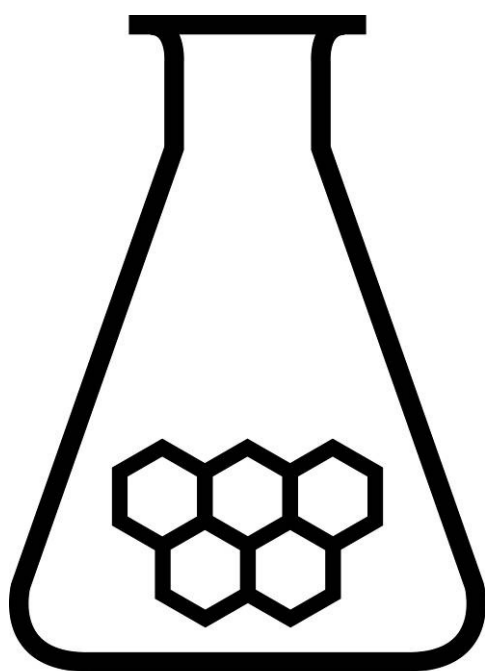


NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

OPGAVEN VOORRONDE 2

(de week van)
woensdag 9 april 2008



Universiteit Utrecht

SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 23 meerkeuzevragen verdeeld over 6 onderwerpen en 2 open vragen met in totaal 10 deelvragen en een antwoordblad voor de meerkeuzevragen
- Gebruik voor elke opgave (met open vragen) een apart antwoordvel, voorzien van naam
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 66 punten
- De voorronde duurt maximaal 2 klokuren
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5^e druk
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert

Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 31 punten)

normering: 1 of 2 punten per juist antwoord (Vul bij elke vraag je antwoord(letter) op het antwoordblad in)

Koolstofchemie

1pt 1 Welke algemene brutoformule heeft de homologe reeks van de alkyne?

- A C_nH_{2n-2}
- B C_nH_{2n}
- C C_nH_{2n+2}
- D C_nH_{2n+4}

1pt 2 Hoeveel structuurisomeren heeft dichloorpropan, $C_3H_6Cl_2$?

- A 4
- B 5
- C 6
- D een ander aantal

1pt 3 Hoeveel σ -bindingen heeft een molecuul etheen?

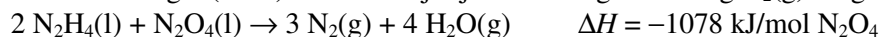
- A 1
- B 4
- C 5
- D 7

Thermodynamica/warmteleer

1pt 4 Bij welke reactie neemt de entropie toe?

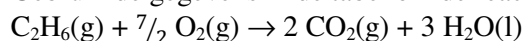
- A $2 C(s) + O_2(g) \rightarrow 2 CO(g)$
- B $2 H_2S(g) + SO_2(g) \rightarrow 3 S(s) + 2 H_2O(g)$
- C $4 Fe(s) + 3 O_2(g) \rightarrow 2 Fe_2O_3(s)$
- D $CO(g) + 2 H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$

1pt 5 Hoeveel energie (in kJ) komt er vrij bij de vorming van 140 g $N_2(g)$ volgens:



- A 1078
- B 1797
- C 3234
- D 5390

2pt 6 Gebruik de gegevens in de tabel om de reactie-enthalpie ΔH_r° (kJ) te berekenen van:



reactie	standaard vormingsenthalpie ΔH_v° (kJ mol ⁻¹)
$2 C(s) + 3 H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$	-84,7
$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$	-393,5
$H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$	-285,8

- A -764
- B -1560
- C -1664
- D -3120

Structuur

1pt 7 Welke overgang in een waterstofatoom levert een foton met de meeste energie?

