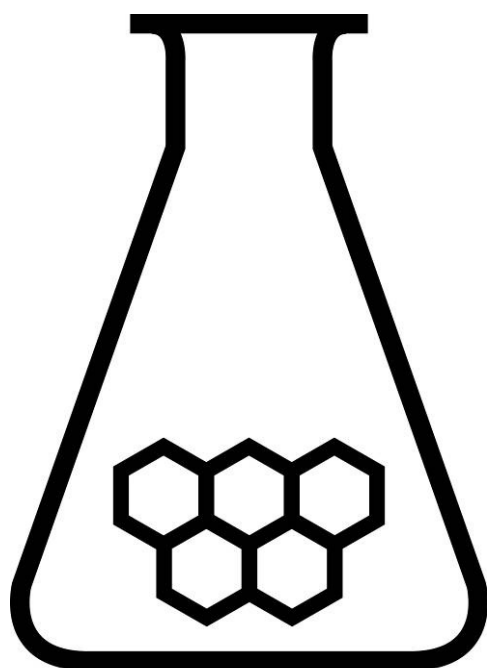


NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

OPGAVEN VOORRONDE 1

(de week van)
woensdag 6 februari 2008



Universiteit Utrecht

SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 25 meerkeuzevragen verdeeld over 5 onderwerpen en 4 open vragen met in totaal 14 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 100 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

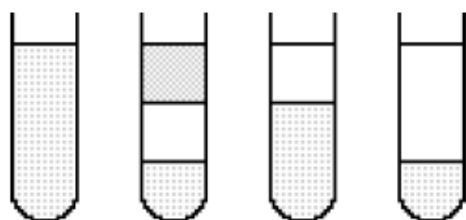
Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 50 punten)

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

Koolstofchemie

- 1 Het oxidatieproduct van een primaire alcohol is:
A aldehyd
B alkeen
C ester
D keton
- 2 Hoeveel waterstofatomen bevat 1 molecuul propaan?
A 3
B 4
C 6
D 8
- 3 C_5H_{12} is de formule van?
A één verbinding
B twee verbindingen
C drie verbindingen
D vier verbindingen
E vijf verbindingen
- 4 Welke van onderstaande verbindingen vertoont *cis-trans*isomerie?
A 1-chloorpropaan
B 1,4-dichloorbenzeen
C dichlooreethyn
D 1,2-dichloorpropaan
- 5 Hexaan is niet mengbaar met water en ethanol. Water en ethanol zijn volkomen mengbaar. Hexaan heeft de kleinste dichtheid. Welke figuur geeft het eindresultaat weer na schudden van gelijke volumes van deze drie vloeistoffen in een reageerbuis (rb)?
rb 1 2 3 4



- A 1
B 2
C 3
D 4
- 6 In welke van onderstaande rangschikkingen staan de verbindingen C_3H_8 , CH_3CH_2OH en CH_3OCH_3 (met ongeveer gelijke molecuulmassa) naar toenemende sterkte van de intermoleculaire binding.
A C_3H_8 , CH_3CH_2OH , CH_3OCH_3
B C_3H_8 , CH_3OCH_3 , CH_3CH_2OH
C CH_3CH_2OH , C_3H_8 , CH_3OCH_3
D CH_3CH_2OH , CH_3OCH_3 , C_3H_8
E CH_3OCH_3 , C_3H_8 , CH_3CH_2OH
F CH_3OCH_3 , CH_3CH_2OH , C_3H_8

