# 14e Internationale Chemieolympiade, Stockholm1982, Zweden

#### Aan de lezer

* Bij het definitief vaststellen van de opgaven door de jury is besloten opgave 5 te laten vervallen; die ontbreekt dus.
* Niet alle antwoordbladen zijn opgenomen. Soms waren dat nagenoeg blanco vellen.
* Bij de correctie waren alleen de antwoordbladen ter beschikking. Uitwerkingen op ander papier, die tot het antwoord leidden, werden in gesloten couverts bewaard en konden alleen geraadpleegd worden in noodgevallen. Dat raadplegen is niet voorgekomen.
* Het werken met voorgestructureerde antwoordbladen is bij de theorie nieuw en is −ondanks enkele tekortkomingen− positief beoordeeld. Al was het wel wennen om te corrigeren zonder uitwerkingen en beredeneringen. De gehele constructie was echter zeer doordacht, zodat geen problemen ontstonden.

#### Instructies

Theoretisch gedeelte.

* Je krijgt 7 opgaven, genummerd 1 − 4 en 6 − 8.
* Probeer de opgaven op te lossen en vul vervolgens de antwoordbladen in.
* Houd er rekening mee dat sommige opgaven op meer dan een blad staan.
* Alle berekeningen en aantekeningen moeten ook ingeleverd worden.
* Voor de beoordeling zullen echter uitsluitend de antwoordbladen gebruikt worden.
* Als hulpmiddelen zijn uitsluitend toegestaan een rekenmachine en de tabel met relatieve atoommassa’s en fysische constanten.
* Als je meer papier nodig hebt kan je er de toezichthouder om vragen. Controleer of op het papier je persoonlijke code vermeld staat.
* Tijdens het theoretisch gedeelte zul je eten en drinken krijgen.
* Als je naar het toilet moet, waarschuw dan de toezichthouder.
* Het aantal punten, dat voor ieder onderdeel (a, b, c...) wordt gegeven staat op de antwoordbladen vóór de vragen.

Symbolen en relatieve atoommassa's van enkele elementen

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ag | 101,87 | Li | 6,94 |
| Al | 26,93 | Mg | 24,30 |
| As | 74,92 | Mn | 54,94 |
| Au | 196,97 | N | 14,01 |
| B | 10,81 | Na | 22,99 |
| Ba | 137,33 | Ni | 58,70 |
| Be | 9,01 | 0 | 16,00 |
| Bi Fysische constanten algemene gasconstante 8,314 J mol−1 K−1  constante van Avogadro 6,022⋅1023 mol−1  constante van Faraday 9,648⋅104 C mol−1 | 208,98 | P | 30.97 |
| Br | 79,90 | Pb | 207,2 |
| C | 12,01 | Pt | 195,09 |
| Ca | 40,08 | Rb | 85,47 |
| Cd | 112,41 | Re | 186,21 |
| Cl | 35,45 | S | 32,06 |
| Co | 58,93 | Sb | 121,75 |
| Cr | 52,00 | Sc | 44,96 |
| Cs | 132,91 | Se | 78,96 |
| Cu | 63,55 | Si | 28,09 |
| F | 19,00 | Sn | 118,69 |
| Fe | 55,85 | Sr | 87,62 |
| Ga | 69,72 | Te | 127,60 |
| Ge | 72,59 | Ti | 47,90 |
| H | 1,008 | U | 238,03 |
| Hg | 200,59 | V | 50,94 |
| I | 126,90 | W | 183,85 |
| K | 39,10 | Zn | 65,38 |

## theorie

Opgave 1 7 pt

A. De systematische naam (IUPAC naam) van de verbinding [Co(NH3)6]Cl2 is:

a. kobalt(II)hexaammoniakdichloor

b. kobalt(II)hexaammoniakdichloride

a. hexaamminekobalt(II)chloride

d. hexaamminedichlorokobalt(II)

e. kobalt(II)chloride-hexaammoniak

B. De systematische naam (IUPAC naam) van de verbinding

is:

1. 5-broomhexaanzuur
2. 5-broom-2-hydroxyhexanal
3. 2-broom-5-hydroxyhexanal
4. 2-broom-2-hydroxyhexanal
5. 5-broom-2-hydroxy-1-hexanon

C. Welk van de volgende zuur-baseparen is het meest geschikt om in een waterige oplossing de pH rond 9 constant te houden?

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| a. | CH3COOH | − | CH3COO− |
| b. | NH4+ | − | NH3 |
| c. | H2CO3 | − | HCO3− |
| d. | H2PO4− | − | HPO42− |
| e. | H2C2O4 | − | HC2O4− |

D. Eén van de volgende beweringen kan niet juist zijn. Welke?

1. Een in water oplosbare vaste stof bevat Mg2+, Cr3+ en Br−
2. Een vaste stof, oplosbaar in natriumhydroxideoplossing bevat Al3+, K+ en SO42−.
3. Een vaste stof, oplosbaar in ammonia, bevat Ag+, Cu2+ en Cl−.
4. Een vaste stof, oplosbaar in salpeterzuur bevat Ba2+, Fe2+ en CO32−.
5. Een t.o.v. lakmoes neutrale oplossing bevat Na+, Ca2+ en PO43−.

E. Men heeft de volgende niet-volledige reactievergelijking:

H3AsO4 + Zn → AsH3 + Zn2+

De reactie verloopt in zuur milieu. Vul de ontbrekende deeltjes in en maak de reactievergelijking kloppend.

F. De protolysegraad van een 0,25 mol/dm3 azijnzuuroplossing (*K*z(HAc) = 1,8⋅10−5) is:

a. 0,021% b. 0,21% c. 0,84% d. 1,3% e. 8,4%

G. Een oplossing met een volume van 1,00 dm3 is met loodjodide PbI2 verzadigd.

De concentratie van de jodide-ionen bedraagt 2,7 mmol/dm3.

Bereken het oplosbaarheidsproduct van PbI2.

a. 3,6⋅10−6 b. 2,0⋅10−8 c. 9,8⋅10−9 d. 2,5⋅10−9 e. 4,9⋅10−9

H. De volgende standaardvormingsenthalpieën zijn gegeven:

|  |  |
| --- | --- |
| verbinding | *H*° |
| azijnzuur | −0,50 MJ mol−1 |
| kooldioxide | −0,40 MJ mol−1 |
| water | −0,30 MJ mol−1 |

*H*° (in MJ mol−1)van de verbranding van azijnzuur is:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| a. 0,90 | b. −0,90 | c. −0,20 | d. −2,1 | e. 0,20 |

I. In een leeg vat wordt CoCl2(g) bij een druk *a* ingeleid. CoCl2(g) dissocieert en bij constante temperatuur stelt zich het volgende evenwicht in:

2 COCl2(g) →← C(grafiet) + CO2(g) + 2 Cl2(g)

Als *x* de partiaaldruk van CO2(g) in het evenwicht is, wat is dan de evenwichtsvoorwaarde?

a.  b.  c. 

d.  e. 