- A $n = 3 \rightarrow n = 1$
- B $n = 5 \rightarrow n = 3$
- C $n = 12 \rightarrow n = 10$
- D $n = 22 \rightarrow n = 20$

- 1pt 8 Hoeveel orbitalen zijn er in de grondtoestand van een zuurstofatoom helemaal gevuld?
- A** 1
B 2
C 3
D 4
- 2pt 9 Hoeveel ongepaarde elektronen heeft $\text{Co}^{3+}(\text{g})$ in zijn grondtoestand?
- A** 0
B 2
C 4
D 6
- 1pt 10 Welk deeltje heeft sp^2 gehybridiseerde C atomen?
- A** C_2H_2
B C_2H_4
C C_3H_8
D C_4H_{10}
- 1pt 11 Wat is de juiste volgorde bij het opvullen van subshillen in de grondtoestand?
- A** $3s3p3d$
B $3p4s3d$
C $3d4s4p$
D $4p4d4f$
- 2pt 12 Welke elektronenformule geeft het thiocynaation, SCN^- , het beste weer?
- A** $\left[\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \text{S} - \text{C} \equiv \text{N} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \right]^-$
B $\left[\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \text{S} = \overset{\cdot\cdot}{\text{C}} - \text{N} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \right]^-$
C $\left[\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \text{S} = \overset{\cdot\cdot}{\text{C}} - \overset{\cdot\cdot}{\text{N}} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \right]^-$
D $\left[\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \text{S} = \text{C} = \overset{\cdot\cdot}{\text{N}} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \right]^-$
- 1pt 13 In welk deeltje voldoet het centrale atoom aan de octetregel?
- A** XeF_4
B SF_4
C SiF_4
D ClF_4^-

Reactie en evenwicht

- 1pt 14 De reactie $3 \Gamma(\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_3^-(\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ levert de volgende kinetische gegevens op.

experiment	$[\Gamma]$, mol L ⁻¹	$[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$, mol L ⁻¹	s_{rel}
1	0,0010	0,0010	1
2	0,0020	0,0010	2
3	0,0020	0,0020	4

Wat is de reactiesnelheidsvergelijking?

- A** $s = k [\Gamma][\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$
B $s = k [\Gamma]^2[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$
C $s = k [\Gamma]^3[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$
D $s = k [\Gamma]^2[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^2$
- 1pt 15 Welke verandering(en) zorgt/t/en voor een toename van de fractie $\text{SO}_3(\text{g})$ in het evenwicht $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H^\circ < 0$
1. Verhogen van de druk
 2. Verhogen van de temperatuur
 3. Toevoegen van een katalysator
- A** alleen 1
B alleen 3
C alleen 1 en 3
D alleen 1, 2 en 3

Zuren en basen

- 2pt 16 Bereken pH in een 0,10 M ascorbinezuuroplossing, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq})$.

$$K_2(\text{ascorbinezuur}) = 8,0 \cdot 10^{-5}$$

- A** 2,28
B 2,40
C 2,55
D 5,10
- 2pt 17 Welke 0,10 M oplossing van onderstaande zouten is het zuurst?
- A** FeCl_3
B $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$
C NaCN
D KNO_3

- 1pt 18 Wat kun je het beste doen, als je een paar druppels geconcentreerd zoutzuur op je hand gekregen hebt?
- A** De druppels afdekken met vast natriumwaterstofcarbonaat.
B De hand omwikkelen met steriel verbandgaas
C Rijkelijk met koud water spoelen.
D Spoelen met geconcentreerde natronloog.

Redoxreacties

- 2pt 19 Welke reactie treedt bij elektrolyse van een KCl -oplossing aan de plus-pool op?

- A** $2 \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^-$
B $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
C $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$
D $\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{K}(\text{s})$

2pt 20 Zet eerst de juiste coëfficiënten voor de deeltjes in onderstaande reactievergelijking:
 $\text{MnO}_4^- + \text{NO}_2^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
 Welke coëfficiënt heeft H^+ ?

- A 1
- B 6
- C 8
- D 16

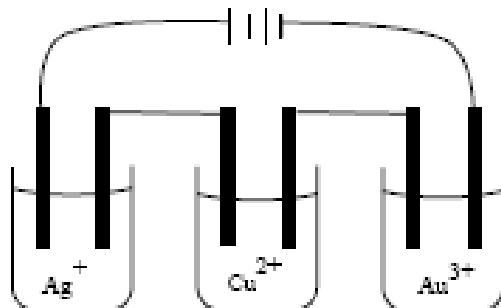
1pt 21 Een elektrochemische cel waarin tijdens stroomlevering reactie:
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{M}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{M}^{2+}(\text{aq})$ heeft een bronspanning $\Delta V^\circ = 0,75 \text{ V}$.
 $V^\circ(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = 0,34 \text{ V}$.
 $V^\circ(\text{M}/\text{M}^{2+})$ (in V) is:

- A -1,09
- B -0,41
- C 0,41
- D 1,09

1pt 22 Bij welke van onderstaande schematische reacties is het chroombevattend deeltje de reductor?

