NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

**OPGAVEN VOORRONDE 2**

**af te nemen in de periode van**

**30 maart tot en met 3 april 2015**



****

* **Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 7 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 18 open vragen alsmede een uitwerkbijlage en een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.**
* **Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.**
* **Gebruik voor de beantwoording van elke opgave met open vragen een apart antwoordvel, voorzien van naam.**
* **De maximumscore voor dit werk bedraagt 94 punten.**
* **De voorronde duurt maximaal 3 klokuren.**
* **Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5e druk.**
* **Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.**
* **Als bij een vraag een afleiding, berekening, uitleg of verklaring wordt gevraagd, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze afleiding, berekening, uitleg of verklaring ontbreekt.**

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Olav Altenburg

Alex Blokhuis

Cees de Boer

Johan Broens

André Bunnik

Thijs Engberink

Peter de Groot

Jacob van Hengst

Martin Groeneveld

Dick Hennink

Emiel de Kleijn

Jasper Landman

Evert Limburg

Marte van der Linden

Arjan Linthorst

Han Mertens

Stan van de Poll

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers

1. Meerkeuzevragen (totaal 40 punten)

**Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.**

**Normering: 2 punten per juist antwoord**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Rekenen** | |
| **1** |  | Een verbinding van magnesium, fosfor en zuurstof bevat 21,9 massaprocent Mg, 27,7 massaprocent P en 50,4 massaprocent O.  Wat is de empirische formule van deze verbinding? | |
|  | **A** | MgPO2 | |
|  | **B** | MgPO3 | |
|  | **C** | MgP2O4 | |
|  | **D** | Mg2P2O7 | |
|  | **E** | Mg3(PO3)2 | |
|  | **F** | Mg3(PO4)2 | |
|  | **G** | Mg3P3O8 | |
|  |  |  | |
| **2** |  | Bij 80 °C en 5,0 atmosfeer neemt 13 g van een bepaald gas een volume in van 2,0 dm3.  Welk gas is dit? | |
|  | **A** | Argon | |
|  | **B** | chloor | |
|  | **C** | ethaan | |
|  | **D** | Fluor | |
|  |  |  | |
|  |  | **Analyse** | |
| **3** |  | Hieronder staan de IR spectra afgebeeld van benzeen, ethanol en propanon:    Welk spectrum hoort bij welke stof?  spectrum 1 spectrum 2 spectrum 3 | |
|  | **A** | benzeen ethanol propanon | |
|  | **B** | benzeen propanon ethanol | |
|  | **C** | ethanol benzeen propanon | |
|  | **D** | ethanol propanon benzeen | |
|  | **E** | propanon benzeen ethanol | |
|  | **F** | propanon ethanol benzeen | |
|  |  |  | |
| **4** |  | Men neemt twee keer een chromatogram op van een mengsel van gassen. Beide keren werd evenveel van het mengsel genomen. De tweede keer werd een kolom gebruikt die twee keer zolang is als de kolom die de eerste keer werd gebruikt. Alle overige omstandigheden waren hetzelfde.  Wat kun je zeggen over de pieken in het tweede chromatogram vergeleken met de pieken in het eerste chromatogram? | |
|  | **A** | de pieken in het tweede chromatogram zijn breder en hoger dan in het eerste chromatogram | |
|  | **B** | de pieken in het tweede chromatogram zijn breder en lager dan in het eerste chromatogram | |
|  | **C** | de pieken in het tweede chromatogram zijn smaller en hoger dan in het eerste chromatogram | |
|  | **D** | de pieken in het tweede chromatogram zijn smaller en lager dan in het eerste chromatogram | |
