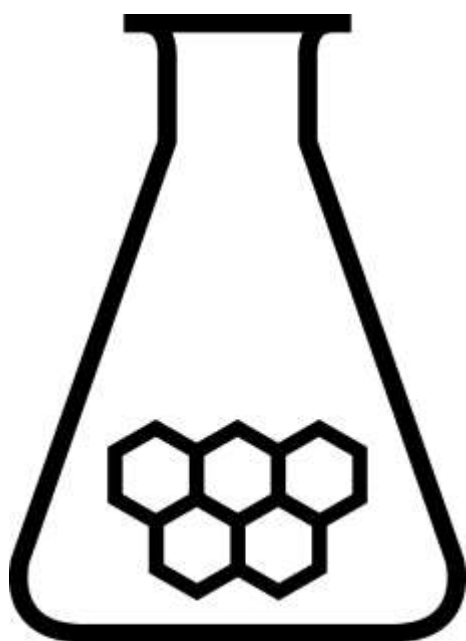


NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2018

OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
19 tot en met 23 maart 2018



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 7 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 16 open vragen alsmede 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 91 punten.
- De voorronde duurt maximaal 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

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

Olav Altenburg

Alex Blokhuis

Johan Broens

Thijs Engberink

Peter de Groot

Jacob van Hengst

Martin Groeneveld

Marijn Jonker

Emiel de Kleijn

Jasper Landman

Bob Lefeber

Evert Limburg

Marte van der Linden

Han Mertens

Stan van de Poll

Geert Schulpen

Eveline Wijbenga

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers en Dick Hennink

Opgave 1 Meerkeuzevragen

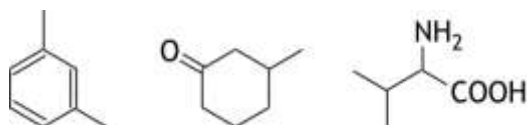
(totaal 40 punten)

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.

Koolstofchemie

- 1 Hoeveel asymmetrische koolstofatomen komen in totaal voor in de drie onderstaande structuurformules?



- A 1
B 2
C 3
D 4
E 5
F 6
- 2 Wanneer een alkeen met water reageert, ontstaat een alkanol. Hoeveel verschillende alkanolen kunnen ontstaan uit de reactie van water met pent-2-een? Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.
- A 2
B 3
C 4
D 5
- 3 Hoeveel verschillende niet-cyclische isomeren $C_3H_3Cl_3$ zijn er? Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.
- A 3
B 4
C 5
D 6
E 7
F 8
G 9
H 10
I 11
J 12

Structuren en formules

- 4 Hoeveel grensstructuren, die aan de octetregel voldoen, zijn er te tekenen van een oxalaation, $C_2O_4^{2-}$?
- A 1
B 2
C 3
D 4
E 5

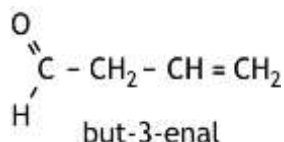
5 Welk van de volgende moleculen heeft een lineaire structuur?

I HCN

II O₃

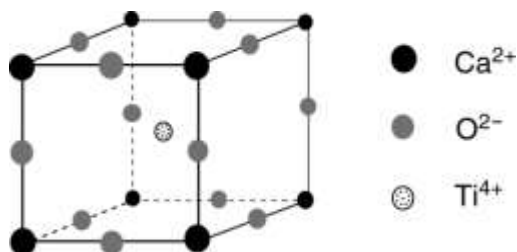
- A geen van beide
- B alleen I
- C alleen II
- D allebei

6 Hoeveel sigmabindingen (σ -bindingen) en hoeveel pi-bindingen (π -bindingen) zitten er in een molecuul but-3-enal?



	σ -bindingen	π -bindingen
A	3	2
B	3	4
C	5	2
D	5	4
E	8	2
F	8	4
G	10	2
H	10	4

7 Perovskiet is een mineraal dat bestaat uit calciumionen, oxide-ionen en titaanionen. De eenheidscel van perovskiet is hieronder afgebeeld.



Hoe groot is de dichtheid van perovskiet?

