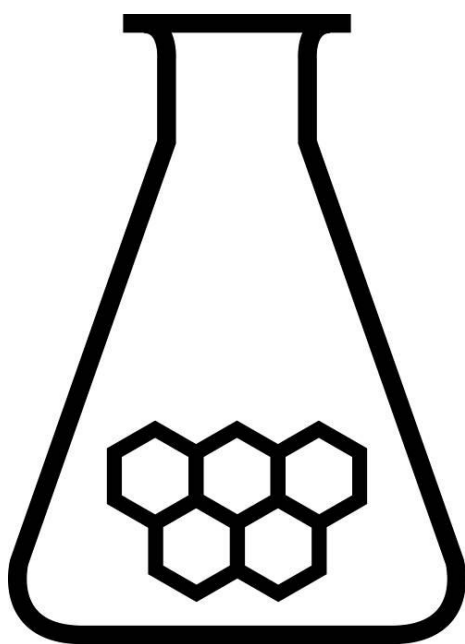


NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

OPGAVEN VOORRONDE 2

(de week van)
woensdag 14 april 2010



SCHEIKUNDE OLYMPIADE

vrije Universiteit amsterdam



- Deze voorronde bestaat uit 36 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 4 open vragen met in totaal 18 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 108 punten
- De voorronde duurt maximaal 3 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 54 punten)

normering: 1½ punt per juist antwoord (Vul bij elke vraag je antwoord(letter) op het antwoordblad in.)

Let op: fout antwoord: -¼ pt; geen antwoord: 0 pt.

Experiment

- Met welke van onderstaande stoffen kan koolstofdioxide het best geabsorbeerd worden?
 - HCl(aq)
 - KOH(s)
 - NaF(aq)
 - SiO₂(s)
- Men wil in een experiment de twee vaste stoffen NaOH en NH₄NO₃ onderscheiden. Welke van onderstaande waarnemingen geeft een juist resultaat van zo'n experiment?
 - NaOH geeft in de vlamtest een groene vlam, NH₄NO₃ een kleurloze.
 - NaOH is oplosbaar in H₂O, maar NH₄NO₃ is dat niet.
 - NaOH(aq) kleurt lakmoes blauw en NH₄NO₃(aq) niet.
 - NaOH (aq) reageert met koper, maar NH₄NO₃(aq) niet .
- Wat gebeurt er als je aan een 0,1 M Ag(NH₃)₂Cl oplossing een overmaat 6 M salpeterzuur toevoegt?
 - er ontwijkt ammoniakgas
 - er ontwijkt waterstofgas
 - er vormt zich een neerslag van zilver
 - er vormt zich een neerslag van zilverchloride
- Hieronder staan vier paren 0,2 M zoutoplossingen. In welk geval ontstaat bij het samenvoegen van het paar zoutoplossingen een neerslag dat weer oplost bij toevoegen van 6 M salpeterzuur?
 - Al(NO₃)₃ en K₂SO₄
 - Ba(NO₃)₂ en Na₂CO₃
 - Cu(NO₃)₂ en NH₄Cl
 - Pb(NO₃)₂ en NaBr

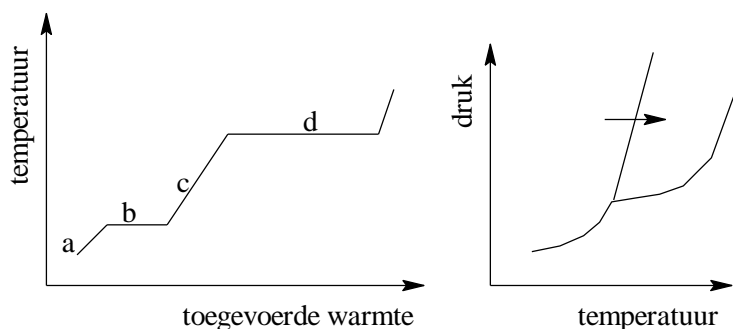
Rekenen

- Een 0,500 molaal (mol kg⁻¹) calciumnitraatoplossing heeft een dichtheid van 1,045 g mL⁻¹. Wat is de molariteit van deze oplossing?
 - 0,478 M
 - 0,500 M
 - 0,523 M
 - 0,567 M
- Een verbinding met de formule X₂O₅ bevat 34,8 massa% zuurstof. Element X is:
 - arseen
 - bismut
 - fosfor
 - mangaan

- 7 Hoeveel g $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ kan er maximaal gevormd worden uit 0,00240 mol $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ en 0,131 g Na_3PO_4 ?
- A 0,240
 B 0,480
 C 1,44
 D 7,22

Fysische Chemie

- 8 Welk traject in het temperatuurverloop tijdens gelijkmatig opwarmen (diagram links) komt overeen met de verandering die in het fasediagram (rechts) met de pijl aangegeven is?



- A a
 B b
 C c
 D d
- 9 Wat is de molaire massa van een gas met een dichtheid van $5,66 \text{ g L}^{-1}$ ($35 \text{ }^\circ\text{C}$; 745 mm Hg)? Gebruik bij deze vraag o.a. Binas-tabellen 5, 7 en 35C3.
- A 127 g mol^{-1}
 B 141 g mol^{-1}
 C 143 g mol^{-1}
 D 146 g mol^{-1}
- 10 De kookpuntsverhoging van een oplossing is evenredig met het aantal opgeloste deeltjes. In welk van onderstaande rijtjes zijn de 0,1 M oplossingen gerangschikt naar toenemend kookpunt?
- A $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, NaNO_3
 B $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, NaNO_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
 C $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
 D NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$

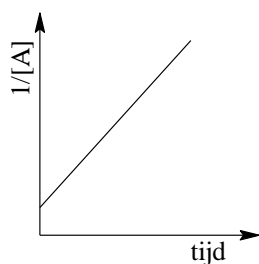
Thermo

- 11 Met behulp van gegevens uit de Binas-tabellen 56 en 57 A en 57 B is de vormingsenthalpie van melkzuur ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3(\text{s})$) te berekenen. De uitkomst is:
- A $-6,75 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 B $-5,43 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 C $-3,16 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 D $+5,43 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 E $+6,75 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