- A $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_4^-$
- B $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$
- C $\text{CrO}_3 \rightarrow \text{CrOF}_3$
- D $2 \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

2pt 23 Hieronder staat een schematische weergave van een coulometer (ladingmeter)



Na stroomdoorgang is de minpool in de koperoplossing 2,12 g zwaarder geworden.
 Hoe groot is de massaverandering bij de andere minpolen?

- A 1,80 g Ag, 4,93 g Au
- B 1,80 g Ag, 9,85 g Au
- C 3,60 g Ag, 6,57 g Au
- D 7,20 g Ag, 4,38 g Au

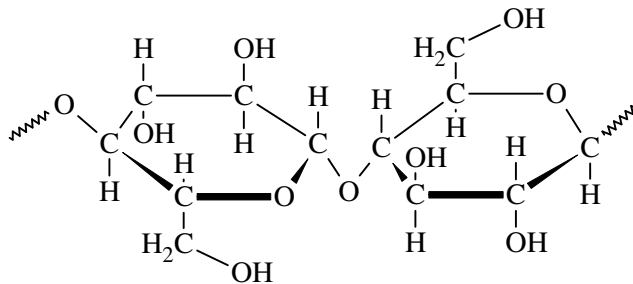
Open opgaven (totaal 35 punten)

Opgave 2 Slopen met zuur water

(20 punten)

Papier bevat cellulose, een biopolymeer van glucose. Cellulose kan worden weergegeven met de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$. Cellulose wordt langzaam gehydrolyseerd wanneer het vochtig wordt. Door H^+ ionen wordt de hydrolyse versneld. Er ontstaan breuken in de cellulosemoleculen. Hierdoor neemt de gemiddelde waarde van n af. Het papier gaat in kwaliteit achteruit, het wordt bros en kan op den duur uit elkaar vallen.

Hieronder is een stukje uit een cellulosemolecuul in structuurformule weergegeven.



- 1 Teken de structuurformules van de fragmenten die ontstaan als in dit stukje door hydrolyse een breuk optreedt. 4

Het in papier aanwezige zuur ontstaat voor een deel door een reactie van zwaveldioxide uit de lucht met stoffen in het papier.

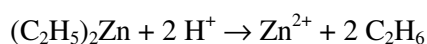
Sommige papersoorten bevatten echter zelf ook zuur. Bij de fabricage van dat papier is een oplossing van aluminiumsulfaat gebruikt. Van deze oplossing, die een pH kleiner dan 7 heeft, blijft iets in het papier achter.

- 2 Geef de reactievergelijking waaruit blijkt dat een oplossing van aluminiumsulfaat een pH heeft die kleiner is dan 7. 3

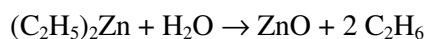
Als de hoeveelheid zuur in het papier van een boek te hoog is, kan men dit boek ontzuren. Een verdere afbraak van het boek wordt dan voorkomen. Er is een ontzuringproces ontwikkeld dat gebruik maakt van gasvormig diethylzink (DEZ): $(C_2H_5)_2Zn$. In een tank die hermetisch kan worden afgesloten, worden de boeken zo geplaatst dat het gas op het papier kan inwerken. De tank wordt vacuüm gezogen. Daarna wordt bij $25^\circ C$ gasvormig DEZ in de tank toegelaten tot de druk $0,025$ bar is. De tank heeft een inhoud van 190 m³, de boeken in de tank nemen een volume van 125 m³ in.