K. Van een metaal zijn de volgende standaardelektrodepotentialen bekend:

*E*° = −0,60 V M2+(aq) + e− →← M+(aq)

*E*° = 0,40 V M4+(aq) + 2 e− →← M2+(aq)

In dat geval is *E*° voor M4+(aq) + 3e− →← M+(aq) gelijk aan:

a. −0,20 V b. −1,00 V c. 1,00 V d. 0,07 V e. −0,07 V

Antwoordblad

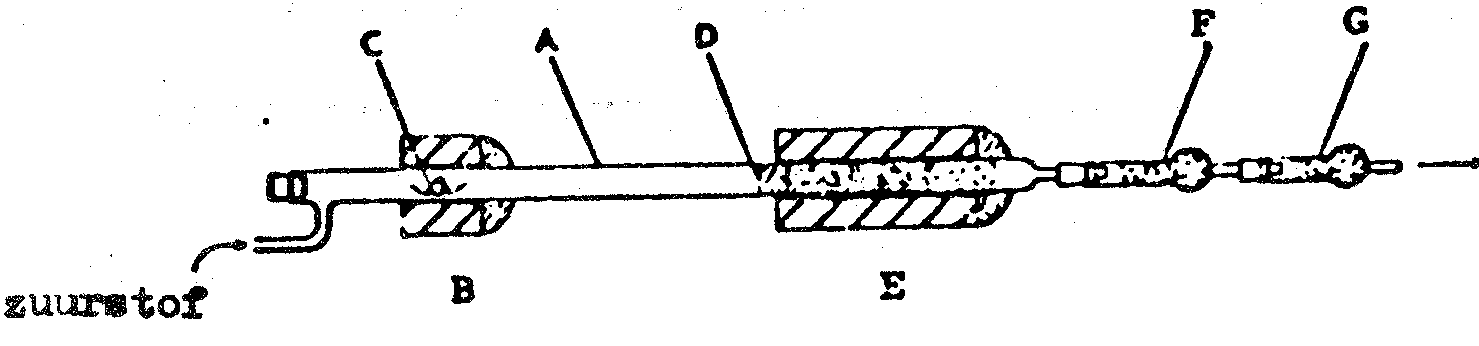
De meeste vragen in deze opgave zijn meerkeuzevragen.

Kies één alternatief dat het best de vraag beantwoordt of een juiste bewering geeft.

Zet een kruis in het vakje met de letter van je keuze.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 pt |
| B. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |
| C. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |
| D. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |
| E. |  |  |  |  |  | 0,7 |
| F. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |
| G. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |
| H. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |
| I. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |
| K. | a 🞏 | b 🞏 | c 🞏 | d 🞏 | e 🞏 | 0,7 |

Opgave 2 8 pt



De kwantitatieve koolstof en waterstof analyse van organische verbindingen werd vroeger uitgevoerd met het bovengetekende apparaat, ontwikkeld door de beroemde chemicus Justus Liebig in 1831.

Een nauwkeurig afgewogen hoeveelheid van een organische verbinding (C) wordt in een verbrandingsbuis (A) gedaan en door verwarming met een oventje (B) verdampt. De dampen worden met behulp van een zuurstofstroom door een prop verhit koperoxide (D) geleid, die zich in een oven (E) bevindt. Daardoor worden koolstof en waterstof kwantitatief geoxideerd tot koolstofdioxide en water. De waterdamp wordt geabsorbeerd in een gewogen buis (F) waarin magnesiumperchloraat zit. De koolstofdioxide wordt geabsorbeerd in een andere gewogen buis (G) waarin zich asbest bevindt, geïmpregneerd met natriumhydroxide.

Een monster van een vloeibare verbinding die alleen bestaat uit koolstof, waterstof en zuurstof wordt in een platina schuitje van 0,57148 g gedaan. Het schuitje met inhoud weegt 0,61227 g. Het monster wordt verbrand en de van te voren gewogen absorptiebuisjes worden opnieuw gewogen. De massa van de absorptiebuis voor water is toegenomen van 6,47002 g tot 6,50359 g en de massa van de absorptiebuis voor koolstofdioxide van 5,46311 g tot 5,54466 g.

1. Bereken de samenstelling van de verbinding C in massapercentages.
2. Geef de verhoudingsformule van de verbinding C.

De molaire massa van de verbinding wordt bepaald door 1,0045 g vat te verdampen. Het volume, gemeten bij een temperatuur van 350 K en een druk van 35,0 kPa was 0,95 dm3.

1. Geef de molmassa en de molecuulformule van verbinding C.
2. Geef de mogelijke structuurformules die overeenkomen met de molecuulformule.  
   Daarbij worden uitgesloten: cyclische structuren, stereo-isomeren, peroxiden en verbindingen met >C=C<. Er zijn minder dan 20 mogelijkheden. Geef er 10.

Als de verbinding verwarmd wordt met een natriumhydroxideoplossing worden twee producten verkregen. Gefractioneerde destillatie van het reactiemengsel levert één van deze producten op. De andere stof wordt na aanzuren gezuiverd door destillatie. Deze stof blijkt een zuur te zijn.

1. Geef de mogelijke structuurformules voor verbinding C.

Men lost 0,1005 g van het zuur op in water en titreert met een natriumhydroxide-oplossing met een concentratie van 0,1000 mol/dm3. Hiervan is 16,75 cm3 nodig.

1. Geef de structuurformule van de oorspronkelijke verbinding C.

Opgave 2, Antwoordblad.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| a. massapercentages | ……… % C………… % H…………% O | 0,5 pt |
| b. verhoudingsformule | ………………………………………… | 0,5 |
| c. molmassa | ……………………………………… | 0,5 |
| molecuulformule | ……………………………… | 0,5 |
| d. Mogelijke structuurformules (er worden er 10 gevraagd) |  | 5 |

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

e. De mogelijke structuurformules zijn: …………………………… 0,5 pt

f. De structuurformule van verbinding C is: ………………………… 0,5 pt

Opgave 3. 8 pt

In een chemische fabriek waar methanal wordt geproduceerd door oxidatie van methanol, moeten waterige oplossingen die methanol en methanal bevatten geanalyseerd worden. Om de methode te testen worden eerst experimenten uitgevoerd met bekende hoeveelheden van alleen methanol respectievelijk methanal.

