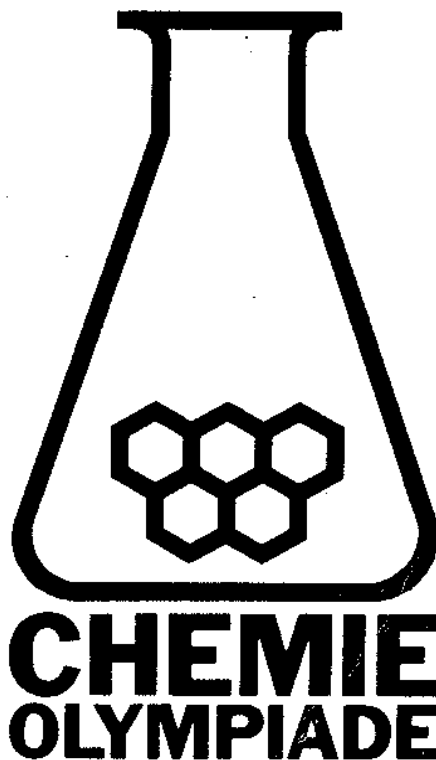

21^e NATIONALE CHEMIE OLYMPIADE
Voorronde 1, 2000

Opgaven

woensdag 9 februari



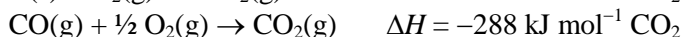
- Deze voorronde bestaat uit 29 vragen verdeeld over 7 opgaven.
- De maximum score voor dit werk bedraagt 100 punten.
- De toets duurt maximaal 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat.
- Gebruik van Binas toegestaan.
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen opleveren.

Opgave 1 Een allegaartje

(19 punten)

Geef beknopte antwoorden bij de vragen in deze opgave.

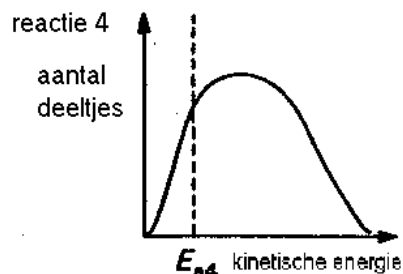
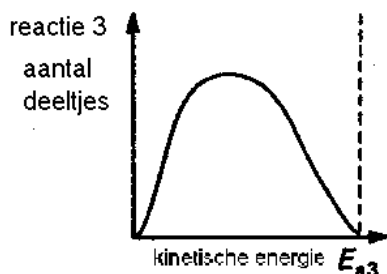
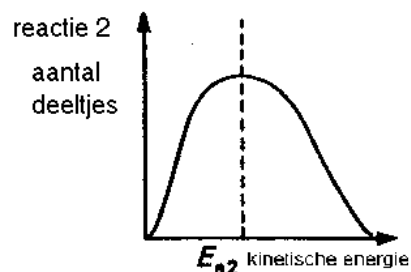
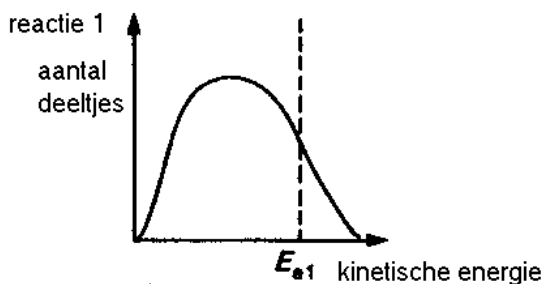
De volgende gegevens zijn geldig bij 1000 K en 101 kPa:



- 1 Bereken de vormingsenthalpie van CO(g) bij 1000 K en 101 kPa. 2
- 2 Welke van de volgende moleculen zijn dipoolmoleculen? 3

a. $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$ b. SO_2 c. CHCl_3 d. CO_2 e. 

Bekijk de onderstaande grafieken met steeds dezelfde energieverdeling. Hierin is het aantal deeltjes uitgezet tegen hun kinetische energie. De grafieken horen bij vier verschillende reacties die bij dezelfde temperatuur verlopen. In de figuren is met een streeplijn de activeringsenergie E_a van deze vier reacties aangegeven.