- 3 Bereken hoeveel kg DEZ nodig is om de tank te vullen tot $0,025$ bar (298 K). Neem hierbij aan dat tijdens het vullen van de tank het DEZ nog niet met het papier reageert. 4

De ontzuring door DEZ blijkt uit de volgende vergelijking:



DEZ reageert ook met water dat in het papier aanwezig is:



- 4 Leg aan de hand van de twee gegeven reactievergelijkingen uit of de druk in de tank tijdens de DEZ-behandeling afneemt, gelijk blijft of toeneemt. 3

Het zinkoxide in het papier beschermt het papier langere tijd tegen verzuring. Het is na een DEZ-behandeling van belang om te weten hoeveel zinkoxide het papier bevat. Een voorschrift voor de bepaling daarvan is:

Droog één gram van het ontzuren papier en weeg het daarna nauwkeurig af. Breng het over in een erlenmeyer van 150 mL en voeg $30,00$ mL $0,100$ M zoutzuur toe. Kook gedurende één minuut. Voeg 5 tot 7 druppels methyloordoplossing toe. Titreer het nog aanwezige zoutzuur met $0,100$ M natronloog tot de oplossing geel kleurt.

Bij een bepaling volgens dit voorschrift bleek dat voor 0,945 g gedroogd papier 25,2 mL natronloog nodig was.

- 5 Bereken het massapercentage zinkoxide in dit gedroogde papier.

6

Opgave 3 Zo beweeglijk als water

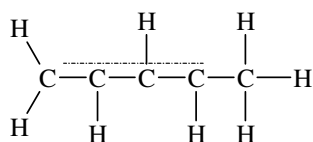
(15 punten)

De reactiewarmte van de additie van waterstof aan propene, aan de butenen en aan de pentenen bedraagt steeds ongeveer -127 kJ per mol alkeen. De warmte van de volledige hydrogenering van 1,4-pentadien bedraagt het dubbele: -254 kJ per mol 1,4-pentadien.

- 6 Leg uit dat mag worden verwacht dat de warmte van de volledige hydrogenering van 1,4-pentadien twee keer zo groot is als die van de andere genoemde alkenen.

2

De reactiewarmte bij volledige hydrogenering van 1,3-pentadien bedraagt echter -226 kJ per mol 1,3-pentadien. De reactie is dus 28 kJ per mol minder exotherm dan bij 1,4-pentadien. Anders gezegd: 1,3-pentadien is 28 kJ per mol stabielere dan 1,4-pentadien. Deze stabilisatie kan worden toegeschreven aan de aanwezigheid van elektronen, die in het molecuul minder plaatsgebonden zijn dan de overige elektronen. Deze minder plaatsgebonden elektronen noemt men 'gedelokaliseerde' elektronen. In de formule van 1,3-pentadien kan men dit als volgt weergeven:

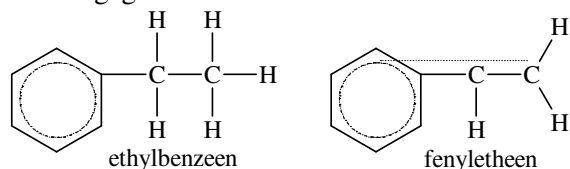


De stippellijn geeft aan waar de gedelokaliseerde elektronen zich in het molecuul kunnen bevinden. Een dergelijke delocalisatie van elektronen doet zich niet voor als in een molecuul de dubbele bindingen door meer dan één enkele binding zijn gescheiden.

De reactiewarmte van de hydrogenering van fenyletheen tot ethylbenzeen is -119 kJ per mol fenyletheen.

Voor propene is deze reactiewarmte, zoals reeds eerder vermeld, -127 kJ per mol. Dit verschil kan eveneens verklaard worden met delocalisatie van elektronen.

Anders dan bij ethylbenzeen beperkt de delocalisatie van de elektronen bij fenyletheen zich niet alleen tot de benzeenring, maar strekt zich ook uit over de zijketen, zoals in onderstaande structuurformules is weergegeven:

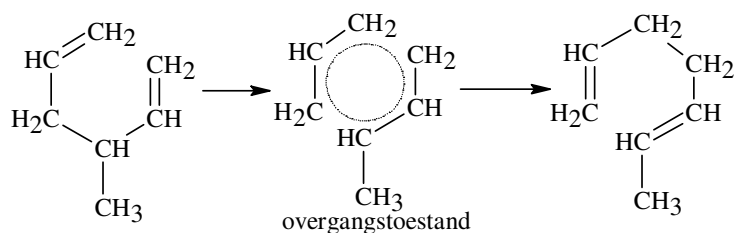


Bij 3-fenyl-1-propene kan de delocalisatie zich niet over de zijketen uitbreiden omdat de benzeenring en de dubbele binding door meer dan één enkele binding zijn gescheiden.