|  | **E** | de pieken in het tweede chromatogram zijn even breed een even hoog als in het eerste chromatogram | |
|  |  |  | |
|  |  | **Structuren en formules** | |
| **5** |  | | Van koolstofmonoöxide is een elektronenformule (Lewisstructuur) te tekenen waarin beide atomen aan de octetregel voldoen. Wat is de formele lading van het zuurstofatoom hierin? |
|  | **A** | | −2 |
|  | **B** | | −1 |
|  | **C** | 0 | |
|  | **D** | +1 | |
|  | **E** | +2 | |
|  |  |  | |
| **6** |  | In een molecuul hydrazine, N2H4, hebben de stikstofatomen *sp3* hybridisatie. Hoeveel π bindingen, σ bindingen en niet-bindende elektronenparen zitten er in een molecuul hydrazine? | |
|  |  | aantal π bindingen aantal σ bindingen aantal niet-bindende elektronenparen | |
|  | **A** | 0 4 2 | |
|  | **B** | 0 5 0 | |
|  | **C** | 0 5 2 | |
|  | **D** | 1 4 2 | |
|  | **E** | 1 5 0 | |
|  | **F** | 2 5 0 | |
|  |  |  | |
| **7** |  | Welke set quantumgetallen kan horen bij het buitenste elektron in een rubidiumatoom in de grondtoestand? | |
|  |  | *n* *l* *ml* *ms* | |
|  | **A** | 5 0 0 −½ | |
|  | **B** | 5 0 −1 ½ | |
|  | **C** | 5 1 0 ½ | |
|  | **D** | 5 1 −1 −½ | |
|  | **E** | 5 1 1 ½ | |
|  |  |  | |
| **8** |  | Onder welke omstandigheden gedraagt een gas zich het meeste als een ideaal gas? | |
|  | **A** | bij hoge temperatuur en hoge druk | |
|  | **B** | bij hoge temperatuur en lage druk | |
|  | **C** | bij lage temperatuur en hoge druk | |
|  | **D** | bij lage temperatuur en lage druk | |
|  |  |  | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | **pH / Zuur-base** | | |
| **9** |  | | PbBr2, PbCl2, PbF2 en PbI2 zijn allemaal slecht oplosbare zouten. Men heeft vier bekerglazen. Elk van deze vier bekerglazen bevat één van deze zouten in vaste vorm in contact met een verzadigde oplossing van dat zout. Bij welk van deze bekerglazen neemt de oplosbaarheid van het zout toe als salpeterzuur wordt toegevoegd? | | |
|  | **A** | | PbBr2 | | |
|  | **B** | | PbCl2 | | |
|  | **C** | | PbF2 | | |
|  | **D** | | PbI2 | | |
|  |  | |  | | |
| **10** |  | | Men heeft een 0,20 M oplossing van dichloorazijnzuur (dichloorethaanzuur). Hoeveel procent van van deze stof is geïoniseerd (298 K)? | | |
|  | **A** | | 7,8% | | |
|  | **B** | | 39% | | |
|  | **C** | | 50% | | |
|  | **D** | | 61% | | |
|  | **E** | | 78% | | |
|  | **F** | | 99% | | |
|  |  | |  | | |
| 11 |  | | Hoeveel mL 0,200 M oplossingen van salpeterigzuur en natriumnitriet zijn nodig om 250 mL van een bufferoplossing met pH = 3,00 te verkrijgen (298 K)? | | |
|  |  | | mL 0,200 M salpeterigzuur mL 0,200 M natriumnitriet | | |
|  | **A** | | 76 174 | | |
|  | **B** | | 90 160 | | |
|  | **C** | | 125 125 | | |
|  | **D** | | 160 90 | | |
|  | **E** | | 174 76 | | |
|  | |  | | |  |
|  | |  | | | **Redox en elektrolyse** |
| **12** | |  | | | Men elektrolyseert de volgende gesmolten zouten: aluminiumchloride, koper(II)chloride en natriumchloride. Men gebruikt in alle drie gevallen dezelfde stroomsterkte. In welk geval is het eerste 1,0 g metaal ontstaan? |
|  | | **A** | | | aluminiumchloride |
|  | | **B** | | | koper(II)chloride |
|  | | **C** | | | natriumchloride |
|  | | **D** | | | het duurt in alle drie gevallen even lang |
|  | |  | |  | |
| **13** | |  | | In een galvanische cel met het celdiagram Zn(s)⏐Zn2+(aq)⏐⏐H+(aq)⏐H2(g) is de [Zn2+]=1,00 molL−1. De cel heeft *V*bron = 0,64 V.  Wat is de pH in de waterstofhalfcel? De omstandigheden zijn 298 K en *p* = *p*0. | |
