EXAMEN SCHEIKUNDE VWO 1999, EERSTE TIJDVAK, opgaven

Dit examen bestaat uit 23 vragen.

Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

## Win edelmetaal 1999-I(I)

Goud en zilver komen in de natuur onder andere voor als Au(s) en Ag(s). Meestal zitten deze metalen als een mengsel in korreltjes vast aan gesteente.

Bij de winning van goud en zilver uit deze korreltjes maakt men gebruik van een oplossing van natriumcyanide (NaCN). In deze oplossing is het natriumcyanide geïoniseerd in

Na+ ionen en CN− ionen.

Een natriumcyanideoplossing is basisch.

4 p 1 ◼ Geef de vergelijking waaruit blijkt dat bij het oplossen van natriumcyanide in water een basische oplossing ontstaat.

Men maalt het gesteente en de daaraan gehechte korreltjes (met goud en zilver) fijn. Men voegt het gemalen mengsel toe aan een overmaat natriumcyanideoplossing. Door het ontstane mengsel wordt lucht geleid. Daardoor vinden twee redoxreacties plaats. Bij de ene redoxreactie worden Au(CN)2− ionen gevormd en bij de andere redoxreactie Ag(CN)2− ionen.

Bij beide redoxreacties is één van de halfreacties:

2 H2O + O2 + 4 e− → 4 OH

4 p 2 ◼ Geef van de redoxreactie waarbij goud reageert, de vergelijking van de andere halfreactie.

Men scheidt de ontstane oplossing af van het gemalen gesteente.

2 p 3 ◼ Geef de naam van een scheidingsmethode die hiervoor gebruikt kan worden.

Men voegt aan de verkregen oplossing een overmaat zinkpoeder toe. Daardoor treden de volgende reacties op:

2 Au(CN)2−(aq) + Zn(s) → 2 Au(s) + Zn(CN)42−(aq) (reactie 1)
2 Ag(CN)2−(aq) + Zn(s) → 2 Ag(s) + Zn(CN)42−(aq) (reactie 2)

Men scheidt vervolgens een mengsel van goud, zilver en overgebleven zink af.

Om uit het verkregen mengsel van de metalen het zink te verwijderen, zonder het goud en het zilver aan te tasten, wordt aan het mengsel een oplossing van een zuur toegevoegd. Men gebruikt voor dit scheidingsproces een oplossing van zwavelzuur. Daarbij treedt uitsluitend de volgende reactie op:

Zn(s) + 2 H+(aq) → Zn2+(aq) + H2(g)

Een oplossing van salpeterzuur is niet geschikt voor dit scheidingsproces omdat in dat geval behalve het zink ook het zilver reageert.

4p 4 ◼ Geef aan de hand van getalwaarden uit Binas aan op grond waarvan verwacht mag worden dat een oplossing van salpeterzuur reageert met zilver.

Men kan uit het verkregen mengsel van goud en zilver zuiver goud bereiden.

Zuiver goud is echter te zacht om sieraden van te maken. Het wordt daarom gemengd met andere metalen, vaak met koper. Het goudgehalte van sieraden wordt weergegeven in karaat.

Eén karaat komt overeen met 1/24 massadeel goud; 24-karaats goud is zuiver goud. Voor sieraden wordt veelal 18-karaats goud gebruikt.

Een leerling draagt een oorringetje van 18-karaats goud. Behalve goud bevat het oorringetje
alleen koper. De leerling zegt dat zijn oorringetje meer goudatomen bevat dan koperatomen.

4p 5 ◼ Laat met een berekening zien of de leerling gelijk heeft.

Voor toepassingen in de elektronica is goud nodig met een zeer hoge zuiverheid. Om dit vrijwel zuivere goud te bereiden maakt men gebruik van een elektrolyseopstelling die hieronder schematisch is weergegeven.



De positieve elektrode bestaat uit goud met een gering percentage zilver. De negatieve elektrode bestaat reeds uit (vrijwel) zuiver goud. Tijdens de elektrolyse slaat (vrijwel) zuiver goud neer op de negatieve elektrode.