- 7 Teken van 1-fenyl-1,3,5-hexatrien de structuurformule waarin de delocalisatie van elektronen is aangegeven.

2

Als men 3-methyl-1,5-hexadien voldoende hoog verhit, wordt 1,5-heptadien gevormd. Tijdens deze reactie ontstaan geen andere producten. Verondersteld wordt dat deze reactie berust op omlegging in het molecuul waarbij in een overgangstoestand zes C atomen een ring vormen, bijgehouden door zes gedelokaliseerde elektronen:

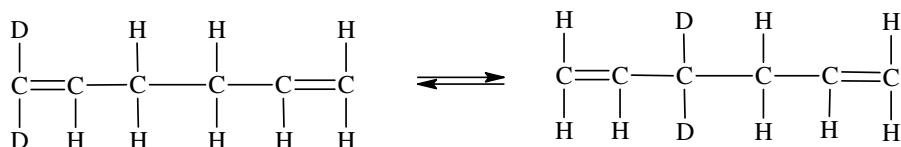


Ook hier is met een stippellijn aangegeven waar de gedelokaliseerde elektronen zich kunnen bevinden. Het beschreven mechanisme is voorgesteld door Cope en medewerkers. Zij voerden een groot aantal van dergelijke 'Cope-omleggingen' uit. Steeds weer werd gevonden dat slechts één nieuwe stof wordt gevormd.

- 8 Geef de structuurformule van het product dat ontstaat bij de Cope-omlegging van 3,4-dimethyl-1,5-hexadien.

4

Cope-omleggingen zijn in veel gevallen omkeerbaar. De ligging van het evenwicht dat zich instelt, wordt bepaald door de stabiliteiten van het beginproduct en de gevormde stof. Een bevestiging hiervan werd gevonden door een Cope-omlegging uit te voeren met 1,5-hexadien waarin de H atomen aan het eerste C atoom vervangen waren door deuteriumatomen (H-2 atomen ook wel aangeduid met de letter D):



Dit evenwicht heeft een evenwichtsconstante $K = 1$.

Bij de Cope-omlegging van 3-fenyl-1,5-hexadien ontstaat een evenwicht waarbij ook 1-fenyl-1,5-hexadien aanwezig is. Dit evenwicht ligt verder naar rechts dan het evenwicht dat ontstaat bij de Cope-omlegging van gedeuteerd 1,5-hexadien.

- 9 Leg uit dat mag worden verwacht, dat het evenwicht dat ontstaat bij de Cope-omlegging van 3-fenyl-1,5-hexadien tot 1-fenyl-1,5-hexadien, meer naar rechts ligt dan het evenwicht dat ontstaat bij de Cope-omlegging uitgaande van gedeuteerd 1,5-hexadien.

4

De Cope-omlegging van 3-fenyl-1,5-hexadien verloopt sneller dan die van gedeuteerd 1,5-hexadien. Dit is te verklaren met de grootte van de activeringsenergie. Immers hoe kleiner de activeringsenergie des te groter is de reactiesnelheid.

- 10 Leg uit dat mag worden verwacht, dat de activeringsenergie bij de Cope-omlegging van 3-fenyl-1,5-hexadien kleiner is dan die bij de Cope-omlegging van gedeuteerd 1,5-hexadien.

3

naam:

Antwoordblad meerkeuzevragen van voorronde 2 van de Nationale Scheikundeolympiade 2008

	nr.	keuze letter	
1pt	1		
1pt	2		
1pt	3		
1pt	4		
1pt	5		
2pt	6		
1pt	7		
1pt	8		
2pt 1pt	9		
1pt	10		
1pt	11		
2pt 1pt	12		
1pt	13		
1pt	14		
1pt	15		
2pt	16		
2pt	17		
1pt	18		
2pt	19		
2pt	20		
1pt	21		
1pt	22		
2pt	23		
	totaal		