De volgende oplossingen in water worden gebruikt:

|  |  |
| --- | --- |
| methanol | 5,00 g/dm3 |
| methanal | 5,00 g/dm3 |
| kaliumdichromaat | 3,000⋅10−2 mol/dm3 |
| ijzer(II)ammoniumsulfaat | 0,2000 mol/dm3 |
| jood | 0,1000 mol/dm3 |
| natriumthiosu1faat | 0,2000 mol/dm3 |

I. Men mengt 10,00 cm3 methanoloplossing met 100,0 cm3 kaliumdichromaatoplossing. Ongeveer 100 cm3 geconcentreerd zwavelzuur wordt toegevoegd en daarna laat men de oplossing ongeveer 30 minuten staan.

De overmaat dichromaat wordt daarna getitreerd met ijzer(II)ionen met als redoxindicator difenylaminesulfonzuur (kleuromslag van rood-violet naar zwart-groen). Van de ijzer(II)oplossing blijkt 43,5 cm3 nodig te zijn.

II. Men mengt 10,00 cm3 methanaloplossing met 50,00 cm3 joodoplossing. Natriumhydroxideoplossing wordt toegevoegd tot basische reactie; het verkregen mengsel laat men 10 minuten staan. Dan wordt zoutzuur toegevoegd tot de oplossing neutraal reageert. De overmaat jood wordt door titratie met thiosulfaat bepaald met zetmeel als indicator. Voor die titratie is 33,3 cm3 thiosulfaatoplossing nodig.

1. Bereken met behulp van de analysegegevens uit I en II de hoeveelheden van de reagerende stoffen. Bereken ook de molverhoudingen methanol/dichromaationen en methanal/jood.
2. Schrijf kloppende vergelijkingen op voor alle reacties die in de experimenten I en II beschreven zijn.

III Gecontroleerd wordt dat jood niet met methanol reageert. Daarna worden uit een oplossing die zowel methanol als methanal bevat twee monsters van ieder 10,00 cm3 genomen.

Een monster wordt gemengd met 100,0 cm3 kaliumdichromaatoplossing en geconcentreerd zwavelzuur als in I. De overmaat dichromaationen wordt teruggetitreerd met ijzer(II)oplossing. Hiervan is 4,8 cm3 oplossing nodig.

Het andere monster wordt gemengd met 50,00 cm3 joodoplossing en behandeld als in II. De overmaatjood wordt teruggetitreerd met thiosulfaatoplossing. Hiervan is 16,5 cm3 nodig.

1. Geef kloppende vergelijkingen voor de reacties en bereken de gehalten aan methanol en methanal in de oplossing. Geef je antwoord in g/dm3.

Opgave 3

Antwoordblad

a. 2 pt

|  |  |
| --- | --- |
| hoeveelheid methanol | ……………………………… |
| dichromaationen (totaal) | ……………………………… |
| ijzer(II) ionen | ……………………………… |
| molverhouding methanol/dichromaat | ……………………………… |

|  |  |
| --- | --- |
| hoeveelheid methanal | ……………………………… |
| jood (totaal) | ……………………………… |
| thiosulfaationen | ……………………………… |
| molverhouding methanal/jood | ……………………………… |

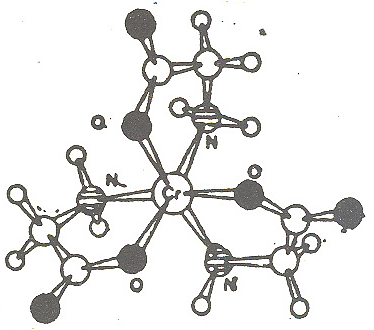
b. reactievergelijkingen 3 pt

c. reactievergelijkingen 3 pt

methanolgehalte ………………………

methanalgehalte ………………………

Opgave 4. 8 pt



Een atoom of ion van een overgangsmetaal kan omgeven zijn door een aantal atomen of moleculen (liganden), die er direct aan zijn gebonden.

Aldus ontstaat een karakteristiek patroon. Dit is een wezenlijk kenmerk van een groep van zogenaamde coördinatieverbindingen of complexe verbindingen.

Zijn twee of meer atomen van één ligandmolecuul aan één en hetzelfde centrale atoom gebonden, dan zegt men dat het ligand een chelaat vormt (Grieks chele = klauw).

I. Het glycinaation, NH2−CH2−COO− is een tweetandig chelaatligand, dat bijvoorbeeld triglycinaat-chroom(III)-complexen kan vormen. De figuur laat één mogelijke structuur van zo’n complex zien.

Zuurstof en stikstof van één ligand worden gedwongen in een octaëder aan elkaar grenzende posities in te nemen, aangezien de keten N−C−C−O te kort is om het chroomion te “omarmen”.

1. Hoeveel geometrische isomeren van dit complex zijn er mogelijk, optische isomeren niet meegeteld.
2. Van hoeveel van deze isomeren zijn nog optische isomeren mogelijk?

II. Bij de analyse van een andere coördinatieverbinding bleek deze de volgende samenstelling in massaprocenten te hebben: 19,5 % Cr, 40,0 % Cl, 4,5 % H en 36,0 % O. Van deze verbinding loste men 0,533 g op in 100 cm3 water, waarna men 10 cm3 salpeterzuur (2 mol/dm3) toevoegde. Daarna voegde men overmaat van een oplossing van zilvernitraat toe waarbij een neerslag ontstond.

Dit neerslag werd afgefiltreerd, gewassen, gedroogd en gewogen. De massa van het neerslag was 0,287 g.

Een monster van 1,06 g van de verbinding werd in een droge luchtstroom voorzichtig verwarmd tot 100 °C, waarbij 0,144 g water vrijkwam.

Het vriespunt van een oplossing van 1,33 g van de verbinding in 100 cm3 water bleek −0,18 °C te zijn. De molale vriespuntsdaling van water is 1,8 K kg/mol.

— De vriespuntdaling van een oplosmiddel (*T*) is gedefinieerd als *T* = *K*f⋅*m*, waarin *m* de molale concentratie van de opgeloste stof is (mol opgeloste stof per kg oplosmiddel). *K*f is de molale vriespuntdaling van het oplosmiddel in K kg/mol —

Gebruik de experimentele informatie van deel II om de volgende vragen te beantwoorden:

1. Leid de verhoudingsformule van de verbinding af.
2. Geef een formule voor de verbinding die de liganden aan het chroomion weergeeft. Welke molverhoudingen ondersteunen deze formule?
3. Schets de mogelijke ruimtelijke ordeningen van de liganden rond het chroomion.