- A $2,04 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
- B $3,92 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
- C $8,41 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
- D $1,62 \cdot 10^4 \text{ kg m}^{-3}$
- E $6,72 \cdot 10^4 \text{ kg m}^{-3}$

pH / zuur-base

8 Aan 20,00 mL 0,150 M HClO₂ oplossing wordt 5,00 mL 0,100 M natronloog toegevoegd. Wat is de pH van de ontstane oplossing?

- A 1,00
- B 1,18
- C 1,26
- D 1,48
- E 1,96

- 9 De scheidingstechniek elektroforese is geschikt voor het scheiden van aminozuren op basis van het verschil in lading van de aminozuurmoleculen bij een bepaalde pH. De pH waarbij aminozuurmoleculen netto geen lading bezitten, wordt het iso-elektrisch punt genoemd. Zie Binas tabel 67H of ScienceData tabel 13.7.

Een mengsel van de drie aminozuren asparaginezuur (Asp), lysine (Lys) en leucine (Leu) wordt gescheiden door middel van elektroforese. Daartoe worden de aminozuren aangebracht in het midden van een papierstrook die gedrenkt is in een buffer met pH = 7,0. Aan elk uiteinde van het papier is een elektrode aangebracht. Door gelijkspanning op deze elektroden te zetten, wordt de elektroforese gestart.

Naar welke elektrode bewegen de aminozuren?

	naar de positieve elektrode	naar de negatieve elektrode
A	geen	alle drie
B	Asp	Leu en Lys
C	Leu	Asp en Lys
D	Lys	Asp en Leu
E	Asp en Leu	Lys
F	Asp en Lys	Leu
G	Leu en Lys	Asp
H	alle drie	geen

Redox en elektrolyse

- 10 Voor de volledige verbranding van methanol geldt $\Delta_r G^0 = -7,02 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$. 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: $\Delta_r G^0 = -nF\Delta V^0$.

- A 0,61 V
 B 0,91 V
 C 1,21 V
 D 1,82 V
 E 2,42 V

- 11 Een oplossing van natriumchloride wordt geëlektrolyseerd met zilverelektroden. Welke reactie treedt op aan welke elektrode?

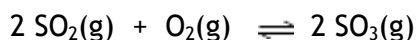
	positieve elektrode	negatieve elektrode
A	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$
B	$\text{Ag} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} + \text{e}^-$	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$
C	$2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$	$\text{AgCl} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$
D	$2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

Reactiesnelheid en evenwicht

- 12 Voor een eerste orde reactie is de halveringstijd 1,5 uur. Hoe lang duurt het totdat 94% van de beginstof is omgezet?

- A 2,3 uur
 B 5,3 uur
 C 6,1 uur
 D 7,1 uur
 E 35 uur

- 13 Men mengt bij een bepaalde temperatuur SO_2 en O_2 in de molverhouding 2,00 : 1,00. De druk in het reactievat is $7,78 \cdot 10^5$ Pa. Bij gelijkblijvende temperatuur stelt zich het volgende evenwicht in:



Als het evenwicht zich heeft ingesteld, is de druk in het reactievat $5,46 \cdot 10^5$ Pa.

Hoe groot is K_p voor dit evenwicht bij deze temperatuur?

- A $7,6 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$
 B $2,6 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}^{-1}$
 C $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ Pa}^{-1}$
 D $2,4 \cdot 10^1 \text{ Pa}$
 E $3,8 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
 F $1,3 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- 14 De snelheid van de reactie $\text{BrO}_3^- + 5 \text{Br}^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{Br}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ wordt onderzocht. In onderstaande tabel staan de resultaten van vier proeven met verschillende beginconcentraties en hun bijbehorende reactiesnelheden vermeld.

proef	$[\text{BrO}_3^-]_0$ (mol L ⁻¹)	$[\text{Br}^-]_0$ (mol L ⁻¹)	$[\text{H}^+]_0$ (mol L ⁻¹)	s (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
1	0,10	0,10	0,10	$1,2 \cdot 10^{-3}$
2	0,20	0,10	0,10	$2,4 \cdot 10^{-3}$
3	0,10	0,30	0,10	$3,6 \cdot 10^{-3}$
4	0,20	0,10	0,15	$5,4 \cdot 10^{-3}$

Voor de reactiesnelheid geldt de formule $s = k[\text{BrO}_3^-]^x[\text{Br}^-]^y[\text{H}^+]^z$.