- 3 Welke reactie zal waarschijnlijk het snelst verlopen? 2

Voor de autoionisatie van water geldt $\text{p}K_w = 14,00$. Fosforzuur is een driebasisch zuur met:

$$\text{p}K_{z1} = 2,15$$

$$\text{p}K_{z2} = 7,21$$

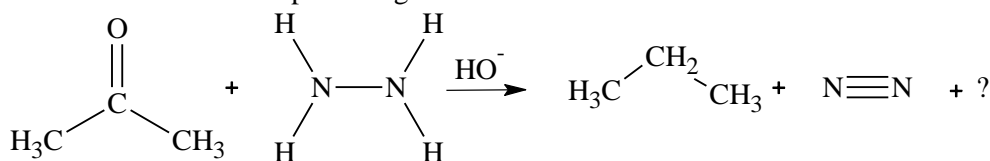
$$\text{p}K_{z3} = 12,36$$

- 4 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van de reactie $\text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O}$ 3

Een alkaan is gasvormig bij 85 °C en 96,0 kPa. De massa van het gas in een kolfje met volume 0,500 dm³ is onder deze omstandigheden 1,16 g.

- 5 Met behulp van deze gegevens kun je de molecuulformule van dit gas afleiden. Geef deze afleiding. 6

In basisch milieu verloopt de volgende redoxreactie:



- 6 Geef de vergelijking van de halfreactie van de oxidator bij de reactie. Geef deze vergelijking in molecuulformules. 3

Opgave 2 D'r bij en weer een beetje d'raf **(10 punten)**

In een vat is 0,72 mol SO₂ en 0,71 mol SO₃ aanwezig. Aan dit mengsel wordt 0,49 mol NO₂ toegevoegd. Er stelt zich een evenwicht in: SO₂(g) + NO₂(g) ⇌ SO₃(g) + NO(g)

Bij evenwicht is 0,39 mol NO₂ aanwezig.

- 7 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante bij deze temperatuur. 4
- Bij dezelfde temperatuur brengt men vervolgens 1,00 mol SO₂ in het vat.
- 8 Bereken de hoeveelheden (in mol) van alle vier stoffen, als het nieuwe evenwicht zich ingesteld heeft. 6

Opgave 3 Van sommige alcoholen krijg je het zuur **(15 punten)**

Vier verschillende alcoholen, **A–D**, hebben molecuulformule C₄H₁₀O.

A heeft de formule CH₃CH₂CH₂CH₂OH. Bij oxidatie met kaliumdichromaat K₂Cr₂O₇ in een zure oplossing vormt **A** eerst aldehyde **E** en bij verdere oxidatie ontstaat carbonzuur **F**.

- 9 Geef de halfreacties en de reactievergelijking in molecuulformules van de oxidatie van **A** tot **F** met dichromaat in een zure oplossing. Hierbij wordt onder meer chroom(III) gevormd. 5

Bij de oxidatie van **B** ontstaat aldehyde **G** en carbonzuur **H**.

Bij analyse met ¹³C-NMR, levert één van de stoffen **A** en **B** drie signalen, de andere vier.

- 10 Geef structuurformules van **B**, **G** en **H**. 3

- 11 Leg uit welke van de stoffen **A** en **B** in het ¹³C-NMR drie signalen heeft. 2

Bij de oxidatie met dichromaat in een zure oplossing van **C** ontstaat een keton **I**.

D reageert niet met een oxidator.

- 12 Geef de structuurformules van **C**, **D** en **I**. 3

- 13 Welke van de alcoholen **A–D** is optisch actief? 2

Opgave 4 De bleekgroene zuurstofvretter **(14 punten)**

Je maakt een ijzer(II)sulfaatoplossing door oplossen van 9,830 g FeSO₄·7H₂O in verdund zwavelzuur en vult met water aan tot 250,0 cm³.

- 14 Bereken de concentratie van ijzer(II) in de oplossing. 3

Men brengt de oplossing over in een fles van 0,50 dm³. De fles wordt afgesloten met een stop.

