



GAUTENG PROVINCE
EDUCATION
REPUBLIC OF SOUTH AFRICA

JUNIE EKSAMEN GRAAD 12

2023

**FISIESE WETENSKAPPE (CHEMIE)
(VRAESTEL 2)**

TYD: 3 uur

PUNTE: 150

12 bladsye en 2 datavelle

INSTRUKSIES EN INLIGTING

1. Skryf jou naam op jou ANTWOORDBOEK.
2. Hierdie vraestel bestaan uit 7 vrae. Beantwoord AL die vrae in die ANTWOORDBOEK.
3. Begin die antwoorde van elke vraag op 'n NUWE bladsy in die ANTWOORDBOEK.
4. Nommer die antwoorde korrek volgens die nommeringstelsel wat in hierdie vraestel gebruik word.
5. Laat EEN lyn oop tussen twee subvrae, byvoorbeeld, tussen VRAAG 2.1 en VRAAG 2.2.
6. Jy mag 'n nie-programmeerbare sakrekenaar gebruik.
7. Jy mag geskikte wiskundige instrumente gebruik.
8. Jy word aanbeveel om die aangehegde DATAVELLE te gebruik.
9. Toon ALLE formules en vervangings in ALLE berekeninge.
10. Rond al jou finale numeriese antwoorde af tot TWEE desimale plekke.
11. Gee kort beskrywings, ensovoorts waar benodig.
12. Skryf netjies en leesbaar.

VRAAG 1: MEERVOUDIGEKEUSE-VRAE

Verskeie opsies word voorsien as moontlike antwoorde vir die volgende vrae. Kies die antwoord en skryf slegs die letter (A – D) van jou keuse langs die vraagnommers (1.1 tot 1.10) in die ANTWOORDBOEK neer, bv. 1.11 E.

1.1 Die verbinding met 'n hidroksielgroep is ...

- A NaOH.
 - B CH_3COOH .
 - C $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.
 - D CH_3CHO .
- (2)

1.2 Watter van die volgende verbindings verteenwoordig die eerste lid van die ketone?

- A HCHO
 - B CH_3OH
 - C CH_3COCH_3
 - D $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- (2)

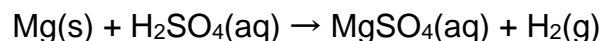
1.3 Watter van die volgende verbindings het die hoogste kookpunt?

- A CH_3CH_3
 - B $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$
 - C $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
 - D $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- (2)

1.4 As CH_3CH_3 omgeskakel word na $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, is die tipe reaksie ...

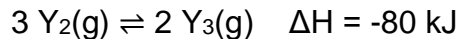
- A dehidrasie.
 - B dehalogenasie.
 - C substitusie.
 - D dehidrogenering.
- (2)

1.5 Watter van die volgende veranderinge sal die produksietempo van $\text{H}_2(\text{g})$ verhoog in die reaksie hieronder?



- A Verhoog die druk deur die volume te verminder.
 - B Voeg water by die reaksiemengsel.
 - C Verhoog die volume van die $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$.
 - D Verhoog die konsentrasie van die $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$.
- (2)

1.6 Oorweeg die volgende omkeerbare reaksie:

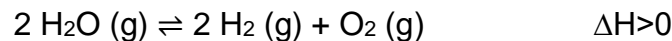


As die aktiveringsenergie vir die terugwaartse reaksie 180 kJ is, dan is die aktiveringsenergie vir die voorwaartse reaksie ...

- A – 80 kJ.
- B 80 kJ.
- C 100 kJ.
- D 180 kJ.

(2)

1.7 Gebruik die gasfase-ewewigstelsel wat deur die volgende vergelyking voorgestel word:



Watter van die volgende veranderinge sal die hoeveelheid H_2O by ewewig VERLAAG?

- A Verminder die volume van die houer by konstante temperatuur.
- B Voeg meer suurstof by.
- C Voeg 'n vastefase-katalisator by.
- D Verhoog die temperatuur by konstante druk.

(2)

1.8 Die volgende uitdrukking vir die ewewigskonstante vir 'n hipotetiese reaksie word gegee:

$$K_c = \frac{[\text{Y}_2\text{Z}]^4 [\text{XZ}_2]^3}{[\text{X}_3\text{Y}_8][\text{Z}_2]^5}$$

Vir watter van die volgende reaksies is die bogenoemde uitdrukking van K_c korrek?

- A $\text{X}_3\text{Y}_8 (\text{g}) + 5\text{Z}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{Y}_2\text{Z}(\text{g}) + 3\text{XZ}_2 (\text{g})$
- B $4\text{Y}_2\text{Z} (\text{g}) + 3\text{XZ}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{X}_3\text{Y}_8 (\text{g}) + 5\text{Z}_2 (\text{g})$
- C $2\text{X}_3\text{Y}_8 (\text{g}) + 7\text{Z}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 6\text{XZ}_2 (\text{g}) + 8\text{Y}_2\text{Z} (\text{g})$
- D $\text{X}_3\text{Y}_8 (\text{g}) + 5\text{Z}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{Y}_2\text{Z} (\text{g}) + 4\text{XZ}_2 (\text{g})$

(2)

1.9 HPO_4^{2-} kan as 'n amfoliet optree. In watter van die volgende reaksies tree HPO_4^{2-} as 'n Brønsted-Lowry suur op?