Opgave 4. Antwoordblad

I a. Aantal isomeren 1 pt

b. Aantal isomeren waarvan nog optische isomeren mogelijk zijn. 1 pt

II c. De verhoudingsformule 1 pt

d. Molverhoudingen die de formule ondersteunen. Geef aan welk experiment welke molverhouding geeft. 4 pt

Formule die de liganden weergeeft

e. Mogelijke ruimtelijke ordeningen van de liganden rond het chroomion. 1 pt

Opgave 6 9 pt

Jood is beperkt oplosbaar in zuiver water; het lost beter op in oplossingen die jodide-ionen bevatten. Door de totale oplosbaarheid van jood als een functie van de jodideconcentratie te bestuderen kunnen de evenwichtsconstanten van de volgende reacties bepaald worden:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| reactievergelijking | | | evenwichtsconstante |  |
| I2(s) | →← | I2(aq) | *K*1 | (1) |
| I2(s) + I−(aq) | →← | I3−(aq) | *K*2 | (2) |
| I2(aq) + I−(aq) | →← | I3−(aq) | *K*3 | (3) |

a. Geef de evenwichtsvergelijkingen voor (1), (2) en (3).

Oplossingen van kaliumjodide van bekende concentratie [I−]tot worden in evenwicht gebracht met vast jood. Een daarop volgende titratie met natriumthiosulfaat diende om de totale oplosbaarheid van jood [I2]tot in de oplossingen te bepalen.

De experimenten gaven de volgende resultaten:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| [I−]tot /mmol dm−3 | 10,00 | 20,00 | 30,00 | 40-,00 | 50,00 |
| [I2]tot/mmol dm−3 | 5,85 | 10,53 | 15,11 | 19,96 | 24,82 |

b. Zet in een diagram [I2]tot uit tegen [I−]tot

c. Leid een algebraïsche vergelijking af waarin het verband wordt weergegeven tussen [I2]tot en [I−]tot.

d. Gebruik het diagram om de waarden van de evenwichtsconstante *K*1, *K*2 en *K*3 te bepalen.

Opgave 6. Antwoordblad

a. evenwichtsvergelijkingen 3 pt

b. diagram, zie volgend blad 1 pt

c. verband tussen [I2]tot en [I−]tot. 2 pt

d. *K*1 = *K*2 = en *K*3 = 3 pt

Opgave 7 9 pt

1. Een wit kristallijn organisch zuur **A** bestaat alleen uit koolstof, waterstof en zuurstof. Om een globale waarde voor de molmassa te vinden loste men 10,0 g van het zuur op in water. Men voegde fijngestampt ijs toe. Door heftig te roeren daalde de temperatuur tot −2,5 °C.

Het overgebleven ijs werd direct verwijderd. De massa van de oplossing bleek nu 76,1 g te zijn en als pH werd 1,4 gemeten. In een handboek werd voor de molale vriespuntsdaling van water 1,8 K kg/mol gevonden.

—De vriespuntdaling van een oplosmiddel (*T*) is gedefinieerd als *T*= *K*f *∙m* waarin *m* de molale concentratie van de opgeloste stof is(mol opgeloste stof per kg oplosmiddel). *K*f is de molale vriespuntsdaling van het oplosmiddel in K kg/mol. Daarna werd de molmassa nauwkeuriger bepaald door 0,120 g van het zuur te titreren met een oplossing van natriumhydroxide met concentratie 0,100 mol/dm3 . Als indicator werd fenolftaleïen gebruikt, voor kleuromslag was 23,4 cm3 hydroxide-oplossing nodig.

a. Geef de molmassa en de structuurformule van zuur A.

1. Een vloeistof **B** lost in water op tot een ca. 10 %-ige oplossing. De pH van de oplossing is ongeveer 4. B is niet gemakkelijk oxideerbaar, maar met de jodoformreactie, gevolgd door aanzuren, ontstaat het zuur **A**. 0,10 g **B** verbruikt 1,5 g jood.

Als **B** reageert met natrium ontwijkt waterstof en wordt een metaalorganische verbinding gevormd. De molmassa van **B** is ongeveer 100 g/mol.

b. Geef de vergelijkingen voor de jodoformreactie en voor de reactie met natrium. Voor de organische moleculen moeten structuurformules worden gebruikt.

1. Een oplossing van verbinding **C** in water heeft een geleidbaarheid die nauwelijks verschilt van die van zuiver water. Bij hydrolyse van **C** in basisch milieu ontstaat ammoniak. 0,120 g **C** werd behandeld met een warme verdunde oplossing van natriumhydroxide en het gevormde gas werd in 50,0 cm3 zoutzuur geleid.

De concentratie van het zoutzuur bedroeg 0,100 mol/dm3. De overmaat zuur werd teruggetitreerd met 10,0 cm3 natriumhydroxideoplossing, waarvan de concentratie 0,100 mol dm−3 bedroeg.

Bij hydrolyse van **C** in zuur milieu wordt kooldioxide gevormd. De bepaling van de molmassa door middel van vriespuntsdaling leverde op dat deze tussen 40 g/mol en 70 g/mol moet liggen.

c. Geef de structuurformule van **C**.

Geef voor zowel de basische als de zure hydrolyse de reactievergelijking.

Als **C** reageert met de ethylester van het zuur **A** in tegenwoordigheid van een sterk basische katalysator, ontstaan ethanol en een verbinding **D**. De samenstelling van **D** is: 37,5 % C , 3,1% H , 21,9 % N en de rest is zuurstof. De verbinding heeft zure eigenschappen.

d. Geef de structuurformule van **D**. Geef het ‘zure’ waterstofatoom met een sterretje aan.

#### Opgave 7 Antwoordblad

I a. de molmassa van **A** 2 pt

de structuur van **A**

II b. reactievergelijkingen2 pt

III c. de structuur van **C** 3 pt

reactievergelijkingen

d. de structuur van **D** 2 pt

Opgave 8 10 pt

Calciumoxalaatmonohydraat, CaC2O4.H2O is een slecht oplosbaar zout. Het is fysiologisch en analytisch van belang.

Het oplosbaarheidsproduct is 2,1⋅10−9 bij 25 °C.

Oxalaationen kunnen waterstofionen opnemen, waarbij waterstofoxalaationen en oxaalzuur ontstaan. De p*K*z-waarden bij 25 °C zijn 1,23 (H2C2O4) en 4,28 (HC2O4−). Bij 25 °C is het ionenproduct van water 1,0⋅10−14.

1. Geef die vergelijkingen voor de evenwichtsvoorwaarden die van belang zijn voor de berekening van de oplosbaarheid van calciumoxalaatmonohydraat.
2. Geef de concentratievoorwaarden die nodig zijn voor de berekening van de oplosbaarheid *s* (in mol L−1) van calciumoxalaatmonohydraat in een sterk zuur met concentratie *c*.
3. Bereken de oplosbaarheid (in g L−1) van calciumoxalaatmonohydraat in een plantencel waarin het buffersysteem de pH op 6,5 houdt.
4. Bereken de oplosbaarheid (in g L−1) van calciumoxalaatmonohydraat in zoutzuur met een concentratie van 0,010 mol L−1. Geef ook de concentratie van waterstofionen in de oplossing.
5. Bereken de evenwichtconcentraties van alle andere soorten deeltjes in de oplossing in d.