Structuur

- 7 Welk van onderstaande vaste stoffen heeft een molecuulrooster?
- A ammoniumnitraat
 - B diamant
 - C jood
 - D nikkel
 - E siliciumdioxide
- 8 Welke van onderstaande verbindingen heeft zowel atoom- als ion-bindingen?
I. BaSO₄ II. Ca(NO₃)₂ III. NH₄Cl
- A I
 - B II
 - C III
 - D I en II
 - E I en III
 - F II en III
 - G I, II en III
- 9 De ionbinding kan opgevat worden als een extreem polaire atoombinding. Welke binding heeft het meest het karakter van een ionbinding?
- A de binding tussen Al en As
 - B de binding tussen Al en N
 - C de binding tussen Al en O
 - D de binding tussen Al en Se
- 10 In welk van onderstaande rijtjes hebben de deeltjes evenveel elektronen?
- A Fe²⁺, Co²⁺, Ni²⁺
 - B K⁺, Cl⁻, S²⁻
 - C Li⁺, Na⁺, K⁺
 - D Mg, Ca, Sr

Reactie en evenwicht

- 11 Onder bepaalde omstandigheden reageren waterstofjodide (HI) en joodethaan (C₂H₅I) met elkaar onder vorming van ethaan (C₂H₆) en jood (I₂). Men heeft experimenten uitgevoerd om na te gaan hoe de reactiesnelheid afhangt van HI en C₂H₅I. Onderstaande tabel bevat enkele resultaten van dit onderzoek.

experiment	[HI], mol L ⁻¹	[C ₂ H ₅ I], mol L ⁻¹	$\frac{\Delta[I_2]}{\Delta t}$ mol L ⁻¹ s ⁻¹
1	0,010	0,010	1,2 · 10 ⁻⁵
2	0,010	0,020	2,4 · 10 ⁻⁵
3	0,020	0,020	4,8 · 10 ⁻⁵

Wat is de reactiesnelheidsvergelijking?

- A $s = k [\text{HI}]$
 - B $s = k [\text{C}_2\text{H}_5\text{I}]$
 - C $s = k [\text{HI}] [\text{C}_2\text{H}_5\text{I}]$
 - D $s = k [\text{HI}]^2 [\text{C}_2\text{H}_5\text{I}]^2$
- 12 Voor een bepaalde reactie is de snelheidsvergelijking $s = k [\text{A}] [\text{B}]^2$. Op tijdstip t_1 maakt men de concentratie van A tweemaal zo groot en B tweemaal zo klein. Met welke factor verandert op t_1 de reactiesnelheid?
- A $\frac{1}{2}$
 - B 1
 - C 2
 - D 3

- 13 Voor reactie $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ geldt, bij $T < 500 \text{ K}$, de snelheidsvergelijking $s = k [\text{NO}_2]^2$.
Welk mechanisme is hiermee in overeenstemming?
- Mechanisme 1 $\text{NO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3 + \text{NO}$ langzaam
 $\text{CO} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{NO}_2$ snel
- Mechanisme 2 $\text{NO}_2 + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_3 + \text{NO}$ snel
 $\text{CO} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{NO}_2$ langzaam
- A alleen 1
B alleen 2
C zowel 1 als 2
D geen van beide

- 14 Het systeem $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ met reactiewarmte $\Delta H = + 51,8 \text{ kJ}$ is in evenwicht.
Hoe zou je de hoeveelheid $\text{HI}(\text{g})$ kunnen verhogen?
I verhogen druk II verhogen temperatuur
- A alleen I
B alleen II
C Zowel I als II
D Geen van beide

Evenwicht bij zuren

- 15 De ionisatie van benzeencarbonzuur wordt gegeven door:
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})$.
In een $0,045 \text{ M}$ oplossing van dit zuur is $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. Bereken K_z van benzeencarbonzuur.
- A $3,8 \cdot 10^{-2}$
B $7,7 \cdot 10^{-5}$
C $6,7 \cdot 10^{-5}$
D $6,4 \cdot 10^{-5}$
E $1,3 \cdot 10^{-10}$
- 16 De evenwichtsconstante van reactie $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$ is kleiner dan 1.
Wat is de sterkste base in dit systeem?
- A $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
B CN^-
C HCN
D $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$
- 17 Lood(II)bromide (PbBr_2), lood(II)chloride (PbCl_2), lood(II)fluoride (PbF_2) en lood(II)jodide (PbI_2) zijn allemaal slecht oplosbaar in water. Van welk van deze loodzouten zal de oplosbaarheid bij aanzuren toenemen?
- A PbBr_2
B PbCl_2
C PbF_2
D PbI_2
- 18 Welke pH heeft een $0,070 \text{ M}$ mierenzuuroplossing?
- A 0,85
B 1,15
C 2,45
D 2,46