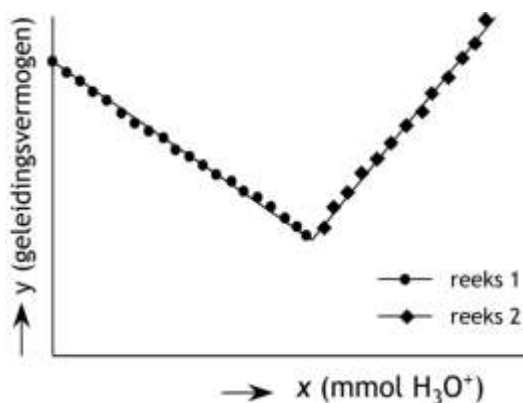
Wat zijn de waarden voor x, y en z?

- | | x | y | z |
|---|---|---|---|
| A | 1 | 1 | 1 |
| B | 1 | 1 | 2 |
| C | 1 | 2 | 1 |
| D | 1 | 5 | 6 |

Analyse

- 15 Gootsteenontstopper is een oplossing van natriumhydroxide. Het gehalte aan natriumhydroxide in een gootsteenontstopper kan worden bepaald met behulp van een zogenoemde conductometrische titratie met zoutzuur. Tijdens zo'n titratie wordt het geleidingsvermogen van de oplossing gevolgd.

Bij zo'n bepaling is 3,00 mL gootsteenontstopper in een maatkolf verdund tot 100 mL oplossing. Van deze oplossing is 15,00 mL getitreerd met zoutzuur. Het verloop van het geleidingsvermogen van de oplossing tijdens de titratie is weergegeven in onderstaand diagram, waarin het geleidingsvermogen van de oplossing is uitgezet tegen het aantal mmol toegevoegd H_3O^+ .

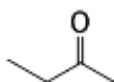


De punten in het diagram vóór het equivalentiepunt van de titratie (reeks 1) liggen op een rechte lijn met de vergelijking $y = -2,603x + 4,319$.

De punten in het diagram na het equivalentiepunt van de titratie (reeks 2) liggen op een rechte lijn met de vergelijking $y = 4,950x - 3,027$.

Wat is de molariteit van het natriumhydroxide in de onderzochte gootsteenontstopper?

- A 0,0216 M
 - B 0,324 M
 - C 0,973 M
 - D 2,16 M
 - E 6,48 M
- 16 Wat zie je in het ^1H NMR spectrum van butanon?



- A een singlet, een doublet en een triplet
- B een singlet, een triplet en een quadruplet
- C een doublet en twee triplets
- D een doublet en een quadruplet
- E een doublet en twee quadruplets

Rekenen en thermochemie

- 17 Een kraan wordt elektrolytisch verchromd met behulp van een oplossing van chroom(III)sulfaat. Het proces duurt 3,5 uur bij een stroomsterkte van 0,50 A. Hoeveel chroom is op de kraan aangebracht?
- A 0,019 g
 - B 0,057 g
 - C 0,17 g
 - D 1,1 g
 - E 3,4 g
 - F 10 g
- 18 Welk gas heeft een dichtheid van $0,523 \text{ g dm}^{-3}$ bij $100 \text{ }^\circ\text{C}$ en $1,00 \text{ atm}$?
- A argon
 - B koolstofmonoïoxide
 - C methaan
 - D neon
 - E zuurstof
- 19 Een 12 M oplossing van een zuur heeft een dichtheid van $1,57 \text{ g mL}^{-1}$. De oplossing bevat 75 massaprocent zuur. Van welk zuur is dit een oplossing?
- A CH_3COOH
 - B HBr
 - C HCl
 - D H_3PO_4
- 20 Voor de reactie $\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{O}^{2-}(\text{g})$ geldt $\Delta H = + 1902 \text{ kJ mol}^{-1}$ en voor de reactie $\text{O}^-(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{O}^{2-}(\text{g})$ geldt $\Delta H = + 844 \text{ kJ mol}^{-1}$. Wat volgt hieruit voor de ΔH van reactie $\text{O}(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{O}^-(\text{g})$?
- A $- 391 \text{ kJ mol}^{-1}$
 - B $- 142 \text{ kJ mol}^{-1}$
 - C $+ 107 \text{ kJ mol}^{-1}$
 - D $+ 560 \text{ kJ mol}^{-1}$
 - E $+ 1058 \text{ kJ mol}^{-1}$