Opgave 8 Antwoordblad

1. evenwichtsvoorwaarden 2 pt
2. concentratievoorwaarden 2 pt
3. Bij pH = 6,5 is de oplosbaarheid van calciumoxalaatmonohydraat: 1 pt
4. in zoutzuur (0,010 mol L−1) is de oplosbaarheid van calciumoxalaatmonohydraat: 3 pt
5. de concentraties van alle deeltjes in de oplossing in d) zijn: 2 pt

## theorie uitwerking

Opgave 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A. | c) | B. | b) | C. | b) | D. | e) |

E. H3AsO4 + 4 Zn + 8 H+ → AsH3 + 4 Zn2+ + 4 H2O

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F. | c) | G. | c) | H. | b) | I. | a) | J. | d) |

Opgave 2

a) samenstelling massa% 54,56 % C 9,21 % H 36,23 % O

b) empirische formule C2H4O

c) Molaire massa 88 g mol−1

molecuulformule C4H8O2

d) mogelijke structuren

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. | CH3CH2CH2COOH | 10. | CH3C(OH)(CH3)CHO |
| 2. | CH3CH(CH3)COOH | 11. | CH2(OH)CH(CH3)CHO |
| 3. | CH3OCOCH2CH3 | 12. | CH3OCH2CH2CHO |
| 4. | CH3CH2OCOCH3 | 13. | CH3CH2OCH2CHO |
| 5. | CH3CH2CH2OCOH | 14. | CH3OCH(CH3)CHO |
| 6. | CH3CH(CH3)OCOH | 15. | CH3CH2COCH2OH |
| 7. | CH3CH2CH(OH)CHO | 16. | CH3C(OH)COCH3 |
| 8. | CH3CH(OH)CH2CHO | 17. | CH2(OH)CH2COCH3 |
| 9. | CH2(OH)CH2CH2CHO | 18. | CH3OCH2COCH3 |

e) De mogelijke structuren zijn 3, 4, 5, 6

f) De structuur van verbinding C is CH3CH2OCOCH3

Opgave 3

1. hoeveelheden stof

|  |  |
| --- | --- |
| methanol | 1,56 mmol |
| dichromaationen | 3,00 mmol |
| ijzer(III)ionen | 8,70 mmol |

molverhouding 

hoeveelheden stof

|  |  |
| --- | --- |
| methanal | 1,67 mmol |
| jood | 5,00 mmol |
| thiosulfaationen | 6,66 mmol |

molverhouding 

1. reactievergelijkingen

CH3OH + Cr2O72− + 8 H+ → CO2 + 2 Cr3+ + 6 H2O

Cr2O72− + 6 Fe2+ + 14 H+ → 2 Cr3+ + 6 Fe3+ + 7 H2O

I2 + 2 OH− → IO− + I− + H2O

HCHO + IO− + OH− → HCOO− + I− + H2O

IO− + I− + 2 H+ → I2 + H2O

I2 + 2 S2O32− → 2 I− + S4O62−

In (3), (5) en (6), kan ook I3− i.p.v. I2.

Als alternatief voor (4) is

HCHO + I2 + 2 OH− → HCOO− + 2 I− + H2O acceptabel

1. reactievergelijkingen

Aan bovenstaande reactievergelijkingen wordt toegevoegd

3 HCHO + 2 Cr2O72− + 16 H+ → 3 CO2 + 4 Cr3+ + 11 H2O

hoeveelheid methanol 1,9 g dm3

hoeveelheid methanal 10,1 g dm3

Opgave 4

1. Er zijn twee geometrische isomeren van het complex mogelijk:
2. faciaal, zie de figuur bij de opgave



1. meridionaal, met de posities van O en N
2. Duidelijk is dat elk complex met drie bidentaat liganden in octaëdrische omringing zoals gegeven spiegelsymmetrie mist. Beide stereo-isomeren kunnen dus in hun optische isomeren gescheiden worden.
3. De verhoudingsformule is CrCl3H12O6
4. Uit de reactie met zilverionen volgt: 1 mol CrCl3H12O6  1 mol Cl−

Zacht verwarmen levert: 1 mol CrCl3H12O6  2 mol H2O

Hieruit volgt de coördinatie: [CrCl2(H2O)4]Cl ⋅ 2 H2O

Deze formule wordt bevestigd door meting van de vriespuntdaling, daaruit blijkt dat 1 mol CrCl3H12O6  2 mol ionen in oplossing.