|  | | **A** | | −2,03 | |
|  | | **B** | | −1,02 | |
|  | | **C** | | 0,00 | |
|  | | **D** | | + 1,02 | |
|  | | **E** | | +2,03 | |
|  | | **F** | | +4,07 | |
|  | |  | |  | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 14 | |  | | Voor de reactie C3H8(g) + 5 O2(g) → 3 CO2(g) + 4 H2O(l) geldt  Δr*G*0=−2,11·106 Jmol−1. Hoe groot is de bronspanning van een brandstofcel die op deze reactie is gebaseerd? Ga uit van standaardomstandigheden.Voor het verband tussen de afname van de vrije enthalpie (gibbsenergie) en het potentiaalverschil geldt: Δr*G*0=−*nF*Δ*V*0. |
|  | | **A** | | 1,09 V |
|  | | **B** | | 2,18 V |
|  | | **C** | | 4,37 V |
|  | | **D** | | 21,8 V |
|  | |  | |  |
|  |  | | **Reactiesnelheid en evenwicht** | |
| **15** |  | | Voor de reactie NO2(g) + CO(g) → NO(g) + CO2(g) is aangetoond dat voor de reactiesnelheid geldt: *s*=*k*[NO2]2. Welk reactiemechanisme is hiermee in overeenstemming? | |
|  | **A** | | NO2 + NO2 → NO3 + NO langzaam  CO + NO3 → CO2 + NO2 snel | |
|  | **B** | | NO2 + NO2 NO3 + NO snel  CO + NO3 → CO2 + NO2 langzaam | |
|  | **C** | | NO2 → NO + O langzaam  CO + O → CO2 snel | |
|  | **D** | | NO2 NO + O snel  CO + O → CO2 langzaam | |
|  |  | |  | |
| **16** |  | | Beschouw het volgende evenwicht:  NH4HS(s) NH3(g) + H2S(g)  Voor de reactie naar rechts geldt Δ*H* > 0.  Welke van de volgende veranderingen leidt tot de instelling van een nieuw evenwicht met meer H2S?  I toevoeging van een kleine hoeveelheid NH4HS(s) II verhoging van de druk bij constante temperatuur III verhoging van de temperatuur bij constante druk | |
|  | **A** | | geen van de drie | |
|  | **B** | | alleen I | |
|  | **C** | | alleen II | |
|  | **D** | | alleen III | |
|  | **E** | | alleen I en II | |
|  | **F** | | alleen I en III | |
|  | **G** | | alleen II en III | |
|  | **H** | | alle drie | |
|  |  | |  | |
| **17** |  | | In welk van de volgende evenwichten is *Kc = K*p?  I C(s) + CO2(g) 2 CO(g)  II H2(g) + Cl2(g)  2 HCl(g) | |
|  | **A** | | geen van beide | |
|  | **B** | | alleen I | |
|  | **C** | | alleen II | |
|  | **D** | | Allebei | |
|  |  | |  | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **Koolstofchemie** |
| **18** |  | Er zijn tal van verbindingen met molecuulformule C4H8O. Een aantal daarvan is verzadigd en heeft de groep C−O−C in de moleculen. Hoeveel zijn dat er? Houd rekening met stereo-isomerie. |
|  | **A** | 5 |
|  | **B** | 6 |
|  | **C** | 7 |
|  | **D** | 8 |
|  | **E** | 9 |
|  | **F** | 10 |
|  | **G** | 11 |
|  |  |  |
| **19** |  | Is het onderstaande polymeer een additiepolymeer of een condensatiepolymeer en bestaat het uit één of uit twee verschillende monomeren? |
|  | **A** | additiepolymeer één monomeer |
|  | **B** | additiepolymeer twee monomeren |
|  | **C** | condensatiepolymeer één monomeer |
|  | **D** | condensatiepolymeer twee monomeren |
|  |  |  |
| **20** |  | Methoxyethaan kan onder andere op de volgende manieren worden gevormd:  I CH3OH + C2H5OH → CH3−O−C2H5 + H2O II CH3I + C2H5O−Na+ → CH3−O−C2H5 + NaI  Men voert beide reacties uit met een even groot aantal mol van elk van beide beginstoffen. In welk geval is de opbrengst aan methoxyethaan het grootst? Ga ervan uit dat beide reacties aflopend zijn. |
|  | **A** | in geval I |
|  | **B** | in geval II |
|  | **C** | in beide gevallen is de opbrengst even groot |
|  |  |  |