De gebruikte elektrolytoplossing is een (aangezuurde) oplossing van goud(III)chloride (AuCl3).

De halfreacties die bij de elektrolyse aan de elektroden optreden, kan men als volgt weergeven.

Positieve elektrode: Au(s) → Au3+(aq) + 3 e−
en
Ag(s) + Cl−(aq) → AgCl(s) + e−

Negatieve elektrode: Au3+(aq) + 3 e− → Au(s)

5p 6 ◼ Leg uit of de hoeveelheid goud die in een minuut aan de positieve elektrode reageert groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de hoeveelheid goud die in diezelfde minuut aan de negatieve elektrode ontstaat.

## Allemaal PET 1999-I(II)

Eén van de bekendste kunststoffen is PET (polyethyleentereftalaat). Dit polymeer wordt onder andere toegepast bij het vervaardigen van frisdrankflessen en het vervaardigen van kleding.

Eén van de grondstoffen die gebruikt worden bij de bereiding van PET is benzeen-1,4-dicarbonzuur. Deze stof wordt in de industrie bereid uit 1,4-dimethylbenzeen en zuurstof.

Onder invloed van een katalysator vindt hierbij in een reactor de volgende reactie plaats:

 (reactie 1)

Van al het 1,4-dimethylbenzeen dat in de reactor wordt geleid, wordt 95,0% volgens reactie 1 omgezet; 3,00% wordt volledig verbrand en 2,00% reageert niet. Omdat in de reactor warmte wordt ontwikkeld moet de reactor voortdurend gekoeld worden.

Men kan met behulp van verbrandingswarmten uitrekenen hoeveel joule vrijkomt per kg ingeleid
1,4-dimethylbenzeen. Onder de verbrandingswarmte van een stof verstaat men de reactiewarmte die optreedt bij verbranding (met O2) van 1 mol van die stof *(p* = *p*oen *T* = 298 K) onder vorming van CO2(g) en H2O(l).

De verbrandingswarmte van 1,4-dimethylbenzeen bedraagt −4,56⋅106 J mol−1 (*p* = *p*oen *T* = 298 K); de verbrandingswarmte van benzeen-1,4-dicarbonzuur bedraagt −3,19⋅106 J mol−1 (*p* = *p*oen *T* = 298 K).

3p 7 ◼ Bereken met behulp van deze gegevens de warmteverandering ** van reactie 1 in joule per mol
1,4-dimethylbenzeen *(p* = *p*oen *T* = 298 K).

5p 8 ◼ Bereken hoeveel joule in de reactor vrijkomt per kg ingeleid 1,4-dimethylbenzeen.
(*p* = *p*oen *T=* 298 K).

Om PET te maken laat men het benzeen-1,4-dicarbonzuur reageren met ethaan-1,2-diol (HO−CH2−CH2−OH). Daarbij worden de moleculen benzeen-1,4-dicarbonzuur en ethaan-1,2-diol uitsluitend om en om aan elkaar gekoppeld. Hieronder volgt een gedeelte uit het midden van een molecuul PET:



De uiteinden van een PET molecuul kunnen een C2H4OH groep of een COOH groep zijn. In de industrie wordt PET bereid via een continu proces met twee reactoren (reactor 1 en reactor 2). In reactor 1 worden benzeen-1,4-dicarbonzuur en ethaan-1,2-diol ingeleid.

Bij het reageren van deze twee verbindingen in reactor 1 ontstaat onder andere een verbinding met de molecuulformule C12H14O6. Deze verbinding heeft de volgende structuurformule:



Behalve deze verbinding ontstaat in reactor look onder andere een kleine hoeveelheid van een verbinding met de molecuulformule C20H18O9.

4p 9 ◼ Geef de structuurformule van de verbinding met de molecuulformule C20H18O9 die in reactor 1 ontstaat.

Hieronder is de continue bereiding van PET via het proces met de twee reactoren schematisch weergegeven.



In reactor 2 treedt hoofdzakelijk een reactie op waarbij uit de genoemde verbinding C12H14O6 het polymeer PET en een verbinding X ontstaat.

4p 10 ◼ Geef de naam van verbinding X.