- 12 Het kookpunt van diethylether is 34,6 °C.
Welke van onderstaande (on)gelijkheden is waar voor de verdamping van diethylether bij 25,0 °C? (Het subscript verd betekent verdamping.)
- A $\Delta G^\circ_{\text{verd}} > 0$
 B $\Delta H^\circ_{\text{verd}} < 0$
 C $K_{\text{verd}} = 1$
 D $\Delta S^\circ_{\text{verd}} < 0$
- 13 Je kunt m.b.v. bindingsenergieën de waarde van de verbrandingsenthalpie van pentaan benaderen (bij standaardomstandigheden, dus herleid op 25 °C en $p = p^\circ$).
De beste benadering is (gebruik Binas-tabel 58):
- A $-75 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 B $-36 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 C $-33 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 D $-32 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 E $+42 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- 14 Bij welke van onderstaande reacties is de entropieverandering positief?
- A $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgBr}(\text{s})$
 B $2 \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 C $2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$
 D $\text{N}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$
- 15 Onder welke voorwaarde (I, II, III) is bij een reactie die bij constante druk wordt uitgevoerd de reactie-energie gelijk aan de reactie-enthalpie?
I. constant aantal mol; II constante temperatuur; III constant volume
- A alleen I
 B alleen II
 C alleen III
 D alleen I en II

Kinetiek

- 16 Welke van onderstaande factoren heeft/hebben invloed op de reactiesnelheidsconstante?
- I. temperatuur
 II. concentratie van de reactanten
 III. gebruik van een katalysator
- A alleen I
 B alleen II
 C alleen I en III
 D I, II en III
- 17 Van welke orde is reactie $\text{A} \rightarrow \text{B}$ waarvan hieronder een grafiek is gegeven?



- A nulde
 B eerste
 C tweede
 D derde

- 18 Reactie $A \rightarrow B$ is eerste orde in A. De reactiesnelheidsconstante is $2,08 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.
Hoeveel seconden duurt het voor [A] veranderd is van 0,100 M tot 0,0450 M?
- A** 0,0166
B 16,7
C 38,4
D 107

- 19 Voor de reactie tussen de stoffen X en Y zijn de volgende gegevens verkregen:

X (M)	Y (M)	snelheid: $\Delta[Z]/\Delta t$ (M min ⁻¹)
1,00	1,00	$2,36 \cdot 10^{-4}$
2,00	2,00	$1,89 \cdot 10^{-3}$
2,00	4,00	$3,78 \cdot 10^{-3}$

Welke van onderstaande snelheidsvergelijkingen is juist?

- A** snelheid = $k[X][Y]$
B snelheid = $k[X][Y]^2$
C snelheid = $k[X]^2[Y]$
D snelheid = $k[X]^2[Y]^2$
- 20 Een mogelijk mechanisme voor de omzetting in de stratosfeer van ozon in zuurstof is
 $O_3(g) \rightleftharpoons O_2(g) + O(g)$ (snel evenwicht)
 $O(g) + O_3(g) \rightarrow 2 O_2(g)$ (langzaam)
Welke van onderstaande snelheidsuitdrukkingen is in overeenstemming met het mechanisme?
- A** snelheid = $k[O_3][Y]$
B snelheid = $k[O_3][O]$
C snelheid = $k[O_3]^2$
D snelheid = $k[O_3]^2[O_2]^{-1}$

Evenwichten

- 21 In een 0,055 M oplossing van een zwak zuur is het zuur voor 5,5% geïoniseerd.
De waarde van K_z is:
- A** $5,5 \cdot 10^{-2}$
B $3,0 \cdot 10^{-3}$
C $1,8 \cdot 10^{-4}$
D $1,7 \cdot 10^{-4}$
- 22 Welke van onderstaande paren oplossingen vormt/vormen na menging een bufferoplossing?
- I. 100 mL 0,200 M HF en 200 mL 0,200 M NaF
II. 200 mL 0,200 M HCl en 200 mL 0,400 M CH_3COONa
III. 300 mL 0,100 M CH_3COOH en 100 mL 0,300 M CH_3COONa
- A** alleen I
B alleen III
C alleen II en III
D I, II en III
- 23 Gegeven: de evenwichtsconstanten van de volgende reacties:
 $HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + F^-(aq)$ $K_z = 6,3 \cdot 10^{-4}$
 $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$ $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$
 $H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$ $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$
De waarde van de evenwichtsconstante van $HF(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + F^-(aq)$ is:
- A** $1,1 \cdot 10^{-8}$
B $9,1 \cdot 10^{-7}$
C $1,1 \cdot 10^6$
D $9,1 \cdot 10^7$

- 24 Voor welke van onderstaande evenwichten is $K_p = K_c$?
- A** $2 \text{C(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO(g)}$
B $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI(g)}$
C $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O(g)}$
D $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$
- 25 K_s van CaF_2 is $1,5 \cdot 10^{-11}$ bij 25°C .
 Wat is de concentratie van de fluorideionen (mol L^{-1}) in een verzadigde oplossing van CaF_2 bij 25°C ?
 Ga er van uit dat de hoeveelheid fluoride die doorreageert in de reactie $\text{F}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HF} + \text{OH}^-$ te verwaarlozen is. De fluorideconcentratie is:
- A** $1,6 \cdot 10^{-4}$
B $2,5 \cdot 10^{-4}$
C $3,1 \cdot 10^{-4}$
D $5,0 \cdot 10^{-4}$

Redox

- 26 Als de reactievergelijking $\text{Cl}^- + \text{ClO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ kloppend is, is de molverhouding $\text{Cl}^- / \text{ClO}_3^-$:
- A** 1 / 1
B 2 / 1
C 3 / 1
D 5 / 1
- 27 Voor de reactie $\text{Fe(s)} + 2 \text{M}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{M(s)}$ is ΔV° gelijk aan $0,93 \text{ V}$.
 De standaard elektrodepotentiaal (in V) voor de halfreactie $\text{M}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{M}$ is:
- A** +0,49
B +0,69
C +0,98
D -1,37

- 28 Welk tweetal producten wordt gevormd bij elektrolyse van een magnesiumbromideoplossing?
- A** H_2 en Br_2
B H_2 en O_2
C Mg en H_2
D Mg en O_2

Structuur

- 29 Welke van onderstaande sets kwantumgetallen is NIET toegestaan?

	n	l	m_l
A	1	0	0
B	2	2	1
C	3	1	1
D	4	3	-3

- 30 Hoeveel ongepaarde elektronen heeft een Co^{2+} ion in de gasfase in zijn grondtoestand?
- A** 2
B 3
C 4
D 5