- 19 Welke 0,10 M oplossing van onderstaande zouten in water heeft de laagste pH?
- A NaCl
 - B NaNO₂
 - C NH₄Cl
 - D NH₄NO₂

Rekenwerk

- 20 Wat is de verhoudingsformule van een mangaanoxide dat 2,29 g Mn per g O bevat.
- A Mn₃O₂
 - B MnO
 - C Mn₂O₃
 - D MnO₂
 - E MnO₃
- 21 Als men 2,4 g NaCl(s) toevoegt aan 0,10 L 0,10 M Pb(NO₃)₂ ontstaat een heterogeen systeem. Welk van onderstaande deeltjes heeft de hoogste concentratie?
- A Cl⁻(aq)
 - B Na⁺(aq)
 - C NO₃⁻(aq)
 - D Pb²⁺(aq)
- 22 De massafractie stikstof in ammoniumdiwaterstoffosfaat is:
- A 14 / 210
 - B 14 / 115
 - C 14 / 97
 - D 28 / 132
 - E 28 / 115
 - F 28 / 96
- 23 Oxaalzuur, H₂C₂O₄, reageert met permanganaat, MnO₄⁻ volgens
 $5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) + 2 \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 6 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 10 \text{CO}_2(\text{g}) + 8 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Hoeveel mL 0,0154 M KMnO₄ oplossing is nodig voor reactie met 25,0 mL 0,0208 M H₂C₂O₄ oplossing?
- A 13,5
 - B 18,5
 - C 33,8
 - D 84,4
- 24 Hieronder staan schematisch vier omzettingen. In welke van deze omzettingen staat voor de pijl een reductor?
- A N₂ → 2 NH₃
 - B N₂O₄ → 2 NO₂
 - C 2 NO₃⁻ → N₂O₅
 - D NO₂⁻ → NO₃⁻
- 25 Maak vergelijking $__ \text{ClO}_3^- + __ \text{I}^- + __ \text{H}^+ \rightarrow __ \text{Cl}^- + __ \text{I}_2 + __ \text{H}_2\text{O}$ kloppend. Wat is de coëfficiëntenverhouding H⁺/I₂?
- A 3/2
 - B 2/1
 - C 3/1
 - D 6/1

Open opgaven

(totaal 50 punten)

■ Opgave 2 Zeewater

(8 punten)

Zeewater bevat vele soorten opgeloste deeltjes. In Binas tabel 64A is de gemiddelde samenstelling van onvervuild zeewater vermeld. Eén van de bestanddelen van zeewater is HCO_3^- . Zeewater is van nature een beetje basisch.

- 1 Leg uit of HCO_3^- (mede) de oorzaak kan zijn van het feit dat zeewater basisch is. Noem in de uitleg getalgegevens uit Binas tabel 49.

3

Zeewater is aanhoudend in contact met de lucht. Een deel van het koolstofdioxide uit de lucht wordt in het enigszins basische zeewater omgezet in HCO_3^- .

Koolstofdioxide wordt beschouwd als één van de gassen die het zogenoemde broeikas effect kunnen veroorzaken. In de afgelopen jaren is de concentratie van koolstofdioxide in de lucht toegenomen. Daardoor treedt een ongewenste versterking van het broeikas effect op. De toename van de concentratie van koolstofdioxide in de lucht wordt onder andere veroorzaakt door het koolstofdioxide in de afvalgassen van energiecentrales. Om het versterkte broeikas effect tegen te gaan, heeft men voorgesteld de afvalgassen van energiecentrales via pijpleidingen diep in de zeeën te pompen. Het koolstofdioxide uit die afvalgassen zou dan in het zeewater vrijwel volledig worden omgezet in HCO_3^- .