1. Mogelijke ruimtelijke rangschikkingen van de liganden rond het chroomion



Opgave 6

1. evenwichtvergelijkingen

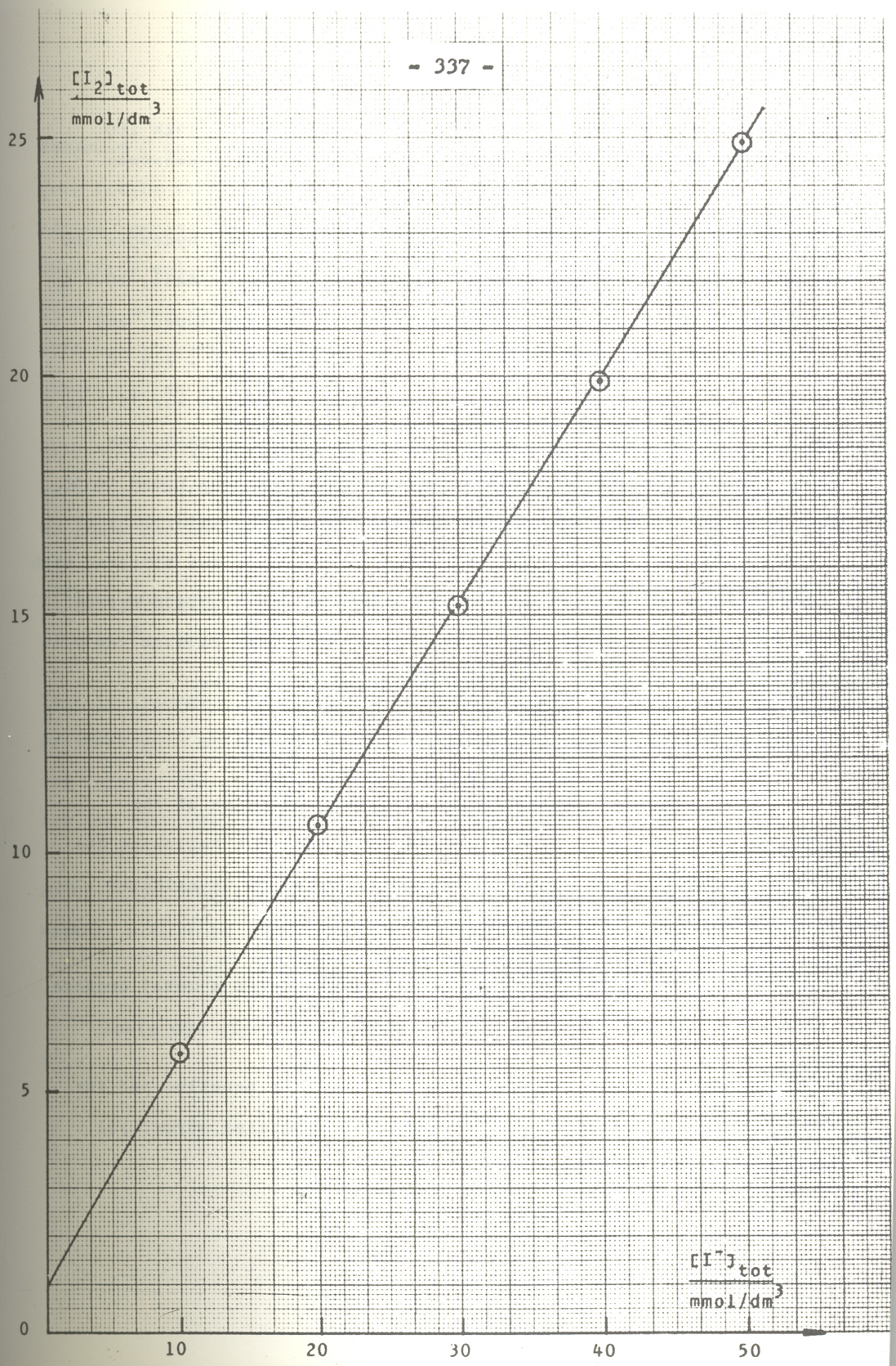
De volgende betrekkingen zijn geldig voor de concentraties van de oplossingen in water.

[I2] = *k*1

= *k*2

= *k*3 = 

1. Zie het diagram
2. De betrekking tussen [I2]tot en [I−]tot: [I2]tot = [I−]tot
3. *k*1 = 1,04⋅10−3 mol L−1; *k*2 = 0,90; *k*3 = 8,6⋅102 mol−1 L (deze waarden zijn berekend volgens de kleinste kwadratenmethode).



Opgave 7

1. molaire massa van A 103 g mol−1

structuur van A 

1. CH3COCH2COCH3 + 6 I2 + 8 OH− → −OCOCH2COO− + 2 CHI3 + 6 I−

−OCOCH2COO− + 2 H+ → HOCOCH2COOH

2 CH3COCH2COCH3 + 2 Na → 2 CH3COHCOCH3 + H2 + 2 Na+

1. H2NCONH2

H2NCONH2 + 2 OH− → 2 NH3 + CO32−

H2NCONH2 + 2 H+ + H2O → 2 NH4+ + CO2

1. 

Opgave 8

1. [Ca2+][C2O42−] = *K*s (1) [H+][OH−] = *K*w (2)

 (3)  (4)

1. *s* = [Ca2+] = [C2O42−] + [HC2O4−] + [H2C2O4] (5)

*C* = [H+] + [HC2O4−] + 2 [H2C2O4] − [OH−] (6)

Vergelijking (5) en (6) kan vervangen worden door

[H+] + 2 [Ca2+] = [HC2O4−] + 2 [H2C2O4] + [OH−] + *C* (7)

1. De oplosbaarheid van calciumoxalaatmonohydraat is 6,7⋅10−3 g L−1 (berekend met vergelijking (8))
2. Eliminatie van de concentraties van de oxalaatdeeltjes m.b.v. vergelijkingen (1), (3) en (4) geeft de volgende uitdrukkingen voor (5) en (6) (de concentratie hydroxide kan verwaarloosd worden).

*s*2 = *K*s +  +  (8)

*C =* [H+] +  +  (9)

Eliminatie van *s* uit (8) en (9) geeft een vierde orde vergelijking.

Om deze reden geeft men de voorkeur aan een iteratieve procedure. De eerste benadering is [H+] = *C* . Deze waarde van [H+] kan gebruikt worden om het volgende te berekenen:

1. *s* uit (8)
2. de laatste twee termen in (9), die correcties zijn. Nu kan de nieuw verkregen waarde uit (9) gebruikt worden als beginwaarde voor de volgende benadering. Twee herhaalde bewerkingen geven de volgende waarden voor *s*.

*s* = 6,6⋅10−4 mol L−1  9,6⋅10−2 g L−1 ⇒ [H+] = 9,3⋅10−3 mol L−1

1. [Ca2+] = 6,6⋅10−4 mol L−1; [C2O42−] = 3,2⋅10−6 mol L−1

[Cl−] = 0,010 mol L−1; [HC2O4−] = 5,7⋅10−4 mol L−1

[OH−] = 1,1⋅10−12 mol L−1; [H2C2O4] = 9,0⋅10−5 mol L−1

## practicum

(tijd 6 uur, met een lunchpauze van 1 uur).

Ook hier geldt dat niet alle antwoordbladen zijn opgenomen

ALGEMENE INSTRUCTIES.

* Je krijgt 3 opgaven met de nummers 9, 10 en 11.
* Vul de antwoordbladen in.
* Je moet ook alle berekeningen en andere aantekeningen inleveren, evenals de opgavenbladen.
* Het is niet toegestaan andere hulpmiddelen te gebruiken dan een niet-programmeerbare rekenmachine en de tabel met relatieve atoommassa’s en fysische constanten.
* Als je meer papier nodig hebt dan vraag je het aan de toezichthouder. Controleer of je persoonlijke nummer er op staat.
* Tijdens het practicum krijg je een lunch geserveerd.
* Als je naar het toilet wilt, vraag je dat aan de toezichthouder.

INSTRUCTIES BIJ OPGAVEN 9 EN 10.

Opgave 9:

* Doe direct na gebruik de stop weer op de fles NaOH.
* De concentratie van de NaOH-oplossing staat op de fles aangegeven. Let erop dat je deze concentratiewaarde correct overneemt.
* Gebruik niet meer H3PO4-oplossing dan nodig is.
* Controleer de pH-waarden die door de beoordelaar gemeten zijn en onderteken dan het antwoordblad.

Opgave 10:

* Jouw testoplossingen hebben een andere nummering dan die van de andere deelnemers.
* Je krijgt keen nieuwe oplossingen, verspil ze dus niet.

INSTRUCTIE BIJ OPGAVE 11.