PET dat in frisdrankflessen zit, wordt wel ‘flessen-PET’ genoemd en PET dat in kleding is verwerkt, noemt men wel ‘kleding-PET’. In beide soorten PET zijn bij de bereiding de moleculen
benzeen-1,4-dicarbonzuur en ethaan-1,2-diol om en om aan elkaar gekoppeld. In beide soorten PET moleculen komen zo weinig COOH (eind)groepen voor dat hun aantal verwaarloosd mag worden ten opzichte van het aantal C2H4OH (eind)groepen. De moleculen van ‘flessen-PET’ zijn gemiddeld aanzienlijk langer dan de moleculen van 'kleding-PET'.

4p 11 ◼ Leg aan de hand van bovenstaande gegevens uit of het aantal mol ethaan-1,2-diol dat per mol
benzeen-1,4-dicarbonzuur verbruikt wordt bij de bereiding van ‘flessen-PET’ groter is dan, kleiner is dan, of gelijk is aan het aantal mol ethaan-1,2-diol dat per mol benzeen-1,4-dicarbonzuur verbruikt wordt bij de bereiding van ‘kleding-PET’.

## Ester door optellen 1999-I(III)

Tussen methanol, koolstofmonoöxide en but-2-yn kan onder invloed van een katalysator een additiereactie plaatsvinden. Daarbij ontstaat een verbinding met de volgende structuurformule:



Deze verbinding is een ester.

Men kan de naam van een ester omschrijven. Zo kan men ethylethanoaat omschrijven als de ester van ethanol en ethaanzuur.

4p 12 ◼ Geef op dezelfde manier de omschrijving van de naam van de verbinding met de bovenstaande structuurformule.

Er bestaan twee verbindingen met de bovenstaande structuurformule. De moleculen van deze twee verbindingen verschillen onderling slechts in hun ruimtelijke structuur.

4p 13 ◼ Geef de structuurformules van deze twee verbindingen zodanig weer dat daaruit duidelijk blijkt in welk opzicht de posities van atomen *en/of* atoomgroepen in de molecuulstructuren van deze verbindingen van elkaar verschillen.

Methanol en koolstofmonoöxide kunnen ook met andere koolwaterstoffen dan but-2-yn additiereacties geven. Onder bepaalde omstandigheden kunnen daarbij (additie)polymeren gevormd worden.

Bij een reactie tussen methanol, koolstofmonoöxide en twee koolwaterstoffen X en Y ontstaat in aanwezigheid van een geschikte katalysator een additiepolymeer. Dit polymeer kan met de formule CH3O(C10H14O2)nH worden weergegeven. Hieronder is een deel van de structuurformule van dit additiepolymeer gegeven:



4p 14 ◼ Geef de structuurformules van de koolwaterstoffen X en Y die voor het maken van dit additiepolymeer zijn gebruikt.

## Zeoliet in wasmiddel 1999-I(IV)

Wasmiddelen bevatten voor de ontharding van leidingwater onder andere zeolieten. Deze vaste, slecht oplosbare stoffen zijn natriumaluminiumsilicaten.

In een publicatie over zeolieten wordt het bijgaande model afgebeeld van een fragment van het kristalrooster van een zeoliet. Uit dit fragment zijn de Na+ ionen weggelaten.

In dit model zijn de bindingen voorgesteld als covalente bindingen (atoombindingen). De consequentie van de aanname dat de bindingen tussen Al en O covalent zijn, is dat in dit model een negatieve lading op Al geplaatst moet worden.

4p 15 ◼ Leid uitgaande van de bovenstaande elektronenformule af hoe groot de negatieve lading is die op elke Al geplaatst moet worden.

De kristallen van een zeoliet bevatten holten die via openingen bereikt kunnen worden door moleculen en/of ionen. De Na+ ionen van een zeoliet bevinden zich in die holten. Het zeoliet vermindert de hardheid van leidingwater doordat de Na+ ionen uitgewisseld worden tegen Ca2+ ionen en Mg2+ ionen uit het leidingwater. Voor elk Ca2+ ion of Mg2+ ion dat via de openingen in de zeolietstructuur naar binnen gaat, komen steeds twee Na+ ionen via de openingen naar buiten en gaan in oplossing.