- 31 Welk van onderstaande deeltjes heeft rond het centrale atoom dezelfde ruimtelijke omringing als SiF_4 ?
- A SF_4
 - B XeF_4
 - C ClF_4^+
 - D BF_4^-
- 32 Welke van onderstaande deeltjes heeft/hebben een dipoolmoment?
- I. SF_2
 - II. SF_4
 - III. SF_6
- A alleen I
 - B alleen III
 - C alleen I en II
 - D alleen II en III
- 33 Wat is de formele lading van het middelste atoom in de elektronenformule van ozon?
- A -2
 - B -1
 - C 0
 - D $+1$
- 34 In welk van onderstaande rijtjes zijn de verbindingen gerangschikt naar toenemende C–O bindingslengte?
- A Na_2CO_3 , HCOONa , CH_3ONa
 - B CH_3ONa , HCOONa , Na_2CO_3
 - C HCOONa , Na_2CO_3 , CH_3ONa
 - D Na_2CO_3 , CH_3ONa , HCOONa
- 35 Hoeveel onverzadigde verbindingen (dus geen ringstructuren) zijn er met de formule C_4H_8 ?
- A 1
 - B 2
 - C 3
 - D 4
- 36 Welke methode voor het karakteriseren van organische verbindingen is gebaseerd op trillingen van de atomen in een molecuul?
- A IR-spectrometrie
 - B NMR-spectrometrie
 - C UV-Vis-spectrometrie
 - D Röntgendiffractie

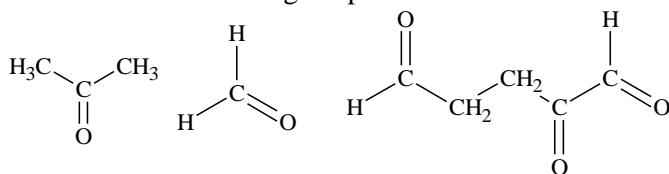
Open opgaven

(totaal 54 punten)

■ Opgave 2 Myrceen

10 pt

Myrceen is een terpeen dat geïsoleerd kan worden uit laurierbladeren. De formule van myrceen is $C_{10}H_{16}$. Het reageert met waterstof tot de verbinding $C_{10}H_{22}$. Ozonolyse¹ van myrceen levert de onderstaande verbindingen op:



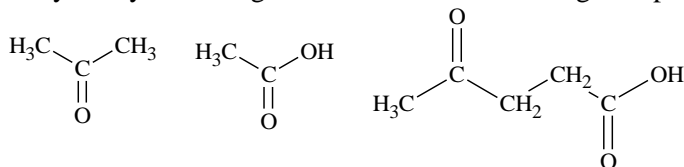
op grond van deze gegevens kunnen voor myrceen verschillende structuurformules worden opgesteld.

- 1 Geef alle structuurformules voor myrceen, die in overeenstemming zijn met deze gegevens. 4

Alle terpenen zijn opgebouwd uit bouwstenen isopreen (methyl-1,3-butadien). Deze zogenoemde isopreenregel kan ook op myrceen worden toegepast. Zo kan uit deze structuurformules de meest waarschijnlijke structuurformule voor myrceen worden gekozen.

- 2 Leg met behulp van de isopreenregel uit, welke dat is. 3

Tijdens het ophelderen van de structuurformule van myrceen werd de verbinding dihydromyrceen ($C_{10}H_{18}$) geïsoleerd. Deze stof reageert, evenals myrceen, met waterstof tot de verbinding $C_{10}H_{22}$. Dihydromyrceen reageert met $KMnO_4$ tot de volgende producten:

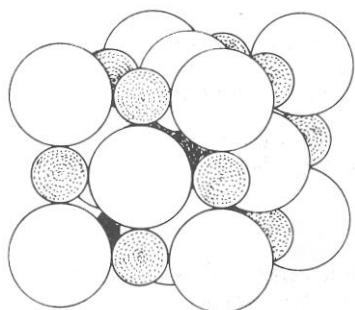


- 3 Leg met behulp van deze gegevens uit welke structuurformule dihydromyrceen heeft. 3

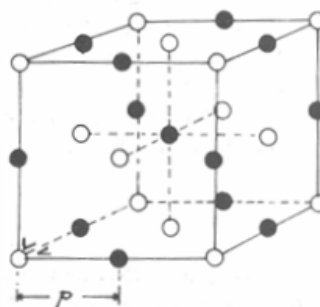
■ Opgave 3 De eenheidscel

17 pt

Een kristal keukenzout kunnen we beschrijven als een regelmatige stapeling van Na^+ ionen en Cl^- ionen. In figuur 1 is de stapeling van dit ionrooster weergegeven. In figuur 2 zijn slechts de posities van de ionen in dit rooster aangegeven; de getekende lijnen dienen ter verduidelijking van de ruimtelijke structuur.



figuur 1



figuur 2

¹ Als men een alkeen laat reageren met ozon en vervolgens met Zn/H_2O , dan gaat de verbinding verbreken bij de dubbele band, zodanig dat er aan beide kanten van het breukvlak een $C=O$ groep ontstaat ($C=C \rightarrow C=O + O=C$). Dit proces wordt een ozonolyse genoemd.

Bij behandeling met $KMnO_4$ treedt dezelfde splitsing op als bij de ozonolyse, maar treedt daarna nog eventueel verdere oxidatie op (van een aldehydgroep naar een carbonzuurgroep).

Als we veronderstellen dat de ionen in dit rooster zich gedragen als harde bollen, dan kunnen we aan elke ionsoort een bepaalde straal r toekennen.

Omdat positieve ionen en negatieve ionen elkaar raken, is

$$r_{\text{Na}^+} + r_{\text{Cl}^-} = p \text{ (zie figuur 2).}$$

Men kan p berekenen uit het volume van een mol keukenzout met behulp van N_A , het getal van Avogadro.