Bij contact met lucht wordt ijzer(II) door zuurstof langzaam omgezet in ijzer(III).

Na ongeveer drie maanden maak je de fles open en je neemt er 25,00 cm³ oplossing uit. Je titreert deze oplossing met 26,20 cm³ 0,02000 M kaliumpermanganaat(KMnO₄)oplossing. Bij deze titratie ontstaat ijzer(III) en mangaan(II).

Bij het openen van de fles hoor je een duidelijk sissgeluid.

- 15 Geef een verklaring voor dit sissgeluid. 2

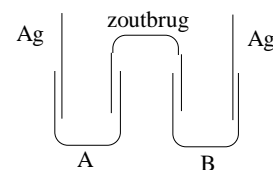
- 16 Geef de reactievergelijking van de titratie reactie. 4

- 17 Bereken de ijzer(II)concentratie van de oplossing in de fles. 3

- 18 Bereken hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid ijzer(II)ionen geoxideerd is tot ijzer(III). 2

Opgave 5 Een heel gedoe in een halfcel (13 punten)

Men bouwt in een microschaalexperiment de volgende cel.
Halfcel A bevat 20 druppels van een 0,100 M AgNO₃-oplossing. Halfcel B een mengsel van 1 druppel van dezelfde zilvernitraatoplossing en 19 druppels 0,200 M natriumchloride-oplossing.



- 19 Wat kun je waarnemen in halfcel B tijdens het mengen van de oplossingen? 2
- 20 Bereken de chlorideconcentratie in halfcel B na mengen. 3
- 21 Leg uit of de zilverelektrode in halfcel B de plus- of de minpool is. 2
- De bronspanning van de cel is 0,47 V.
De bronspanning van een zilverelektrode gemeten tov een standaard waterstofelektrode wordt gegeven door: $E = 0,80 + 0,059 \log [\text{Ag}^+]$ (Potentialiaal in volt)
- 22 Bereken de zilverconcentratie in halfcel B. 4
- 23 Bereken met behulp van de antwoorden in 20 en 22 het oplosbaarheidsproduct van zilverchloride. 2

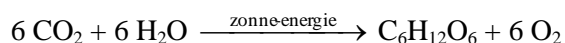
Opgave 6 Oplosbaarheidsquotient? (11 punten)

Calciumcarbonaat en calciumoxalaat zijn slecht oplosbare zouten. Een oplossing is verzadigd met beide zouten. Neem aan dat de negatieve ionen geen zuur-basereactie ondergaan.

- 24 Bereken de concentratieverhouding $\frac{\text{carbonaat}}{\text{oxalaat}}$. 6
- 25 Bereken de calciumconcentratie. 5

Opgave 7 De koolzuurkringloop (18 punten)

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.

- 26 Bereken het aantal m³ CO₂ (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. 7
- 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 (C₆H₁₂O₆).

- 27 Hoeveel m³ zeewater wordt door diatomeeën verwerkt 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 mL CO₂ opgelost. Neem aan dat diatomeeën al het CO₂ uit het zeewater weghalen en dit CO₂ volledig omzetten in koolhydraten. 3
- 28 Welke fractie van het totale volume van de oceanen is nodig om te voorzien in de CO₂ 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 1,37·10¹⁸ m³. 3
- 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:
- $$\text{CaSiO}_3(\text{s}) + 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^{-}(\text{aq}) + \text{H}_4\text{SiO}_4(\text{aq})$$
- 29 Hoeveel gram CaSiO₃ kan maximaal verwerken door reactie met het CO₂ dat ontstaat door het vergaan van 1000 blauwe vinvissen van 9,1·10⁴ kg elk (het aantal dat er naar schatting per jaar sterft)? 5

21^e NATIONALE CHEMIE OLYMPIADE

Antwoordmodel

woensdag 9 februari 2000

- Deze voorronde bestaat uit 29 vragen verdeeld over 7 opgaven.
- De maximum score voor dit werk bedraagt 100 punten.
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen opleveren.
- 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 Een allegaartje (19 punten)

□ 1 maximaal 2 punten

$$-395 - (-288) = -107 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- juist getal (107) 1
- min-teken voor de uitkomst 1

□ 2 maximaal 3 punten

b en c

Indien slechts één juiste letter is gegeven 1

Voor elke ten onrechte gegeven letter 1 punt aftrekken.