* Giet de NaCl-oplossing uit de voorraadfles in het kleine bekerglas vóór je gaat pipetteren.
* Gebruik het grote bekerglas om de EDTA-oplossing in de buret te gieten.
* Gebruik geen grote hoeveelheden xylenoloranje.

Opgave 9

Een bufferoplossing heeft een nauwkeurig omschreven pH-waarde, die slechts weinig verandert bij toevoeging van niet te grote hoeveelheden sterk zuur of base. Hoe groter de hoeveelheid zuur of base die aan een zeker volume bufferoplossing moet worden toegevoegd om een bepaalde pH verandering te krijgen, des te beter is de bufferende werking. Een bufferoplossing wordt gemaakt door een oplossing van een zwak zuur in een geschikte verhouding te mengen met een oplossing van de geconjugeerde base. Een voorbeeld van een bruikbaar buffersysteem is een fosfaatbuffer.

De opdracht is een fosfaatbuffer te maken die aan de volgende twee voorwaarden voldoet:

(1) de bufferoplossing heeft een pH = 7,20

(2) als men aan 50,0 cm3 van deze bufferoplossing 5,0 cm3 zoutzuur met een concentratie van 0,100 mol/dm3 toevoegt, moet de pH= 6,80 worden.

Chemicaliën en glaswerk.

Een oplossing van fosforzuur, een oplossing van natriumhydroxide van bekende concentratie, zoutzuur (0,100 mol L−1), een oplossing van broomkresolgroen, gedestilleerd water.

Buretten, pipetten (25 cm3 en 5 cm3), erlenmeyers (100 cm3 en 250 cm3), maatkolf (100 cm3), bekerglas en trechter.

Procedure.

Bepaal de concentratie van de fosforzuuroplossing door titratie met de natriumhydroxideoplossing. Gebruik broomkresolgroen als indicator (omslagtraject 3,8 < pH< 5,4). Gebruik bij alle titraties hetzelfde volume fosforzuur.

Maak 100 cm3 bufferoplossing door berekende volumina fosforzuuroplossing en natriumhydroxide-oplossing in de maatkolf te doen en dit mengsel daarna tot de merkstreep aan te vullen met gedestilleerd water.

Zet je berekeningen op het daarvoor bestemde antwoordblad.

Meng 50,0 cm3 bufferoplossing met 5,0 cm3 zoutzuur in een erlenmeyer. Geef je antwoordblad aan de beoordelaar. De beoordelaar meet de pH van je twee oplossingen en noteert deze waarden op je antwoordblad.

De p*Kz*-waarden van fosforzuur zijn: p*K*z1 = 1,75 p*K*z2 = 6,73 p*K*z3 = 11,50

#### uitwerking

De bufferoplossing moet H2PO4− (concentratie a mol L−1) en HPO42− (concentratie b mol L−1) bevatten. De concentratie moet voldoen aan de voorwaarde b/a = 10−6,73/10−7,20

Na toevoegen zoutzuur voldoet de voorwaarde aan:

(50,0 b − 0,50)/(50,0 a + 0,50) = 10−6,73/10−6,80

Uit deze vergelijkingen volgt a = 0,0122 en b = 0,0361

De totale concentratie van het fosfaatsysteem = 0,0483 mol L−1

De totale concentratie van Na+ = (a + 2 b) mol L−1 = 0,0844 mol L−1

Als de fosforzuuroplossing en natronloog allebei een concentratie hebben van 0,500 mol L−1, dan zal voor 100,0 mL bufferoplossing nodig zijn:

0,0483 × 0,1000/0,500 dm3 = 9,7 cm3 H3PO4-oplossing en 0,0844 × 0,1000/0,500 dm3 = 16,9 cm3 NaOH-oplossing.

#### Opgave 9 Antwoordblad 13 pt

### De bepaling van de concentratie van het fosforzuur

|  |  |
| --- | --- |
| volume van de fosforzuuroplossing | volume van de natriumhydroxideoplossing 2 pt  (gemiddelde waarde gebruikt bij de berekening) |
|  |  |
| concentratie van de fosforzuuroplossing | 1 pt |

### Bereiding van de bufferoplossing

|  |  |
| --- | --- |
| volume van de fosforzuuroplossing | 3 pt |
| volume van de natriumhydroxide-oplossing | 3 pt |

### pH-metingen (uitgevoerd en genoteerd door de beoordelaar)

|  |  |
| --- | --- |
| bufferoplossing | 2 pt |
| mengsel van buffer en zoutzuur | 2 pt |

Opgave 10 8 ppt

Elk van 8 genummerde reageerbuizen bevat de oplossing van één zout.

In die oplossingen kunnen de volgende positieve ionen worden aangetoond (één per reageerbuis):

Ag+, Al3+, Cu2+, Na+, NH4+ en Zn2+

en de volgende negatieve ionen (één per reageerbuis):

Br−, Cl,− I−, NO3−, OH−, en S2O32−.

Een druppelplaat, reageerbuizen in een rek, druppelpipetten, indicatorpapier en een gasbrander staan tot je beschikking.

Bepaal door middel van onderlinge reacties welk zout is opgelost in ieder van de reageerbuizen:

* geef in het blokschema op het antwoordblad het ontstaan van een neerslag aan door een pijl naar beneden en de ontwikkeling van een gas door een pijl naar boven (geen formules). Je kunt volstaan met het invullen van de helft van het diagram.
* Bevestig je conclusies door zoveel mogelijk reacties uit te voeren. Het kan nodig zijn combinaties van oplossingen als reagens te gebruiken.
* Schrijf de vergelijkingen op voor alle waargenomen reacties.
* Geef aan welke stof in welke reageerbuis zit door op het antwoordblad onder het schema achter de nummers de bijbehorende formules van het gevonden zout op te schrijven.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4 pt  4 pt | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Lijst van nummers en de erbij behorende formules van de stoffen.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