- 4 Bereken het volume, alsmede de lengte van de ribbe van een kubusvormig kristal keukenzout dat 58,5 gram weegt. De soortelijke massa van natriumchloride bedraagt $2,17 \text{ gram cm}^{-3}$. 2
- 5 Geef aan hoe je p kunt berekenen, uitgaande van je antwoord in □4. 5

Uit p kan echter r_{Na^+} of r_{Cl^-} niet worden berekend. Om deze ionstralen toch te kunnen berekenen heeft men meer gegevens nodig: figuur 2 beschrijft ook het ionrooster van andere alkalihalogeniden; in onderstaande tabel is voor een aantal van deze zouten p vermeld, zoals die uit nauwkeuriger gegevens is berekend.

p in 10^{-8} cm

LiF	2,01	LiCl	2,57	LiBr	2,75
NaF	2,40	NaCl	2,82	NaBr	2,99
KF	2,69	KCl	3,15	KBr	3,30
LiI	3,17	NaI	3,24	KI	3,53

Berekent men de verschillen tussen de p -waarden van de natriumhalogeniden en de overeenkomstige kaliumhalogeniden, dan volgt daaruit dat de straal van het natriumion ongeveer $0,31 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ kleiner is dan die van het kaliumion.

De straal voor een natriumion kan hieruit echter nog niet worden afgeleid.

Stellen we $r_{\text{K}^+} = x \cdot 10^{-8} \text{ cm}$, dan kunnen r_{Na^+} en r_{Cl^-} hierin worden uitgedrukt.

- 6 Druk r_{Na^+} en r_{Cl^-} uit in x . 4

De verschillen tussen de p -waarden van de natriumhalogeniden en de overeenkomstige lithiumhalogeniden lopen sterk uiteen.

Als we aannemen dat ionen harde bollen zijn met een straal die niet afhankelijk is van de verbinding waarin ze voorkomen, moeten we voor een aantal lithiumverbindingen aannemen dat p groter is dan de som van de ionstralen.

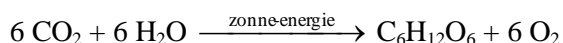
We kunnen veronderstellen dat in bijvoorbeeld lithiumjodide de positieve ionen zoveel kleiner zijn dan de negatieve ionen, dat negatieve ionen elkaar raken.

- 7 Geef deze situatie weer in een tekening, analoog aan het voorvlak van figuur 1. Welk verband bestaat er dan tussen p en de straal van het negatieve ion? 2
- 8 Bereken r_{I^-} en ook r_{Na^+} en r_{Cl^-} 4

Opgave 4 De koolzuurkringloop

14 pt

Diatomeeën zijn microscopisch kleine organismen, die in de oceanen voorkomen. Ze vormen een rijke voedselbron doordat zij via fotosynthese uit koolstofdioxide en water koolhydraten vormen:



Diatomeeën worden onder andere gegeten door ‘krill’, een verzamelnaam voor plankton en andere kleine, in zee levende organismen. Het krill is op zijn beurt weer voedsel voor de blauwe vinvis, een walvissoort. Er is 10 kg diatomeeën nodig voor de productie van 1,0 kg krill. Gedurende de eerste vijf jaar van zijn leven neemt de massa van een blauwe vinvis met 75 kg per dag toe door het eten van krill. Deze walvis eet tien maal deze massa aan krill per dag.

Neem aan dat de massatoename van deze walvis in de eerste vijf jaar van zijn leven geheel valt toe te schrijven aan het eten van koolhydraten ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

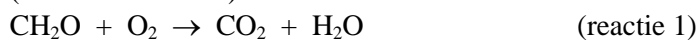
- 9 Bereken met behulp van de algemene gaswet (Binas tabel 35C3 en tabel 7) het aantal $\text{m}^3 \text{CO}_2$ (0°C , 101 kPa) dat door diatomeeën wordt gebruikt om de koolhydraten te produceren die door een blauwe vinvis in de eerste vijf jaar van zijn leven worden verorberd. 5
- 10 Bereken het aantal m^3 zeewater dat door diatomeeën verwerkt wordt om de hoeveelheid koolhydraten te produceren die een blauwe vinvis nodig heeft gedurende de eerste vijf jaar van zijn leven? In $1,00$ liter zeewater van 24°C en 101 kPa is $0,23 \text{ mL CO}_2$ opgelost. Neem aan dat diatomeeën al het CO_2 uit het zeewater halen en dit CO_2 volledig omzetten in koolhydraten. 2
- 11 Welke fractie van het totale volume van de oceanen is nodig om te voorzien in de CO_2 die voor de groei van 1000 blauwe vinvissen gedurende de eerste vijf jaar van hun leven nodig is? Het totale volume van de oceanen is $1,37 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$. 2
- Van de massa van een volwassen walvis bestaat $18,0\%$ uit koolstof. Koolstof kan terugkeren in de atmosfeer als koolstofdioxide, en vervolgens weer uit de atmosfeer verdwijnen door verwerking van gesteenten die calciumsilicaat bevatten:
- $$\text{CaSiO}_3(\text{s}) + 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_4\text{SiO}_4(\text{aq})$$
- 12 Hoeveel gram CaSiO_3 kan maximaal verwerken door reactie met het CO_2 dat ontstaat door het vergaan van 1000 blauwe vinvissen van $9,1 \cdot 10^4 \text{ kg}$ elk (het aantal dat er naar schatting per jaar sterft)? 5

■ Opgave 5 Biologische zuivering van afvalwater

13 pt

In een waterzuiveringsinstallatie wordt afvalwater biologisch gezuiverd. In deze opgave gaan we er vanuit dat de verontreiniging uitsluitend uit koolhydraten bestaat. Verder wordt in deze opgave voor een koolhydraat de algemene formule ' CH_2O ' gehanteerd.

In de zuiveringsinstallatie wordt een deel van de koolhydraten omgezet tot koolstofdioxide en water (de aerobe afbraak):



Een ander deel wordt vergist tot methaan en koolstofdioxide (de anaerobe afbraak):



De rest van de koolhydraten wordt niet omgezet.

Het vrijkomende methaan zou je kunnen gebruiken voor de energievoorziening van de installatie. Daarvoor is het van belang dat het gasmengsel dat uit de installatie komt zoveel mogelijk wordt ontdaan van koolstofdioxide.

