C zou zijn, wordt dit resultaat beoordeeld als het traject 7880 °C met 1,5 strafpunt (0,5 strafpunt voor elke graad boven het twee-gradentraject)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| opbrengst | 8486 °C | 8284 °C | 8082 °C | 7880 °C | 7678 °C |
| > 120 mg | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 110119 | 9,5 | 8,5 | 7,5 | 6,5 | 5,5 |
| 100109 | 9,0 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 |
| 9099 | 8,5 | 7,5 | 6,5 | 5,5 | 4,5 |
| 8089 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 |
| 7079 | 7,5 | 6,5 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 6069 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 |
| 5059 | 6,5 | 5,5 | 4,5 | 3,5 | 2,5 |
| 4049 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 |
| 3039 | 5,5 | 4,5 | 3,5 | 2,5 | 1,5 |
| 2029 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
| < 20 | 4,5 | 3,5 | 2,5 | 1,5 |  |

De internationale jury heeft de gearceerde aanvulling goedgekeurd. Er moet dan wel voldoende monster geweest zijn voor een smeltpuntbepaling.