Men schat de totale hoeveelheid koolstofdioxide in de afvalgassen die de komende eeuw uit alle energiecentrales in de wereld vrijkomen, op $1,4 \cdot 10^{18}$ g. Het volume van al het water in de zeeën is $1,3 \cdot 10^9$ km³.

- 2 Bereken met hoeveel procent de concentratie van HCO_3^- in zeewater in de komende eeuw zou stijgen als alle koolstofdioxide uit de afvalgassen van energiecentrales gelijkmatig verdeeld over al het zeewater volledig zou worden omgezet in HCO_3^- . Gebruik bij de berekening onder andere Binas tabel 64A.

5

■ Opgave 3 Zacht water

(15 punten)

Voor de bereiding van een bestanddeel van sommige wasmiddelen wordt een verbinding gebruikt met de formule $\text{N}(\text{CH}_2\text{CN})_3$.

De verbinding $\text{N}(\text{CH}_2\text{CN})_3$ wordt gemaakt door een reactie tussen methanal, ammoniak en waterstofcyanide (HCN); bij deze reactie ontstaat, behalve $\text{N}(\text{CH}_2\text{CN})_3$, uitsluitend water.

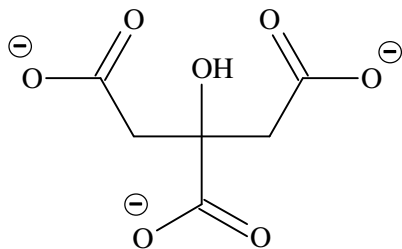
- 3 Geef de vergelijking van de reactie tussen methanal, ammoniak en waterstofcyanide onder vorming van $\text{N}(\text{CH}_2\text{CN})_3$ en water. Gebruik molecuulformules.

3

Uit $\text{N}(\text{CH}_2\text{CN})_3$ wordt de verbinding natriumnitriilotriacetaat bereid. Natriumnitriilotriacetaat wordt als waterontharder in sommige wasmiddelen verwerkt. Natriumnitriilotriacetaat wordt in water gesplitst in Na^+ ionen en $\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_3^{3-}$ ionen. Een $\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_3^{3-}$ ion wordt in het vervolg van deze opgave aangeduid met NTA^{3-} . NTA^{3-} ionen binden Ca^{2+} ionen die in leidingwater voorkomen. De molverhouding waarin de Ca^{2+} ionen en de NTA^{3-} ionen aan elkaar gebonden worden, is 1 : 1. In het water stelt zich het volgende evenwicht in:

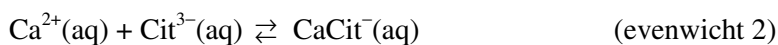


Een andere verbinding die als waterontharder in sommige wasmiddelen gebruikt wordt, is natriumcitraat. Natriumcitraat is een zout, bestaande uit natriumionen en citraationen. Het citraation kan als volgt in een schematische structuurformule worden weergegeven:



In water is natriumcitraat gesplitst in Na^+ ionen en citraationen. In het vervolg van deze opgave worden de citraationen weergegeven met Cit^{3-} .

De molverhouding waarin Ca^{2+} ionen en Cit^{3-} ionen aan elkaar gebonden worden, is 1 : 1. Ook deze reactie is een evenwichtsreactie:



- 4 Geef de evenwichtsvoorwaarden voor evenwicht 1 en voor evenwicht 2. 3

Een fabrikant zoekt voor de productie van een wasmiddel een geschikte waterontharder. Hij heeft daartoe de keuze tussen natriumnitriolotriacetaat en natriumcitraat. Zijn keuze wordt onder andere bepaald door de hoeveelheid waterontharder die hij bij de productie van het wasmiddel moet toevoegen.