- 13 Hoe kun je uit het gasmengsel dat de installatie verlaat de koolstofdioxide verwijderen? Geef ook de reactievergelijking die bij de door jou genoemde methode hoort. 3
- Als de koolstofdioxide uit het gasmengsel is verwijderd, is methaan echter nog steeds niet het hoofdbestanddeel van het overblijvende gasmengsel.
- 14 Geef de naam van het gas dat, behalve methaan, nog steeds als hoofdbestanddeel in het gasmengsel zit. 1
- De koolhydraatvervuiling van het water kun je uit het zogenoemde 'chemisch zuurstofverbruik' (COD) van het water afleiden. De COD waarde is de hoeveelheid zuurstof die nodig is om alle organische verontreiniging in het afvalwater volledig om te zetten tot koolstofdioxide en water. De COD waarde wordt uitgedrukt in $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$.
- 15 Bereken de COD waarde van afvalwater met een gehalte van $500 \text{ mg 'CH}_2\text{O' L}^{-1}$. 2
- Bij de bepaling van de COD waarde laat men de koolhydraten uit een watermonster reageren met een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Het dichromaat zet, net als zuurstof, de koolhydraten om tot koolstofdioxide en water. Door middel van een titratie kan men bepalen hoeveel dichromaat voor de omzetting van de koolhydraten nodig is. Daaruit wordt de COD waarde berekend. Hierbij moet je het aantal mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ met behulp van een vermenigvuldigingsfactor, F , omzetten naar een aantal mol O_2 dat daarmee overeenkomt.
- 16 Leid af hoe groot de vermenigvuldigingsfactor F is. 2

In de zuiveringsinstallatie is men geïnteresseerd in een aantal zaken. Eén daarvan is de hoeveelheid koolhydraten die per dag wordt omgezet. Die kan men afleiden uit de COD waardes van het water dat de zuiveringinstallatie ingaat en weer verlaat en nog een gegeven.

- 17 Welk gegeven is nog meer nodig? 1
- Bovendien wil men graag weten welk deel van de hoeveelheid koolhydraten wordt omgezet via reactie 1 en welk deel via reactie 2. Dit is af te leiden uit het dagelijkse verschil tussen het volume lucht dat in de installatie wordt gebruikt en het totale volume van de gassen die de installatie verlaten en uit de totale hoeveelheid koolhydraten die dagelijks wordt omgezet.
- 18 Beschrijf hoe je uit dit volumeverschil, in m^3 , kunt berekenen hoeveel g koolhydraten dagelijks via reactie 1 en via reactie 2 wordt omgezet. Geef van elke berekeningsstap aan hoe die wordt uitgevoerd. Ga ervan uit dat de het totale aantal g koolhydraten dat dagelijks wordt omgezet, bekend is. 4

naam:

Antwoordblad meerkeuzevragen van voorronde 2 van de 31^e Nationale Scheikundeolympiade 2010

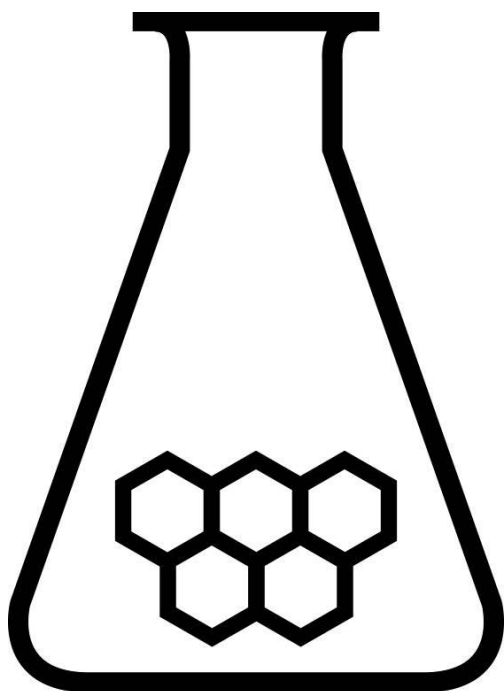
nr.	keuze letter	(score)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

nr.	keuze letter	(score)
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
totaal		

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 2

(de week van)
woensdag 14 april 2010



SCHEIKUNDE OLYMPIADE

vrije Universiteit amsterdam



- Deze voorronde bestaat uit 36 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 4 open vragen met in totaal 18 deelvragen
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 108 punten (geen bonuspunten)
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CSE worden verstrekt.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 54 punten)

Per juist antwoord: 1½ punt

Let op: fout antwoord: -¼ pt; geen antwoord: 0 pt

Experiment

- B** CO₂ (apolair, slecht wateroplosbaar) reageert met hydroxide tot waterstofcarbonaat (ionair, goed wateroplosbaar)
- C** NaOH is basische stof, NH₄NO₃ een zure stof
- D** salpeterzuur zet het diamminezilverion om in een gehydrateerd zilverion dat op zijn beurt met chloride-ionen een neerslag van zilverchloride vormt
- B** er wordt eerst bariumcarbonaat(s) gevormd dat in overmaat zuur weer in oplossing gaat onder vorming van koolstofdioxide

Rekenen

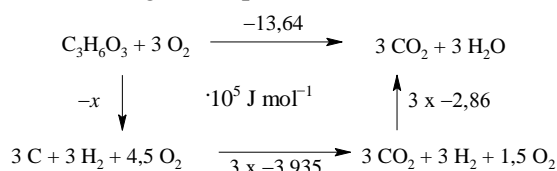
- C** $0,500 \frac{\text{mol}}{\text{kg}} \times 1,045 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 0,523 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$
- A** stel atoommassa element X is x; $\frac{34,8}{5 \times 16,0} = \frac{65,2}{2 \times x} \Rightarrow x = \frac{65,2 \times 5 \times 16,0}{2 \times 34,8} = 74,94 \Rightarrow X = \text{As} / \text{arsen}$
- A** er is $\frac{0,131 \text{ g}}{163,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 1 \left(\frac{\text{PO}_4^{3-}}{\text{Na}_3\text{PO}_4} \right) = 7,99 \cdot 10^{-4} \text{ mol PO}_4^{3-}$ en $2,40 \cdot 10^{-3} \text{ Ba}^{2+}$ (overmaat)
er wordt maximaal $7,99 \cdot 10^{-4} / 2 \text{ mol} \times 601,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,240 \text{ g}$ bariumfosfaat gevormd

Fysische chemie

- B** dit is de faseovergang s → l; voor het smelten is energie nodig ⇒ temperatuur blijft constant ⇒ traject b
- D** $n = \frac{pV}{RT} = \frac{745 \times 1,33322 \cdot 10^2 \times 10^{-3}}{8,3145 \times 308} = 0,0388 \text{ mol}; \frac{5,66 \text{ g}}{0,0388 \text{ mol}} = 146 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- C** de ionaire stoffen splitsen in meer deeltjes, (NH₂)₂CO is moleculair; hier heb je dus achtereenvolgens 1, 2, 3 en 4 mol deeltjes per mol verbinding