□ 3 maximaal 2 punten

reactie 4

□ 4 maximaal 3 punten

$$K = \frac{K_z(\text{HPO}_4^{2-})}{K_z(\text{H}_2\text{O})} = \frac{10^{-12,36}}{10^{-14}/55,4} = 2,4 \cdot 10^3$$

- $10^{-12,36}$ boven de streep 1
- 10^{-14} onder de streep 1
- 10^{-14} delen door 55,4 en rest van de berekening 1

□ 5 maximaal 6 punten

Een juiste afleiding leidt tot de molecuulformule C_5H_{12} .

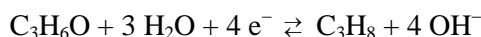
$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{96,0 \cdot 10^3 \cdot 0,500 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 358} = 1,61 \cdot 10^{-2}$$

- juiste factoren boven de streep 1
- juiste factoren onder de streep 1
- juiste berekening van n 1

$$M = \frac{1,16 \text{ g}}{1,61 \cdot 10^{-2} \text{ mol}} = 71,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

- berekening M: 1,16 delen door n 1
- juiste molecuulformule afgeleid uit M 2

□ 6 maximaal 3 punten



- juiste formules en e^- voor de pijl 1
- juiste formules na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

□ 7 Indien de volgende halfreactie is gegeven:



Opgave 2 D'rbij en weer een beetje d'raf (10 punten)

□ 9 maximaal 4 punten

V L	SO ₂	NO ₂	SO ₃	NO
begin	0,72	0,49	0,71	–
evenwicht 1	0,62	0,39	0,81	0,10

$$K = \frac{0,81 \cdot 0,10}{0,62 \cdot 0,39} = 0,33(5)$$

- berekening hoeveelheid NO 1
- berekening hoeveelheid SO₂ 1
- berekening hoeveelheden SO₃ 1
- berekening K 1

□ 10 maximaal 6 punten

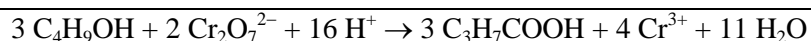
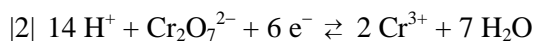
Stel dat van de extra toegevoegde SO₂ x mol reageert met NO₂.

V L	SO ₂	NO ₂	SO ₃	NO
evenwicht 2	1,62 – x	0,39 – x	0,81 + x	0,10 + x
	1,54	0,31	0,89	0,18

- $0,335 = \frac{(0,81+x)(0,10+x)}{(1,62-x)(0,39-x)}$ 1
- $0,081 + 0,91x + x^2 = 0,335(0,632 - 2,01x + x^2)$ 1
- $0,665x^2 + 1,583x - 0,131 = 0$ 1
- $x = \frac{-1,583 + \sqrt{1,583^2 - 4 \cdot 0,665 \cdot -0,131}}{2 \cdot 0,665} = 8,01 \cdot 10^{-2}$ 1
- berekening juiste hoeveelheden in mol voor alle stoffen (zie tabel) 2

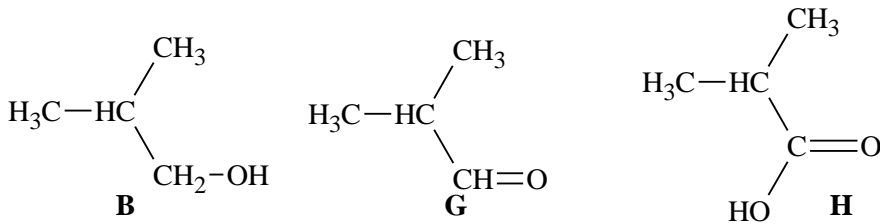
Opgave 3 Van sommige alcoholen krijg je het zuur (15 punten)