De waarde van de evenwichtsconstante K_2 van evenwicht 2 is (bij dezelfde temperatuur) veel kleiner dan de waarde van de evenwichtsconstante K_1 van evenwicht 1.

- 5 Leg uitgaande van dit gegeven uit, van welke stof, natriumnitriolotriacetaat of natriumcitraat, hij het kleinste aantal mol nodig heeft om van gelijke volumes leidingwater met dezelfde $[\text{Ca}^{2+}(\text{aq})]$ dezelfde verlaging van $[\text{Ca}^{2+}(\text{aq})]$ te bewerkstelligen. 2

De waarde van de evenwichtsconstante K van evenwicht 2 bij 298 K bedraagt $6,3 \cdot 10^3$. Men heeft leidingwater met $[\text{Ca}^{2+}(\text{aq})] = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. Men wil deze concentratie verlagen tot $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ door natriumcitraat toe te voegen. Daarbij mag aangenomen worden dat door de toevoeging van het natriumcitraat het vloeistofvolume niet verandert.

- 6 Bereken $[\text{Cit}^{3-}]$ (in mol L^{-1}) in de oplossing die ontstaat wanneer men in leidingwater met Na_3Cit de $[\text{Ca}^{2+}(\text{aq})]$ terugbrengt van $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ naar $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$. 2
- 7 Bereken hoeveel gram natriumcitraat men per liter leidingwater moet toevoegen om de gewenste verlaging van $[\text{Ca}^{2+}(\text{aq})]$ te bereiken. 5

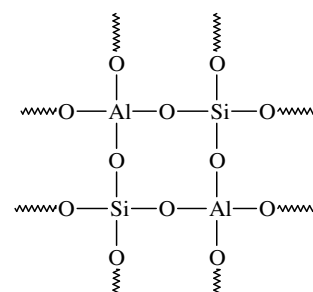
■ Opgave 4 Nog zachter water

(15 punten)

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

In een publicatie over zeolieten wordt het volgende 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.



- 8 Leid uitgaande van het nevenstaande model af hoe groot de negatieve lading is die op elke Al geplaatst moet worden. 2

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 Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen uit het leidingwater. Voor elk Ca^{2+} ion of Mg^{2+} 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.

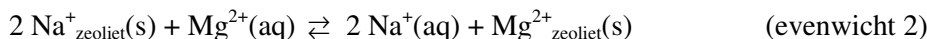
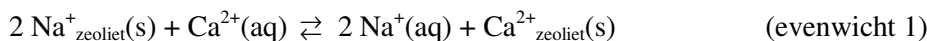
Een bepaald wasmiddel bevat 30 massaprocent van een zeoliet met de verhoudingsformule $\text{Na}_4\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{16} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

Voor een wasbeurt met 10 liter leidingwater dat in totaal $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ bevat, wordt 90 gram van dit wasmiddel gebruikt.

De massa van een mol van het zeoliet bedraagt $7,3 \cdot 10^2 \text{ g}$.

- 9 Bereken hoeveel procent van de Na^+ ionen uit het zeoliet bij bovengenoemde wasbeurt uitgewisseld wordt tegen Ca^{2+} ionen + Mg^{2+} ionen. Neem hierbij aan dat alle Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen uit de 10 liter water worden uitgewisseld. 5

In werkelijkheid worden niet alle Ca^{2+} en Mg^{2+} uit het leidingwater uitgewisseld. Als het zeoliet wordt geschud met hard water, stellen zich snel evenwichten in die als volgt kunnen worden weergegeven:



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 Ca^{2+} of Mg^{2+} 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 gehydrateerde Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen de openingen niet kunnen passeren. In het boek staat verder dat van een $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ion en een $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ 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 Ca^{2+} ion minder energie nodig dan bij een Mg^{2+} ion.