Thermo

- A** stel: vormingsenthalpie van melkzuur = x



zoals uit fig. blijkt: $x = 3 \times -3,935 + 3 \times -2,86 + 13,64 = -6,75 \Rightarrow$ vormingsenthalpie = $-6,75 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

- A** verdamping kost energie (**B** is onjuist), bij deze lagere temperatuur is er geen evenwicht (**C** is onjuist), bij verdampen neemt de entropie toe (**D** is onjuist), bij lagere temperatuur is verdampen niet spontaan (**A** is juist)
- B** $\text{C}_5\text{H}_{12} + 8 \text{O}_2 \rightarrow 5 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
 $(-4 \times -3,5 - 12 \times -4,1 - 8 \times -4,98 + 10 \times -8,04 + 12 \times (-4,635 - 0,22)) \cdot 10^5 = -36 \cdot 10^5 \text{ J per mol}$
- C** de reactie waarbij het aantal vrijheidsgraden toeneemt (vorming gassen)
- C** als er geen volumearbeid verricht wordt door het systeem: bij constant volume

Kinetiek

- C** temperatuur veroorzaakt meer beweging waardoor de deeltjes zelf instabieler zijn, vaker botsen en harder botsen
een katalysator vermindert de activeringsenergie, waardoor het rendement van de botsing toeneemt
- C** zie Binas-tabel 37A

- 18 C $\ln \frac{0,100}{0,0450} = 2,08 \cdot 10^{-2} t$; $t = 38,4$ s
- 19 C uit xp. 2 en 3 blijkt dat verdubbeling [Y] verdubbeling in s betekent $\Rightarrow s \sim [Y]^1$
uit xp. 1 en 2 blijkt dat verdubbeling van [X] en [Y] een factor 8 in s scheelt: factor 2 door [Y] en factor $4 = 2^2$ door [X] $\Rightarrow s \sim [X]^2$
- 20 D $s_{\text{tot}} = s_{\text{langzaam}} \sim [\text{O}][\text{O}_3]$; uit het eerste evenwicht blijkt $[\text{O}] \sim \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}_2]}$; vervolgens substitueren

Evenwicht

- 21 C 5,5% ionisatie $\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,0(3) \cdot 10^{-3}$; $K_z = \frac{(3,03 \cdot 10^{-3})^2}{5,5 \cdot 10^{-2} - 3,03 \cdot 10^{-3}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$
- 22 D I en III: zwak zuur met geconjugeerde base; II: ondermaat sterk zuur en zwakke base geeft zwak zuur met geconjugeerde base
- 23 C $K = \frac{K_z \times K_b}{K_w} = \frac{6,3 \cdot 10^{-4} \times 1,8 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-14}} = 1,1 \cdot 10^6$
- 24 B als er links en rechts evenveel gasdeeltjes staan vallen de referentiedrukken (en -concentraties) tegen elkaar weg
- 25 C $x \times (2x)^2 = 4 x^3 = 1,5 \cdot 10^{-11}$; $[\text{F}^-] = 2x = 2 \times 1,55 \cdot 10^{-4} = 3,1 \cdot 10^{-4}$

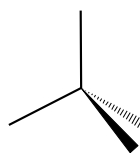
Redox

- 26 D de lading van Cl^- als reductor neemt toe met 1, die van Cl in ClO_3^- als oxidator af met 5; 5 Cl^- reageert dus met 1 ClO_3^-
- 27 A $V^\circ(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) = -0,44$; stel $V^\circ(\text{M}/\text{M}^+) = x$; $-(-0,44) + x = 0,93 \Rightarrow x = 0,93 - 0,44 = 0,49$ V
- 28 A beste reductor Br^- , beste oxidator $\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Br}_2$ en H_2

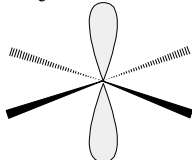
Structuur

- 29 B $l < n \Rightarrow$ combinatie B is onjuist
- 30 B Co^{2+} : $[\text{Ar}] 3d^7$, er zijn 5 d-orbitalen: dus 3 d-orbitalen met ongepaard elektron

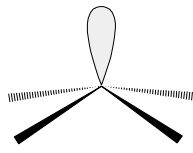
31 D



SiF_4 en BF_4^-

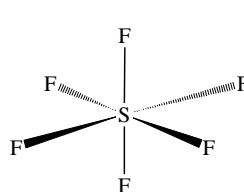
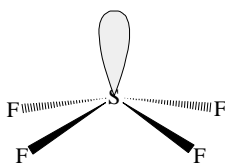
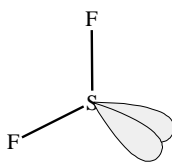


XeF_4



ClF_4^+ en SF_4

32 C



SF_2 en SF_4 hebben een dipoolmoment

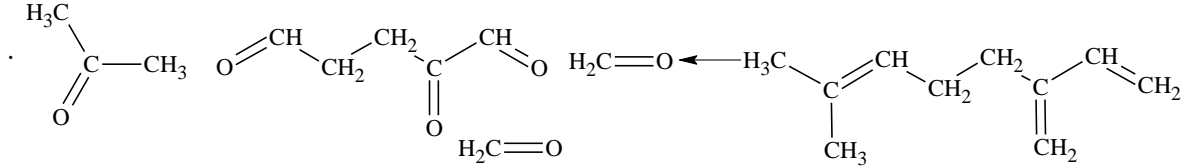
- 33 D het middelste zuurstofatoom heeft 3 bindende elektronenparen en heeft dus een formele lading 1+
- 34 C volgens de elektronenformules heeft de C–O-binding in HCOONa , Na_2CO_3 en CH_3ONa achtereenvolgens een (afnemend) bindingsgetal van $1\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{3}$ en 1 \Rightarrow toenemende bindingslengte
- 35 D
- 36 A strek- en buigvibraties

Opgave 2 Myrceen

10 pt

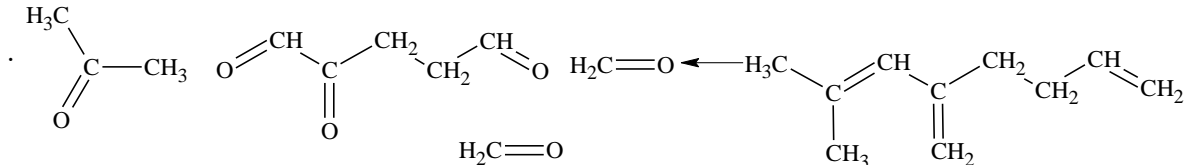
□1 Maximumscore 4

- constatering dat in de producten slechts 9 C-atomen aanwezig zijn, en dus, naast de andere twee moleculen, twee moleculen HCHO moeten worden gevormd uit één molecuul myrceen.