# Open opgaven (totaal 54 punten)

1. De Volhardtitratie (26 punten)

Eén van de methoden voor de bepaling van zilverionen in een oplossing is de Volhardtitratie. Daarbij wordt de oplossing die Ag+ bevat, getitreerd met een oplossing van kaliumthiocyanaat, KSCN. Tijdens de titratie treedt de volgende neerslagreactie op:

Ag+(aq) + SCN−(aq) AgSCN(s) (evenwicht 1)

Om het equivalentiepunt van de titratie vast te stellen, maakt men gebruik van het feit dat Fe3+ met SCN− reageert onder vorming van Fe(SCN)2+, wat aan de oplossing een rode kleur geeft. Daartoe wordt aan het begin van de titratie een kleine hoeveelheid opgelost ijzer(III)ammoniumsulfaatdodecahydraat als indicator toegevoegd.   
Fe3+ en SCN− reageren als volgt met elkaar:

Fe3+(aq) + SCN−(aq) Fe(SCN)2+(aq) (evenwicht 2)

De titratie moet in zuur milieu worden uitgevoerd.

1. Geef aan waarom de titratie niet in basisch milieu kan worden uitgevoerd. 1

Men heeft vastgesteld dat de rode kleur van het Fe(SCN)2+ goed zichtbaar is als [Fe(SCN)2+]=6,4·10−6 molL−1 is. Met behulp van dit gegeven kan worden berekend hoe groot de [Fe3+] in het equivalentiepunt moet zijn bij een Volhardtitratie en hoeveel ijzer(III)ammoniumsulfaatdodecahydraat aan het begin van de titratie moet worden toegevoegd, om er voor te zorgen dat men zo dicht mogelijk bij het equivalentiepunt stopt met titreren.  
In het equivalentiepunt van de titratie geldt: [Ag+] = [SCN−] + [Fe(SCN)2+].

1. Leg dit uit. 3
2. Bereken de [Fe3+] in het equivalentiepunt van de Volhardtitratie. Gebruik gegevens uit Binas. 4
3. Bereken hoeveel gram (opgelost) ijzer(III)ammoniumsulfaatdodecahydraat aan het begin moet worden toegevoegd bij de titratie van 50 mL 0,050 M AgNO3 oplossing met een 0,10 M KSCN oplossing. IJzer(III)ammoniumsulfaatdodecahydraat bevat 12 mol kristalwater per mol Fe3+. Ga er bij deze berekening vanuit dat tijdens de titratie de wand van de erlenmeyer niet met gedestilleerd water wordt afgespoeld en dat het volume van de toegevoegde oplossing van ijzer(III)ammoniumsulfaatdodecahydraat te verwaarlozen is. 6