Een bepaald wasmiddel bevat 30 massaprocent van een zeoliet met de verhoudingsformule Na4Al4Si4O16.9H2O.

Voor een wasbeurt met 10 liter leidingwater dat in totaal 1,5⋅10−2 mol Ca2+ + Mg2+ bevat, wordt 90 gram van dit wasmiddel gebruikt.

De massa van een mol van het zeoliet bedraagt 7,3⋅102 g.

5p 16 ◼ Bereken hoeveel procent van de Na+ ionen uit het zeoliet bij bovengenoemde wasbeurt uitgewisseld wordt tegen Ca2+ ionen + Mg2+ ionen. Neem hierbij aan dat alle Ca2+ ionen en Mg2+ ionen uit de 10 liter water worden uitgewisseld.

In werkelijkheid worden niet alle Ca2+ en Mg2+ uit het leidingwater uitgewisseld. Als het zeoliet wordt geschud met hard water, stellen zich snel evenwichten in die als volgt kunnen worden weergegeven:

2 Na+zeoliet(s) + Ca2+(aq) ⇌ 2 Na+(aq) + Ca2+zeoliet(s) (evenwicht 1)

2 Na+zeoliet(s) + Mg2+(aq) ⇌ 2 Na+(aq) + Mg2+zeoliet(s) (evenwicht 2)

Een leerling krijgt de opdracht om na te gaan welk van de evenwichten 1 of 2 onder dezelfde omstandigheden het meest rechts ligt. Hij moet dus nagaan welke van de ionsoorten Ca2+ of Mg2+ beter uitgewisseld wordt tegen de Na+ ionen van het zeoliet. De leerling probeert een antwoord op deze vraag te vinden in de schoolbibliotheek. Hij vindt in een boek dat de grootte van de openingen in het zeoliet zodanig is dat Ca2+(aq) ionen en Mg2+(aq) ionen de openingen niet kunnen passeren. In het boek staat verder dat van een Ca2+(aq) ion en een Mg2+(aq) ion eerst de watermantel verwijderd moet worden voordat de ionen de openingen in het zeoliet kunnen passeren.

Voor het verwijderen van de watermantel is bij een Ca2+ ion minder energie nodig dan bij een Mg2+ ion.

3p 17 ◼ Geef uit Binas de getalwaarden waaruit blijkt dat voor het verwijderen van de watermantel bij een Ca2+(aq) ion minder energie nodig is dan bij een Mg2+(aq) ion. Vermeld ook de eenheden bij die getalwaarden.

De leerling vindt in de schoolbibliotheek te weinig gegevens om antwoord te kunnen geven op de vraag welk van de evenwichten 1 en 2 het meest rechts ligt. Hij besluit daarom een onderzoek te doen.

De leerling voert het onderzoek als volgt uit.

* Hij doet in twee erlenmeyers gelijke hoeveelheden van het zeoliet.
* Hij voegt aan het zeoliet in de ene erlenmeyer 25,0 mL 0,100 M calciumchlorideoplossing toe.
* Hij voegt aan het zeoliet in de andere erlenmeyer 25,0 mL 0,100 M magnesiumchlorideoplossing toe.
* Hij schudt de beide erlenmeyers goed.
* Hij filtreert de beide mengsels en vangt de filtraten afzonderlijk op.
* Hij titreert elk van de filtraten. Hij gebruikt daarvoor een oplossing van een bepaald natriumzout.

Bij de titraties reageren de negatieve ionen van dit natriumzout met deeltjes uit de beide filtraten. Van deze deeltjes worden op deze manier de concentraties bepaald.

De reden dat de leerling filtreert, heeft niets te maken met het goed of slecht kunnen waarnemen van het eindpunt van de titraties. Als de leerling niet zou hebben gefiltreerd, zou hij verkeerde titratie-uitkomsten hebben verkregen.

2p 18 ◼ Geef de formules van de deeltjes waarvan de leerling bij de titraties de concentraties bepaalt.