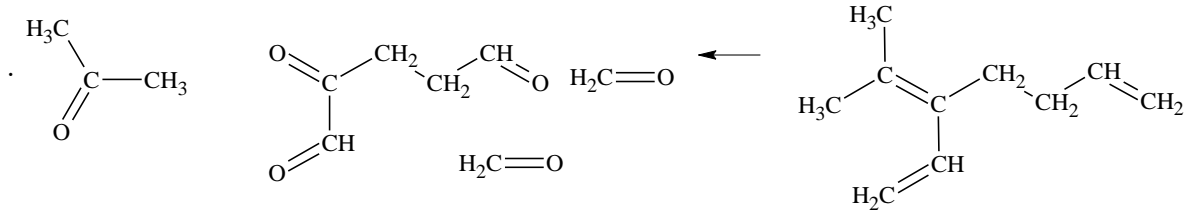


1

1



1



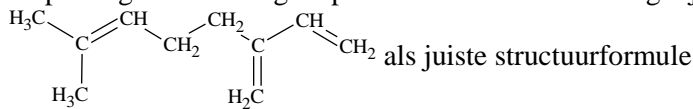
1

□2 Maximumscore 3

- notie dat isopreenregel inhoudt ‘het kunnen opgebouwd denken uit $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ eenheden

1

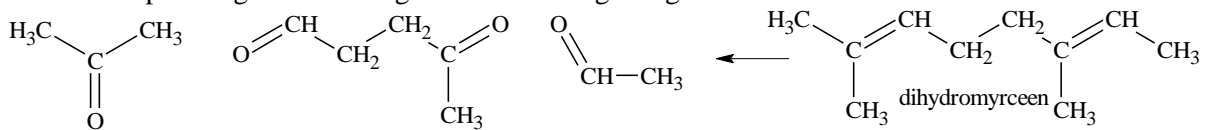
- toepassing van deze regel op de drie bovenstaande mogelijkheden voor myrceen, en identificatie van



2

□3 Maximumscore 3

uitgaande van het skelet voor myrceen (zie hierboven) moeten de brokstukken die ontstaan bij de reactie met permanganaat als volgt worden samengevoegd:



Opgave 3 De eenheidscel

17 pt

□4 maximumscore 2

- 1 cm³ NaCl(s) heeft een massa van 2,17 gram. 58,5 gram (= 1 mol) heeft dus een volume van

$$\frac{58,5}{2,17} = 27,0 \text{ cm}^3 \text{ (afgerond).}$$

1

- De ribbe van de kubus is dan: $\sqrt[3]{27} \text{ cm}^3 = 3 \text{ cm}$ lang.

1

□5 maximumscore 5

Een juiste berekening leidt tot het antwoord: $2,82 \cdot 10^{-8}$ cm

Twee alternatieve oplossingen: 1. Ruimtelijk 2. Rekenkundig

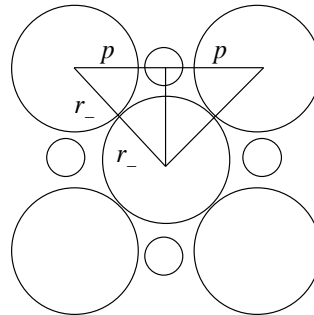
- 1. De getekende eenheidscel van het kristal heeft een volume van $(2p)^3 = 8p^3 \text{ cm}^3$ 1
- Hierin bevinden zich 4 'gehele' Na^+ ionen en 4 'gehele' Cl^- ionen, want een 'hoekpunt' ion bevindt zich slechts voor $\frac{1}{8}$ deel binnen de kubus, een 'ribbe' ion voor $\frac{1}{4}$ deel en een 'vlak' ion voor de helft 2
- 4 Na^+ ionen en 4 Cl^- ionen nemen een volume in van $8p^3 \text{ cm}^3$; $6,02 \cdot 10^{23}$ (1 mol) Na^+ en Cl^- ionen nemen een volume in van $\frac{8p^3}{4} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ cm}^3$. 1
- Volgens □4 is dit $27,0 \text{ cm}^3 \Rightarrow 2p^3 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 27 \Rightarrow p^3 = \frac{27}{2 \times 6,02 \cdot 10^{23}} \text{ cm}^3 \Rightarrow p = 2,82 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$. 1

of

- 2. 58,5 g NaCl (1 mol) bevat $6 \cdot 10^{23}$ Na^+ ionen en $6 \cdot 10^{23}$ Cl^- ionen, die om en om de kubische stapeling vormen. 2
- Als er $12 \cdot 10^{23}$ ionen in een kubus voorkomen, is dat een kubus met $\sqrt[3]{12 \cdot 10^{23}}$ ionen langs elke ribbe 1
- Elk ion draagt een stukje p bij aan de totale ribbe (van 3cm) $\Rightarrow p \times \sqrt[3]{12 \cdot 10^{23}} = 3$ 1
- $1,06 \cdot 10^8 \times p = 3 \Rightarrow p = 2,82 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$. 1

□6 maximumscore 4

- $r_{\text{K}^+} + r_{\text{Cl}^-} = 3,15 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$, $r_{\text{K}^+} = x$
- $r_{\text{Cl}^-} = (3,15 - x) \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
- $r_{\text{Na}^+} + r_{\text{Cl}^-} = 2,82 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
- $r_{\text{Na}^+} = (2,82 - 3,15 + x) \cdot 10^{-8} \text{ cm} = (x - 0,33) \cdot 10^{-8} \text{ cm}$.