□ 11 maximaal 5 punten



- juiste formules voor de pijl in de eerste halfreactie 1
- juiste formules en e⁻ na de pijl in de eerste halfreactie 1
- tweede halfreactie juist 1
- alle formules in de onderste vergelijking juist 1
- juiste coëfficiënten in de onderste vergelijking 1

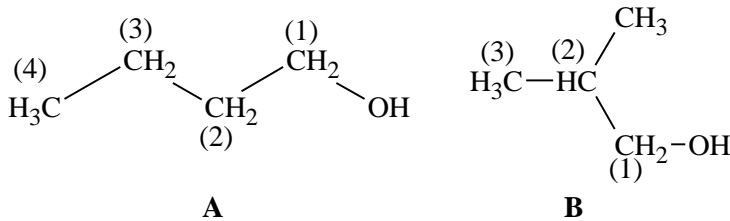
□ 12 maximaal 3 punten



· elke juiste formule B, G of H

1 (maximaal 3)

□ 13 maximaal 2 punten



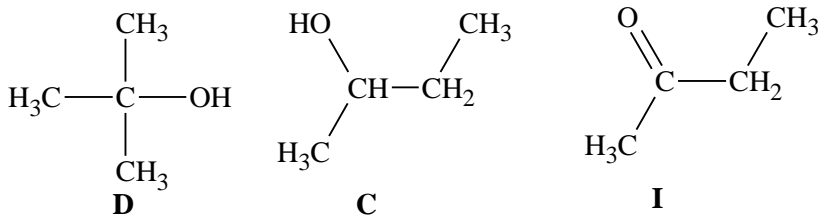
Als je kijkt naar de C-atomen hebben in **A** alle 4 atomen een andere chemische omgeving (let op nummering); er zijn dus 4 signalen. In **B** hebben twee C-atomen dezelfde chemische omgeving. Dit levert drie signalen.

· notie dat de omgeving van de C-atomen verschillend is

1
1

· notie dat B drie signalen heeft (en A vier)

□ 14 maximaal 3 punten



elke juiste formule D, C of I

1 (maximaal 3)

□ 15 maximaal 2 punten

Alcohol **C** (heeft een asymmetrisch C-atoom) is optisch actief.

Opgave 4 De bleekgroene zuurstofvretter

(14 punten)

□ 16 maximaal 3 punten

$$\frac{9,830 \text{ g}}{(151,9 + 7 \cdot 18,02) \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,2500 \text{ L}} = 0,1414 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

· berekening van de massa van een mol $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

1
1

· 9,830 delen door de massa van een mol $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

· omrekenen naar concentratie per L: delen door 0,2500

1

□ 17 maximaal 2 punten

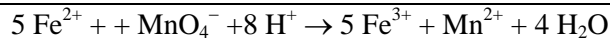
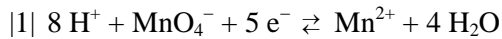
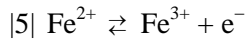
Oxidator zuurstof(g) wordt omgezet in water(l). Er ontstaat dus een onderdruk.

· notie dat een gas wordt omgezet in een vloeistof

1
1

· en dat daardoor onderdruk ontstaat

□ 18 maximaal 4 punten



- eerste halfreactie juist 1
- tweede halfreactie juist 1
- alle formules in de onderste vergelijking juist 1
- alle coëfficiënten in de onderste vergelijking juist 1

□ 19 maximaal 3 punten

$$\frac{26,20 \text{ mL} \cdot 0,02000 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 5}{25,00 \text{ mL}} = 0,1048 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

□ 20 maximaal 2 punten

$$\text{geoxideerd: } \frac{0,1414 - 0,1048}{0,1414} = 0,2588 \text{ ofwel } 25,88 \%$$

■ **Opgave 5 Een heel gedoe in een halfcel**

(13 punten)

□ 21 maximaal 2 punten

Er ontstaat een suspensie/neerslag (van wit zilverchloride).