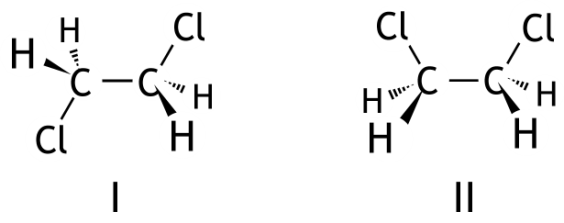
Een voorbeeld van een bepaling waarbij een Volhardtitratie wordt toegepast, is de bepaling van de zuiverheid van kaliumboorhydride, KBH4. Deze stof wordt vaak in organische syntheses gebruikt. Bij zo’n bepaling is 0,3405 g vaste stof opgelost in water en aangevuld tot 250,0 mL. Uit deze oplossing werd 50,00 mL gepipetteerd en overgebracht in een erlenmeyer. Vervolgens werd 50,00 mL 0,1978 M zilvernitraatoplossing toegevoegd. Er trad een redoxreactie op waarbij het BH4− werd omgezet tot H2BO3−. Tevens ontstond vast zilver. Tenslotte werd de overmaat zilverionen getitreerd met een 0,0512 M kaliumthiocyanaatoplossing. Daarvan was 1,36 mL nodig.

1. Geef de vergelijking van de halfreactie van het BH4−. 3
2. Bereken het massapercentage KBH4 in de onderzochte vaste stof. 6

Meestal wordt, vanwege de kleur van het Fe3+, bij een Volhardtitratie minder indicator toegevoegd dan in vraag 4 is berekend. Maar de toegevoegde hoeveelheid indicator mag niet veel kleiner zijn. Anders wordt een onjuiste uitkomst verkregen.

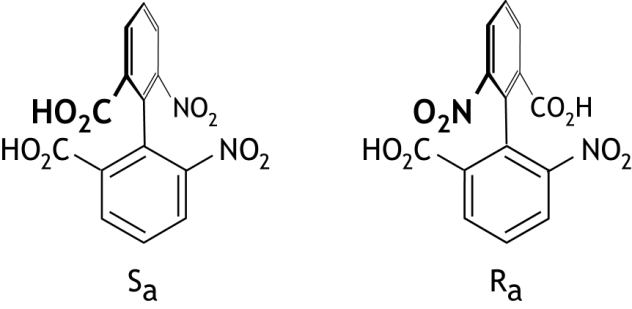
1. Leg uit of in de KBH4 bepaling dan een te hoog of een te laag percentage wordt verkregen. 3
2. Atropisomeren (12 punten)

Onderstaande structuren I en II van 1,2‑dichloorethaan worden conformeren genoemd.



In het algemeen zijn conformeren niet van elkaar te scheiden: men kan geen aparte monsters 1,2‑dichloorethaan verkrijgen waarin alle moleculen als structuur I of als structuur II voorkomen. Conformeren zijn dus geen isomeren.

Atropisomeren zijn conformeren die, beneden een bepaalde temperatuur, wel gescheiden van elkaar als zuivere stof kunnen voorkomen. Een voorbeeld van atropisomerie vinden we bij de stof 6,6’-dinitro-2,2’-dibenzeencarbonzuur, de structuren Sa en Ra in onderstaande figuur.



1. Leg uit waarom de conformeren van 1,2-dichloorethaan niet als aparte stof gescheiden van elkaar kunnen bestaan, maar Sa en Ra wel. 2

Bij verhoogde temperatuur kan Sa echter wel worden omgezet tot Ra. Er stelt zich uiteindelijk een evenwicht in:

Sa Ra

De instelling van het evenwicht is te volgen met behulp van een polarimeter. Dat komt omdat zowel zuiver Sa als zuiver Ra optisch actief is.

1. Geef aan waarom zowel zuiver Sa als zuiver Ra optisch actief is. 1
2. Wat is draaiingsrichting van het gepolariseerde licht als het evenwicht zich heeft ingesteld? Geef een verklaring voor je antwoord. 3

De omzetting van Sa tot Ra is een eerste orde reactie. De halveringstijd bij 300 K voor de reactie Sa → Ra is 1,0·103 seconden.

1. Bereken de reactiesnelheidsconstante *k* bij deze temperatuur. 3

Voor de reactie Sa → Ra is de activeringsenergie +9,3·104 Jmol−1.   
Alex beweert dat Sa en Ra op de planeet Venus niet als aparte stoffen kunnen voorkomen. De temperatuur aan het oppervlak van Venus is 735 K.