□7 maximumscore 2

Uit de tekening volgt direct:

- $2 r_- = p \sqrt{2}$ 1
- $r_- = \frac{1}{2} p \sqrt{2}$ 1

□8 maximumscore 4

- $r_{\text{I}^-} = \frac{1}{2} \times 3,17 \cdot 10^{-8} \times \sqrt{2} \text{ cm} = 2,24 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ 2
- $r_{\text{Na}^+} + r_{\text{I}^-} = 3,24 \cdot 10^{-8} \text{ cm} \Rightarrow r_{\text{Na}^+} = (3,24 - 2,24) \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 1,00 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ 1
- $r_{\text{Na}^+} + r_{\text{Cl}^-} = 2,82 \cdot 10^{-8} \text{ cm} \Rightarrow r_{\text{Cl}^-} = (2,82 - 1,00) \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 1,82 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ 1

■ Opgave 4 De koolzuurkringloop

14 pt

□9 maximumscore 5

Een juiste berekening leidt tot het antwoord: $1,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$

- $5 \text{ jaar} \times \frac{365 \text{ dag}}{\text{jaar}} \times 75 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ kg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 1
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ van krill = $10 \times 1,4 \cdot 10^5 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ kg}$ 1
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ van diatomeeën = $10 \times 1,4 \cdot 10^6 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^7 \text{ kg}$
- $1,4 \cdot 10^7 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g}} \times \frac{6 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ CO}_2}{\text{mol}} = 1,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$ 3

- 10 maximumscore 2

$$\frac{1,0 \cdot 10^{10} \text{ L} \cdot \frac{297}{273}}{0,23 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}} = 4,7 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$$

(De factor 297/273 zorgt voor omrekening van het aantal L CO₂ van 0 °C naar 24 °C.)

- 11 maximumscore 2

$$\frac{4,7 \cdot 10^{10} \text{ m}^3 \times 1000}{1,37 \cdot 10^{18} \text{ m}^3} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ van het totale oceaantvolume}$$

- 12 maximumscore 5

Een juiste berekening leidt tot het antwoord: 7,8·10¹⁰ g of 7,9·10¹⁰ g

- massa C per walvis = 0,18 × 9,1·10⁴ kg = 1,6·10⁴ kg 1
- mol C = mol CO₂ = $\frac{1,6 \cdot 10^4 \text{ kg}}{12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$ = 1,33·10⁶ mol 1
- mol verveerd CaSiO₃ = $\frac{1 \text{ mol CaSiO}_3}{2 \text{ mol CO}_2}$ × 1,33·10⁶ mol = 6,7·10⁵ mol CaSiO₃ 1
- massa CaSiO₃ verveerd per walvis = 6,7·10⁵ mol × 116 $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ = 7,77·10⁷ g 1
- massa CaSiO₃ verveerd door de dood van 1·10³ walvissen = 7,77·10⁷ $\frac{\text{g}}{\text{walvis}}$ × 1·10³ walvis = 7,8·10¹⁰ g 1

■ Opgave 5 Biologische zuivering van afvalwater

13 pt

- 13 maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Leid het gasmengsel door kalkwater. De volgende reactie treedt dan op:



- juiste methode genoemd 1
- in de reactievergelijking de formules voor en na de pijl juist 1
- juiste coëfficiënten in de reactievergelijking 1

- 14 maximumscore 1

stikstof

- 15 maximumscore 2

$$\frac{500 (\text{mg L}^{-1})}{30,03 (\text{g mol}^{-1})} \times 32,00 (\text{g mol}^{-1}) = 533 (\text{mg L}^{-1})$$

- berekening van het aantal mmol O₂ dat nodig is voor de omzetting van alle koolhydraten in een liter afvalwater (is gelijk aan het aantal mmol koolhydraat per liter): 500 (mg L⁻¹) delen door de massa van een mol koolhydraat (30,03 g mol⁻¹) 1
- omrekening van het aantal mmol O₂ dat nodig is voor de omzetting van alle koolhydraten in een liter afvalwater naar de COD waarde: vermenigvuldigen met de massa van een mol O₂ (32,00 g mol⁻¹) 1

- 16 maximumscore 2
Een juiste afleiding leidt tot de conclusie $F = 1,5$.
- een dichromaat ion neemt zes elektronen op, een zuurstofmolecuul vier 1
 - conclusie 1
- 17 maximumscore 1
het volume / aantal m^3 afvalwater dat de installatie binnenkomt
- 18 maximumscore 4
Een voorbeeld van een juist antwoord is:
Je berekent het aantal mol gas dat in reactie 2 ontstaat door het volumeverschil (in m^3) te delen door het molaire volume (in $\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$). Het aantal mol koolhydraat dat in reactie 2 reageert is gelijk aan het aantal mol gas dat in reactie 2 ontstaat. Het aantal g koolhydraat dat in reactie 2 reageert, vind je door het aantal mol te vermenigvuldigen met $30,03 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$ / de molaire massa. Het aantal g koolhydraat dat in reactie 1 reageert, vind je door het aantal g koolhydraat dat in reactie 2 reageert af te trekken van het totale aantal g koolhydraat dat reageert.
- het aantal mol gas dat in reactie 2 ontstaat, bereken je door het volumeverschil te delen door het molaire volume 1
 - het aantal mol koolhydraat dat in reactie 2 reageert, is gelijk aan het aantal mol gas dat in reactie 2 reageert 1
 - het aantal g koolhydraat dat in reactie 2 reageert, is het aantal mol vermenigvuldigd met $30,03 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$ / de molaire massa 1
 - het aantal mol koolhydraat dat in reactie 1 reageert, is het totale aantal g koolhydraat dat reageert verminderd met het aantal g dat in reactie 2 reageert 1
- Indien een antwoord is gegeven waarin geen rekening is gehouden met de zuurstof die in reactie 1 reageert, bijvoorbeeld door het aantal mol koolhydraat dat in reactie 1 reageert te stellen op x en het aantal mol koolhydraat dat in reactie 2 reageert op y , leidend tot de conclusie dat het volgende stelsel van 2 vergelijkingen met 2 onbekenden zou moeten worden opgelost:
 $(x + y) \times 30,03 = \text{het totale aantal g koolhydraat dat reageert}$
 $(x + y) \times V_m = \text{het volumeverschil (in m}^3\text{)}$
 Met als toevoeging de opmerking dat hieruit x en y niet zijn op te lossen 3
- Indien een antwoord is gegeven waarin geen rekening is gehouden met de zuurstof die in reactie 1 reageert, bijvoorbeeld door het aantal mol koolhydraat dat in reactie 1 reageert te stellen op x en het aantal mol koolhydraat dat in reactie 2 reageert op y , leidend tot de conclusie dat het volgende stelsel van 2 vergelijkingen met 2 onbekenden zou moeten worden opgelost:
 $(x + y) \times 30,03 = \text{het totale aantal g koolhydraat dat reageert}$
 $(x + y) \times V_m = \text{het volumeverschil (in m}^3\text{)}$
 Zonder de opmerking dat hieruit x en y niet zijn op te lossen 2