□ 22 maximaal 3 punten

$$[\text{Cl}^{-}] = \frac{18,5}{20} \cdot 0,200 = 0,185 \text{ mol}$$

- notie dat een halve druppel chloride-oplossing reageert met de druppel zilver(nitraat)oplossing (en er dus “18,5 druppel chloride-oplossing” overblijft) 1
- notie dat het totale volume 20 druppels is 1
- rest van de berekening 1

□ 23 maximaal 2 punten

- $[\text{Ag}^{+}]_{\text{B}} \ll [\text{Ag}^{+}]_{\text{A}}$ 1
- dus de zilverelektrode in halfcel B is minpool 1

□ 24 maximaal 4 punten

- $0,47 = \frac{0,059}{1} \log \frac{0,100}{x}$ 2
- $\frac{0,100}{x} = 9,25 \cdot 10^7$ 1
- $x = [\text{Ag}^{+}]_{\text{B}} = 1,08 \cdot 10^{-9}$ 1

□ 25 maximaal 2 punten

$$K_s = [\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}] = 2,00 \cdot 10^{-10}$$

■ **Opgave 6 Oplosbaarheidsquotient?**

(11 punten)

□ 26 maximaal 6 punten

- $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ $K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 8,7 \cdot 10^{-9}$ 2
- $\text{CaC}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ $K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 2,6 \cdot 10^{-9}$ 2

$$\cdot \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]} = \frac{5,0 \cdot 10^{-9}}{2,3 \cdot 10^{-9}} = 3,3 \quad (3,35) \quad \underline{2}$$

□ 27 maximaal 5 punten

$$\cdot [\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 4,35[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \quad \underline{2}$$

$$\cdot \frac{1}{4,35} [\text{Ca}^{2+}]^2 = 2,6 \cdot 10^{-9} \quad \underline{1}$$

$$\cdot [\text{Ca}^{2+}] = \sqrt{1,13 \cdot 10^{-8}} = 1,1(1,06) \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad \underline{2}$$

■ Opgave 7 De koolzuurkringloop

(18 punten)

□ 28 maximaal 7 punten

$$\cdot 5 \text{ jaar} \cdot \frac{365 \text{ dag}}{\text{jaar}} \cdot 75 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ kg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \quad \underline{2}$$

$$\cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ van krill} = 10 \cdot 1,4 \cdot 10^5 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ kg} \quad \underline{1}$$

$$\cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ van diatomeeën} = 10 \cdot 1,4 \cdot 10^6 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^7 \text{ kg} \quad \underline{1}$$

$$\cdot 1,4 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g}} \cdot \frac{6 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \cdot \frac{22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ CO}_2}{\text{mol}} = 1,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 \quad \underline{3}$$

□ 29 maximaal 3 punten

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

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

□ 30 maximaal 3 punten

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

□ 31 maximaal 5 punten

$$\cdot \text{massa C per walvis} = 0,18 \cdot 9,1 \cdot 10^4 \text{ kg} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ kg} \quad \underline{1}$$

$$\cdot \text{mol C} = \text{mol CO}_2 = \frac{1,6 \cdot 10^4 \text{ kg}}{12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,33 \cdot 10^6 \text{ mol} \quad \underline{1}$$

$$\cdot \text{mol verveerd CaSiO}_3 = \frac{1 \text{ mol CaSiO}_3}{2 \text{ mol CO}_2} \cdot 1,33 \cdot 10^6 \text{ mol} = 6,7 \cdot 10^5 \text{ mol CaSiO}_3 \quad \underline{1}$$

$$\cdot \text{massa CaSiO}_3 \text{ verveerd per walvis} = 6,7 \cdot 10^5 \text{ mol} \cdot 116 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 7,77 \cdot 10^7 \text{ g} \quad \underline{1}$$

$$\cdot \text{massa CaSiO}_3 \text{ verveerd door de dood van } 1 \cdot 10^3 \text{ walvissen} = 7,77 \cdot 10^7 \frac{\text{g}}{\text{walvis}} \cdot 1 \cdot 10^3 \text{ walvis} = 7,8 \cdot 10^{10} \text{ g} \quad \underline{1}$$