1. Bereken de halveringstijd van de reactie Sa → Ra aan het oppervlak van Venus. Maak hierbij onder andere gebruik van de formule van Arrhenius. 2
2. Leg uit of Alex gelijk heeft. 1
3. Olympisch vuur (16 punten)

In Turkije, bij de oude havenplaats Olympos, ten zuidwesten van Antalya, ligt een gebied waar al duizenden jaren uit spleten in de aarde vuur tevoorschijn komt. Men neemt aan dat deze vuren de oorsprong zijn van het Olympisch vuur.

Het vuur ontstaat doordat zich in de aardkorst een gasmengsel vormt dat hoofdzakelijk bestaat uit methaan, dat in de buitenlucht ontbrandt.

Het methaan is voor een belangrijk deel abiotisch van oorsprong. Dit wil zeggen dat het niet in een biochemisch proces ontstaat.

Aangenomen wordt dat het methaan ontstaat uit koolstofdioxide en waterstof:

CO2(g) + 4 H2(g) → CH4(g) + 2 H2O(g) (reactie 1)

1. Bereken de minimale temperatuur waarbij reactie 1 optreedt. Maak hierbij gebruik van gegevens uit Binas. 5

De omstandigheden ter plaatse wijken maar weinig af van standaardomstandigheden. Dan zou reactie 1 niet kunnen optreden.

1. Geef een mogelijke verklaring waarom reactie 1 toch optreedt. 2

De waterstof die voor reactie 1 nodig is, ontstaat onder andere door een zogenoemde serpentinisatiereactie van het mineraal olivijn. Hierbij reageert het olivijn met het mineraal enstatiet en water onder vorming van waterstof en de mineralen lizardiet en magnetiet.

Olivijn bestaat uit ionen Fe2+, Mg2+ en SiO44− en kan worden weergegeven met de formule Fe*x*MgySiO4. De exacte samenstelling van olivijn verschilt per plaats.

Enstatiet is magnesiumsilicaat: MgSiO3; het bestaat uit ionen Mg2+ en SiO32−.

Lizardiet heeft de formule Mg3Si2O5(OH)4; het bestaat uit Mg2+ ionen en bovendien ionen Si2O52− en OH−.

De formule van magnetiet is Fe3O4; de stof wordt ook vaak weergegeven als FeO.Fe2O3.

1. Geef de elektronenformules (Lewisstructuren) van SiO32− en Si2O52−. Zet de formele ladingen hierin op de juiste plaats. In het SiO32− ion is Si het centrale deeltje; in   
   het Si2O52− ion is elke Si aan 3 O’s gebonden. 4

In een tijdschrift staat in een artikel over het ontstaan van het ‘Olympisch vuur’ de volgende reactievergelijking voor de vorming van waterstof:

1,2 olivijn + 0,7 enstatiet + 2,1 H2O → lizardiet + 0,04 magnetiet + 0,08 H2  
 (reactie 2)

Als er vanuit wordt gegaan dat de coëfficiënten voor olivijn, enstatiet, lizardiet en magnetiet juist zijn (en dat de geringe afwijking in de Si balans wordt veroorzaakt door afrondingseffecten), kunnen de waardes van *x* en *y* in Fe*x*MgySiO4 worden berekend.

1. Geef die berekening. Rond de waardes van *x* en *y* af op één decimaal. 2

De vorming van waterstof wordt verklaard doordat Fe2+ dat in het olivijn zit in een redoxreactie met water reageert.

1. Ga na of het mogelijk is dat in reactie 2 magnetiet en waterstof in de molverhouding 1:2 ontstaan. 3

**36e Nationale Scheikundeolympiade 2015 voorronde 2**

**Antwoordblad meerkeuzevragen**

# naam:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| nr. | keuze  letter | (score) |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 |  |  |
| 5 |  |  |
| 6 |  |  |
| 7 |  |  |
| 8 |  |  |
| 9 |  |  |
| 10 |  |  |
| 11 |  |  |
| 12 |  |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 |  |  |
| 17 |  |  |
| 18 |  |  |
| 19 |  |  |
| 20 |  |  |
|  | totaal |  |