4p 19 ◼ Leg uit hoe verklaard moet worden dat de leerling verkeerde titratie-uitkomsten zou hebben verkregen als hij niet gefiltreerd zou hebben.

## Cola en fosforzuur 1999-I(V)

Eén van de soorten Cola die verkrijgbaar zijn, noemt men Coke. Coke is een oplossing die onder andere fosforzuur bevat. In Coke hebben zich onder andere de volgende evenwichten ingesteld:

H3PO4 + H2O ⇌ H3O+ + H2PO4− ***(evenwicht 1)***
H2PO4− + H2O ⇌ H3O+ + HPO42− ***(evenwicht 2)***
HPO42− + H2O ⇌ H3O+ + PO43− ***(evenwicht 3)***

De hoeveelheid H3O+ die in de Coke door het optreden van de evenwichten 2 en 3 is ontstaan, is verwaarloosbaar klein ten opzichte van de hoeveelheid H3O+ die door evenwicht 1 is ontstaan. De [H3O+] in Coke wordt vrijwel geheel door evenwicht 1 bepaald. Bij een meting bleek de pH van een bepaald merk Coke 2,41 te zijn (298 K).

Met behulp van deze pH waarde kan men berekenen hoeveel gram fosforzuur men moet toevoegen om 1,0 liter van deze Coke te maken.

5p 20 ◼ Bereken hoeveel gram fosforzuur men moet toevoegen om 1,0 liter Coke met een pH = 2,41 te maken.

De [PO43−] in Coke is zeer klein. Men kan [PO43−] in Coke berekenen als de pH van de Coke bekend is. Als aangenomen wordt dat [H3O+] in de Coke alleen door evenwicht 1 wordt bepaald, kan men namelijk afleiden dat in de Coke de volgende betrekking geldt:

[PO43−] = 

4p 21 ◼ Leid deze betrekking af, onder andere met behulp van de evenwichtsvoorwaarden van de
evenwichten 2 en 3.

Ondanks de zeer kleine [PO43−] kunnen fosfaationen uit Coke toch met bepaalde metaalionen worden neergeslagen. Zo ontstaat bij toevoeging van een oplossing van lanthaan(III)nitraat (La(NO3)3) aan Coke een neerslag van het zeer slecht oplosbare lanthaan(III)fosfaat (LaPO4).

In een verzadigde oplossing van LaPO4 geldt bij 298 K: [La3+][PO43−] = 4,0⋅10−23

4p 22 ◼ Laat met een berekening zien dat bij menging van 50 mL Coke en 50 mL 0,10 M lanthaan(III)nitraatoplossing bij 298 K een neerslag van LaPO4 zal ontstaan. Ga er daarbij vanuit dat de pH van de oplossing, op het moment dat het neerslag begint te ontstaan, 2,64 bedraagt.

Van de slechte oplosbaarheid van LaPO4 wordt gebruik gemaakt bij één van de manieren om door titratie met natronloog de hoeveelheid fosforzuur in een frisdrank te bepalen. Nadat men eerst door koken het opgeloste koolstofdioxide uit een hoeveelheid frisdrank heeft verwijderd, voegt men een overmaat opgelost La(NO3)3 toe. Door het ontstaan van LaPO4 lopen de evenwichten 3, 2 en 1 volledig naar rechts af. Vervolgens bepaalt men door titratie met natronloog de dan aanwezige hoeveelheid H3O+.

Men heeft de bovenbeschreven bepaling uitgevoerd met een Colasoort die werd bereid met een andere hoeveelheid fosforzuur dan bij Coke.

Aan 50,0 mL van deze andere Colasoort werd, na enige tijd koken, 50,0 mL van een 0,10 M La(NO3)3 oplossing toegevoegd.

Het mengsel werd met 0,100 M natronloog getitreerd. Het eindpunt van de titratie was bereikt toen men 7,80 mL natronloog had toegevoegd.

4p 23 ◼ Bereken hoeveel mmol fosforzuur men bij de bereiding van 1,00 liter van deze Colasoort heeft gebruikt.

**Einde**