#### uitwerking

|  |  |
| --- | --- |
| nr v.d. oplen | reactievergelijking van de waargenomen reactie |
| 1 + 2 | NH4+ + OH− → NH3(g) + H2O |
| 2 + 3 | 2 Ag+ + 2 OH− → Ag2O(s) + H2O |
| 2 + 3 + 1 | Ag2O(s) + 4 NH4+ + 2 OH− → 2 Ag(NH3)2+ + 3 H2O |
| 2 + 4 | Zn2+ + 2 OH− → Zn(OH)2(s) | Zn(OH)2(s) + 2 OH− → Zn(OH)42− |
| 2 + 5 | Al3+ + 3 OH− → Al(OH)3(s) | Al(OH)3(s) + OH− → Al(OH)4− |
| reacties ter onderscheid van Zn2+ en+ Al3+ | |
| 2 + 4 + 1 | Zn(OH)42− + 4 NH4+ → Zn(NH3)42+ + 4 H2O |
| 2 + 5 + 1 | Al(OH)4− + 4 NH4+ → Al(OH)3(s) + NH3 + H2O |
| 2 + 6 | Cu2+ + 2 OH− → Cu(OH)2(s) |
| 2 + 6 + 1 | Cu(OH)2(s) + 4 NH4+ + 2 OH− → Cu(NH3)42+ + 4 H2O |
| 3 + 4 | Ag+ + Cl− → AgCl(s) |
| 3 + 6 | Ag+ + Br− → AgBr(s) |
| 3 + 7 | Ag+ + I− → AgI(s) |
| 3 + 8 | 2 Ag+ + S2O32− → Ag2S2O3(s) | Ag2S2O3(s) + 3 S2O32− → 2 Ag(S2O3)23− |
| reacties ter onderscheid van Cl− en Br− / I− | |
| 3 + 4 + 1 + 2 | AgCl(s) + 2 NH4+ + 2 OH− → Ag(NH3)2+ + Cl− + H2O |
| 3 + 4 + 8 | AgCl(s) + 2 S2O32− → Ag(S2O3)23− + Cl− |
| 3 + 6 + 1 + 2 | AgBr(s) lost niet op |
| 3 + 6 + 8 | AgBr(s) + 2 S2O32− → Ag(S2O3)23− + Br− |
| 3 + 7 + 8 | AgI(s) lost niet op |
| 6 + 7 | 2 Cu2+ + 4 I− → 2 CuI(s) + I2 |
| 6 + 7 + 8 | I2 + 2 S2O32− → 2 I− + S4O62− |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 |  | ↑ |  |  |  |  |  |  |
| 2 | ↑ |  | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |  |  |
| 3 |  | ↓ |  | ↓ |  | ↓ | ↓ | ↓ |
| 4 |  | ↓ | ↓ |  |  |  |  |  |
| 5 |  | ↓ |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  | ↓ | ↓ |  |  |  | ↓ |  |
| 7 |  |  | ↓ |  |  | ↓ |  |  |
| 8 |  |  | ↓ |  |  |  |  |  |

lijst met nummers en bijbehorende formules van de stoffen

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | NH4NO3 | 3 | AgNO3 | 5 | Al(NO3)3 | 7 | NaI |
| 2 | NaOH | 4 | ZnCl2 | 6 | CuBr2 | 8 | Na2S2O3 |

Opgave 11

#### De bepaling van het oplosbaarheidsproduct van lood(II)chloride.

Schud vast loodchloride a) met water en b) met drie natriunchlorideoplossingen van verschillende concentraties, totdat het evenwicht is ingesteld. Bepaal dan de concentraties van de loodionen door titratie met EDTA. Bereken het oplosbaarheidsproduct van lood(II)chloride.

Apparatuur en chemicaliën.

Maatkolf (100 cm3), pipetten (20 cm3 en 10 cm3), maatcilinders (100 cm3 en 25 cm3), 4 erlenmeyers (200−250 cm3) met stoppen, spatel, titreererlenmeyers (200−250 cm3), 4 filtertrechters, filtreerpapier, thermometer, 4 erlenmeyers (100 cm3), bekerglazen, statief met buret (50 cm3), burettrechter, spuitflesje met gedestilleerd water, glasstaafje.

Standaardoplossingen van natriumchloride (0,1000 mol/dm3) en EDTA (0,01000 mol/dm3), vast lood(II)chloride, xylenoloranjeoplossing in een druppelflesje (0,5 % in water), vast hexamine (urotropine), salpeterzuur (2,5 mol/dm3) in een druppelflesje.

Procedure

1. Bereid natriumchlorideoplossingen, ieder met een volume van 100 cm3, met respectievelijk concentraties van 0,0600; 0,0400 en 0,0200 mol dm−3. Giet ieder van deze oplossingen in een erlenmeyer met stop. Doe 100 cm3 water in de vierde erlenmeyer met stop.

Doe in ieder van deze vier erlenmeyers één volle spatel vast lood(II)chloride (ca. 2 g), doe de stoppen op de erlenmeyers en schud ze krachtig.

Laat de erlenmeyers 30 minuten staan en schud ze zo nu en dan.

Maak ondertussen voorbereidingen voor de filtratie en de titratie.

2. Meet de temperatuur van de lood(II)chloride-oplossing en noteer deze in de resultatentabel.

Filtreer de oplossingen door droge filters in de droge kleine erlenmeyers.

3. Pipetteer 10,00 cm3 filtraat in een titreererlenmeyer. Verdun met ongeveer 25 cm3 water, voeg 3 druppels xylenoloranje (indicator) en 5 druppels salpeterzuur toe. Voeg dan 3 spatels (ca. 0,5 g) vast hexamine (een zwakke base) toe en schud voorzichtig tot de oplossing helder is.

Titreer met EDTA.

4. Bereken de concentraties van de loodionen en van de chloride-ionen in de oplossingen en bereken het oplosbaarheidproduct *Ks*. Schrijf de resultaten in de tabel.

5. Beantwoord onderstaande vragen op het antwoordblad:

a. Geef de structuurformule van EDTA. Geef met een \* dié atomen aan, die met een metaalion een coördinatiebinding kunnen vormen.

b Geef de vergelijking voor de titratiereactie. EDTA kan voorgesteld worden als H2Y2−.

Antwoordblad

Resultaten.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *c*(NaCl) | temperatuur | volume EDTA-opl. | [Pb2+] | [Cl−] | *K*s |
| mol dm−3 | °C | cm3 (gemiddeld) | mol dm−3 | mol dm−3 |  |
| 0,0600 |  |  |  |  |  |
| 0,0400 |  |  |  |  |  |
| 0,0200 |  |  |  |  |  |
| 0 |  |  |  |  |  |

juiste volumes EDTA 6

juiste [Cl−] 2

Antwoorden op de vragen

a) 1

b) 1

uitwerking

een kenmerkend resultaat

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *c*(NaCl) | temperatuur | *V* EDTA-opl. | [Pb2+] | [Cl−] | *K*s |
| mol L−1 | °C | cm3 | mol L−1 | mol L−1 | (mol L−1)3 |
| 0,0600 | 21 | 18,7 | 0,0187 | 0,0974 | 1,77⋅10−4 |
| 0,0400 | 21 | 22,7 | 0,0227 | 0,0854 | 1,66⋅10−4 |
| 0,0200 | 21 | 27,8 | 0,0278 | 0,0756 | 1,59⋅10−4 |
| − | 21 | 34,2 | 0,0342 | 0,0684 | 1,60⋅10−4 |

antwoorden op de vragen



H2Y2− + Pb2+ → PbY2− + 2 H+