Open opgaven

(totaal 51 punten)

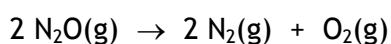
■ Opgave 2 Lachgas

(12 punten)

Lachgas (distikstofmonoïoxide, N_2O) levert als broeikasgas een belangrijke bijdrage aan de klimaatverandering. Hoewel het een veel 'sterker' broeikasgas is dan CO_2 , is door de lagere concentratie in de atmosfeer is het totale effect op het broeikaseffect ongeveer een derde van het effect van koolstofdioxide.

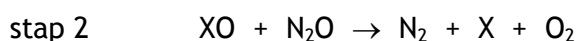
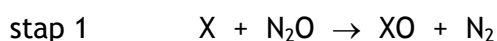
- 1 Geef een lewisstructuur van N_2O . Zet hierin eventuele formele ladingen bij de betreffende atomen. Gegeven: een N_2O molecuul heeft een lineaire structuur. 3

Om het effect van lachgas op het klimaat tegen te gaan worden methodes onderzocht om lachgas onschadelijk te maken. Eén van de onderzochte methodes is het ontleden van lachgas:



- 2 Leg uit of deze reactie een evenwichtsreactie is, of dat de reactie aflopend is. 3

De ontledingsreactie van N_2O wordt met behulp van een metaal als katalysator uitgevoerd. Men stelt zich voor dat de ontleding volgens het onderstaande mechanisme verloopt:



Hierin worden met X de katalysator en met XO de katalysator waaraan een zuurstofatoom is gebonden, weergegeven.

Men heeft in het onderzoek twee mogelijke katalysatoren gebruikt: ijzer (Fe) en kobalt (Co).

Stap 1 verloopt voor beide katalysatoren ongeveer even snel, en veel sneller dan stap 2. De reactiesnelheden van stap 2, bij het gebruik van Fe respectievelijk Co, verschillen echter aanzienlijk. Het is dus van belang te weten met welke katalysator stap 2 het snelst verloopt.

Ook het effect van de temperatuur op de reactiesnelheid is van belang. Om het effect van de temperatuur te meten is de relatieve reactiesnelheid van stap 2 bepaald bij 10 °C en bij 25 °C voor beide katalysatoren.

Met Fe als katalysator verliep stap 2 bij 25 °C 17,9 maal zo snel als bij 10 °C.

Met Co als katalysator verliep stap 2 bij 25 °C 6,43 maal zo snel als bij 10 °C.

- 3 Bereken de activeringsenergie van stap 2 bij het gebruik van Co als katalysator. Gebruik hierbij Binas-tabel 37A of ScienceData-tabel 1.8. 4
- 4 Beredeneer met welke katalysator, Fe of Co, de ontleding van lachgas het snelst verloopt. 2

Opgave 3 Potentiometrische titratie

(22 punten)

Een oplossing van een ijzer(II)zout kan worden getitreerd met een oplossing van een cerium(IV)zout. De vergelijking van de daarbij optredende reactie is:

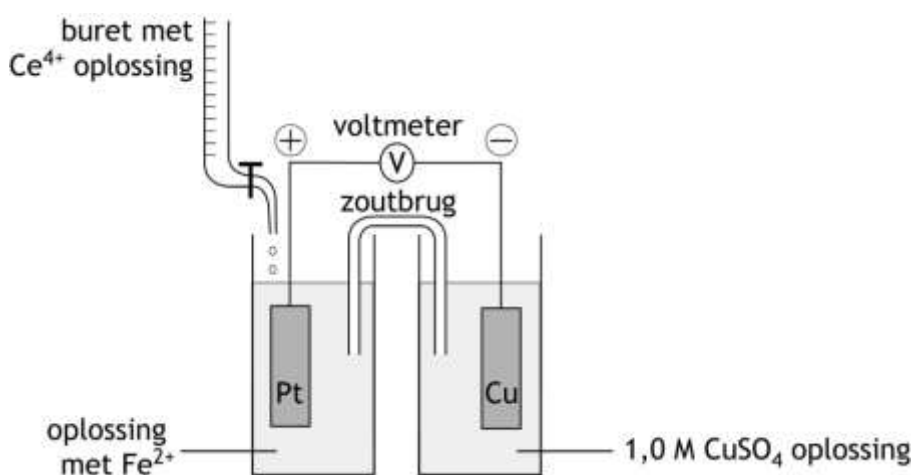


Dit is een evenwichtsreactie. Het evenwicht ligt uiterst rechts.