- 10 Leg met behulp van de getalwaarden uit Binas uit dat voor het verwijderen van de watermantel bij een $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ion minder energie nodig is dan bij een $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ ion. Vermeld ook de eenheden bij die getalwaarden. 2

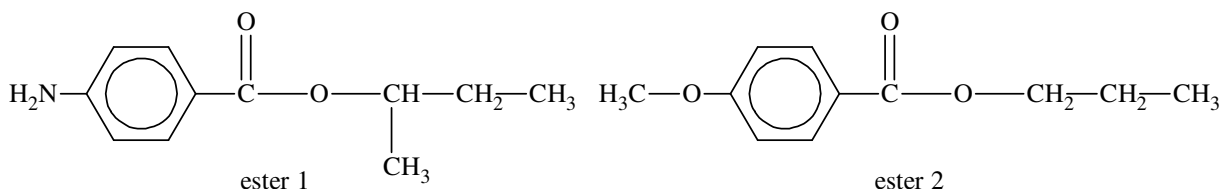
Op basis van het voorgaande denkt de leerling dat evenwicht 1 het meest rechts ligt. Maar hij vindt in de schoolbibliotheek te weinig gegevens om deze veronderstelling te bevestigen. Hij besluit daarom een onderzoek te doen.

- 11 Geef een beschrijving van een experiment waarmee je kunt bepalen welk van de evenwichten 1 en 2 het meest rechts ligt. Geef ook aan hoe uit het experiment kan blijken dat evenwicht 1 het meest rechts ligt. 6

■ Opgave 5 Zonnebrand en water (12 punten)

Om de huid tegen overmatige zonnestraling te beschermen zijn diverse typen zonnebrandcrème ontwikkeld. De meeste zonnebrandcrèmes bevatten stoffen die een groot deel van de ultraviolette straling (UV-straling) absorberen.

Sommige van die stoffen zijn esters. Van twee van de esters die in zonnebrandcrèmes worden toegepast om UV-straling te absorberen, zijn hieronder de structuurformules gegeven:



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

- 12 Geef op dezelfde manier de omschrijving van de naam van ester 1. 4

Zonnebrandcrèmes die de boven genoemde esters bevatten, hebben als nadeel dat na het zwemmen de bescherming van de huid tegen UV-straling in meer of mindere mate is afgenomen. Eén van de esters 1 of 2 veroorzaakt dat nadeel in sterkere mate dan de andere ester.

- 13 Leg aan de hand van een verschil in de molecuulbouw van de esters uit welke van de esters 1 of 2 dat nadeel in sterkere mate zal veroorzaken. 3

De beschermende werking van een zonnebrandcrème wordt wel uitgedrukt door de zogenoemde beschermingsfactor. Als een zonnebrandcrème bijvoorbeeld een beschermingsfactor 4 heeft, mag worden aangenomen dat een op de huid aangebracht dun laagje crème slechts $\frac{1}{4}$ deel van de UV-straling doorlaat:

$\frac{I}{I_0}$ (zie wet van Lambert-Beer, Binastabel 37E) heeft dan de waarde 0,25.

Een bepaalde zonnebrandcrème bevat per liter crème $5,0 \cdot 10^{-2}$ mol van een stof die UV-straling absorbeert. De gemiddelde extinctiecoëfficiënt van deze stof voor UV-straling bedraagt $4,5 \cdot 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Als aangenomen wordt dat van deze zonnebrandcrème $4,0 \text{ cm}^3$ per m^2 huidoppervlak gelijkmatig wordt uitgesmeerd, kan de beschermingsfactor worden berekend.

- 14 Bereken deze beschermingsfactor (als een geheel getal). Neem hierbij aan dat alleen de genoemde stof verantwoordelijk is voor de bescherming tegen UV-straling.

5

naam:

Antwoordblad meerkeuzevragen van voorronde 1 van de Nationale Scheikundeolympiade 2008

nr.	keuze letter	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
totaal		