Bij deze titratie verandert de potentiaal in het titratievat. Onder de potentiaal in het titratievat wordt in deze opgave verstaan de potentiaal van een in de oplossing geplaatste platina-elektrode, gemeten ten opzicht van de standaardwaterstofelektrode.

De verandering in potentiaal kan tijdens de titratie worden gevolgd. Omdat in de praktijk de standaardwaterstofelektrode niet erg bruikbaar is, wordt meestal gebruik gemaakt van een andere referentie-elektrode, bijvoorbeeld een koperelektrode geplaatst in een 1,0 M kopersulfaatoplossing.

Een opstelling die men bij zo'n titratie zou kunnen gebruiken, is de volgende:



Gebruikt men deze opstelling, dan is bij iedere meting van het potentiaalverschil tijdens de titratie de platina-elektrode positief ten opzichte van de koperelektrode.

- 5 Bereken de potentiaal (in volt, bij 298 K) in het reactievat als het gemeten potentiaalverschil, ΔV , 0,85 V bedraagt. 3

Tijdens de titratie veranderen de $[\text{Fe}^{3+}]$ en de $[\text{Fe}^{2+}]$. Men streeft ernaar dat bij het eindpunt van de titratie de $[\text{Fe}^{3+}]$ 1000 keer zo groot is als de $[\text{Fe}^{2+}]$.

- 6 Bereken de potentiaal (in volt, bij 298 K) in het reactievat als de $[\text{Fe}^{3+}]$ 1000 keer zo groot is als de $[\text{Fe}^{2+}]$. 3

Men kan de beschreven titratie gebruiken om de samenstelling van een stukje geroest ijzer te bepalen. Aangenomen mag worden dat het stukje geroest ijzer uitsluitend bestaat uit Fe en Fe_2O_3 . Ter bepaling van de samenstelling laat men het stukje geroest ijzer reageren met zoutzuur, dat in overmaat wordt toegevoegd. De ontstane oplossing bevat dan zowel Fe^{2+} als Fe^{3+} .

- 7 Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van Fe^{2+} en de reactievergelijking voor het ontstaan van Fe^{3+} in de oplossing. Noteer je antwoord als volgt:
vergelijking voor het ontstaan van Fe^{2+} in de oplossing: ...
vergelijking voor het ontstaan van Fe^{3+} in de oplossing: ...

4

Al het gevormde Fe^{3+} wordt daarna omgezet tot Fe^{2+} door aan de oplossing fijnverdeeld zilver toe te voegen. De volgende (evenwichts)reactie treedt dan op:



Evenwicht 2 kan worden gezien als een combinatie van de volgende evenwichten:



en



De waarde van de evenwichtsconstante van evenwicht 3 is $K_3 = 0,31$.

- 8 Druk de evenwichtsconstante van evenwicht 2, K_2 , uit in de evenwichtsconstante van evenwicht 3, K_3 , en de evenwichtsconstante van evenwicht 4, K_4 .
□9 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van K_2 met behulp K_3 en K_4 .

4

2

Na de reacties met het zoutzuur en het fijnverdeeld zilver wordt het ontstane mengsel gefiltreerd. Het filtraat wordt daarna volgens de beschreven methode getitreerd met een cerium(IV)sulfaatoplossing.

Bij zo'n bepaling bedroeg de massa van het stukje geroest ijzer 167 mg. Voor de titratie van alle Fe^{2+} was 30,2 mL 0,0905 M cerium(IV)sulfaatoplossing nodig.

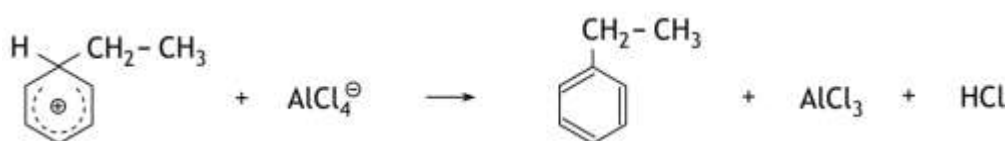
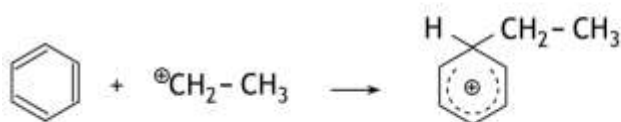
- 10 Bereken hoeveel mg Fe_2O_3 het stukje geroest ijzer bevatte.

6

Opgave 4 Methamfetamine

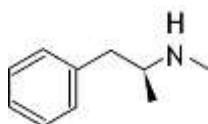
(17 punten)

Om uitgaande van benzeen een alkybenzeen te maken, kan de zogenoemde Friedel-Crafts alkyleringsreactie worden gebruikt. Zo kan ethylbenzeen worden gemaakt uit benzeen en chloorethaan, met aluminiumchloride als katalysator. Het mechanisme van de reactie is hieronder weergegeven.

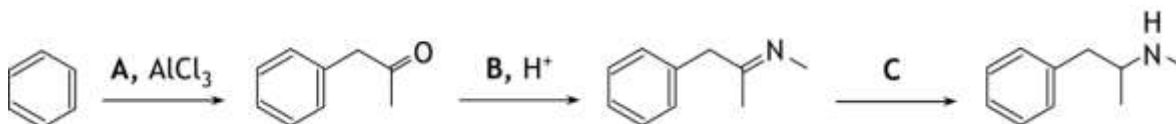


- 11 Welk type reactie is dit? Maak in je antwoord een keuze uit de termen additiereactie, elimineringsreactie en substitutiereactie en combineer je keuze met het adjectief elektrofiel of nucleofiel. 2
- 12 Geef de mesomere structuren (grensstructuren) van het positieve ion dat in de tweede stap wordt gevormd. 4

De Friedel-Crafts reactie wordt onder andere gebruikt in een van de syntheses van de stof methamfetamine. Methamfetamine is een stof die onder andere als medicijn wordt gebruikt als vermageringsmiddel en ook als kalmeringsmiddel voor mensen met ADHD. De structuurformule van methamfetamine is:



De bedoelde synthese van methamfetamine begint met een Friedel-Crafts alkylering van benzeen met een stof **A**. Het fenylpropanon dat hierbij ontstaat, laat men reageren met een stof **B**. Daarbij treedt een condensatiereactie op, waarbij een zogenoemd imine ontstaat. Dit imine laat men tenslotte reageren met een stof **C** onder vorming van methamfetamine. Hieronder is deze syntheseroute weergegeven.



- 13 Geef de structuurformules van de stoffen **A**, **B** en **C**. 5

Op het internet zijn veel gegevens over methamfetamine te vinden. Eén ervan is:
De aminestikstof heeft een $pK_z=9,9$ en zal dus in licht zure oplossingen geprotoneerd aanwezig zijn en zich daardoor ook makkelijk in zure celcompartimenten zoals mitochondriën of neurotransmittervesikels ophopen.

Informatie op het internet is niet altijd even duidelijk. In dit geval kun je je afvragen wat wordt bedoeld met 'De aminestikstof heeft een $pK_z=9,9$ '. Je zou eerder verwachten dat de aminestikstof een pK_b heeft.

- 14 Geef aan waarom je zou verwachten dat de aminestikstof een pK_b heeft. 1
Maar een pK_b van 9,9 voor de aminestikstof lijkt ook niet erg waarschijnlijk, want dan is in een licht zure oplossing lang niet alle aminestikstof geprotoneerd.
- 15 Bereken hoeveel procent van de aminestikstof geprotoneerd is bij $pH = 4,5$ en $pK_b = 9,9$.
Ga uit van 298 K. 4
- 16 Geef een betere formulering van het fragment 'De aminestikstof heeft een $pK_z=9,9$ en zal dus in licht zure oplossingen geprotoneerd aanwezig zijn'. Deze formulering moet in overeenstemming zijn met het feit dat in licht zure oplossing alle aminestikstof is geprotoneerd. Ga uit van 298 K. 1

39^e Nationale Scheikundeolympiade 2018 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		