- A $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$
- B $\text{HPO}_4^{2-} + \text{HPO}_4^{2-} \rightarrow 2\text{HPO}_4^{2-}$
- C $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_3\text{O}^+$
- D $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^{1-} + \text{OH}^{1-}$

(2)

1.10 Watter van die volgende swak sure, elk van konsentrasie $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, het die laagste $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ konsentrasie?

	SUUR	K_a WAARDE
A	$\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	$1,2 \times 10^{-2}$
B	$\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	$4,2 \times 10^{-7}$
C	$(\text{COOH})_2(\text{aq})$	$5,6 \times 10^{-2}$
D	$\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$	$1,0 \times 10^{-7}$

(2)
[20]

VRAAG 2 (Begin op 'n nuwe bladsy.)

Die letters **A** tot **F** in die tabel hieronder verteenwoordig ses organiese verbindings.

A	B
$ \begin{array}{cccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} - \text{H} \\ & & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 & & & \text{H} & & \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H}_3\text{C} - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \end{array} $
C	D
$\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$	Propanoësuur
E	F
Pentanaal	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$

2.1 Definieer die term *onversadigde koolwaterstof*. (2)

2.2 Beskou die onversadigde koolwaterstof in die tabel.

2.2.1 Skryf die letter van hierdie verbinding neer. (1)

2.2.2 Die verbinding word by kamertemperatuur deur broomwater, $\text{Br}_2(\text{aq})$, in 'n proefbuis geborrel. Noem 'n waarneembare verandering in die proefbuis. (2)

2.3 Skryf neer:

2.3.1 Die IUPAC naam van verbinding **B** (2)

2.3.2 Die STRUKTUURFORMULE van verbinding **E** (2)

2.3.3 Die NAAM van die funksionele groep van verbinding **E** (1)

2.3.4 Die homoloë reeks wat 'n funksionele isomeer van verbinding **D** is (1)

2.4 Verbinding **A** is 'n alkaan. Skryf neer:

2.4.1 Die ALGEMENE FORMULE vir alkane (1)

2.4.2 Die MOLEKULÊRE FORMULES vir elk van die twee produkte wat tydens die volledige verbranding van verbinding **A** verkry word (2)

2.5 Verbinding **C** is 'n primêre haloalkaan.

2.5.1 Definieer die term *primêre haloalkaan*. (2)

2.5.2 Skryf die STRUKTUURFORMULE en IUPAC-naam van 'n ISOMEER van verbinding **C** neer. (2)

2.5.3 Klassifiseer die isomeer in VRAAG 2.5.2 as KETTING, POSISIONEEL of FUNKSIONEEL. (1)

2.6 'n Chemiese ontleding van verbinding **F** toon dat dit die volgende persentasie samestelling het:

x % koolstof (C), **y** % waterstof (H) en **12,5** % suurstof (O).

Gebruik 'n berekening om die waarde van **x** te bepaal. (4)
[23]

VRAAG 3 (Begin op 'n nuwe bladsy.)

Haloalkane speel 'n belangrike rol in die chemiese industrie. Haloalkane kan van alkohole gemaak word.

Die volgende tabelle kan gebruik word om die kookpunte van sommige haloalkane te vergelyk:

Tabel 1			
	Verbinding	Formule	Kookpunt (°C)
A	Chlorometaan	CH_3Cl	-24,1
B	Dichlorometaan	CH_2Cl_2	40,1
C	trichlorometaan	CHCl_3	61,8
D	tetrachlorometaan	CCl_4	76,6

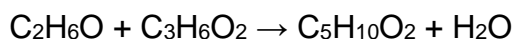
Tabel 2			
	Verbinding	Formule	Kookpunt (°C)
E	florometaan	CH_3F	-78,4
F	metanaal	CH_2O	-19
G	metanol	CH_3OH	64,7
H	metanoësuur	CH_2O_2	110,8

Gebruik die inligting wat in die tabelle hierbo gegee word om VRAAG 3.1 tot 3.6 hieronder te beantwoord.

- 3.1 Definieer die term *kookpunt*. (2)
- 3.2 Skryf die formule van TWEE haloalkane, wat die gevaarlikste by 25 °C is, neer. Gee 'n rede vir die antwoord. (3)
- 3.3 Beskryf die tendens in die kookpunte wat deur **Tabel 2** geïllustreer word. Verduidelik hierdie tendens. (4)
- 3.4 Gebruik **Tabel 1**.
- 3.4.1 Wat is die verband tussen die aantal chlooratome en die kookpunt? (2)
- 3.4.2 Verduidelik die verskil in kookpunt tussen chlormetaan en tetrachlormetaan deur na die intermolekulêre kragte en energieë te verwys. (3)
- 3.4.3 Noem TWEE faktore wat konstant gehou moet word in hierdie ondersoek om dit 'n regverdigte toets te maak. (2)
- 3.5 Definieer die term *dampdruk*. (2)
- 3.6 Verwys na die verbindings van metanol en metanoësuur in **Tabel 2**.
- 3.6.1 Watter EEN van hierdie twee verbindings sal die laagste dampdruk hê? (1)
- 3.6.2 Verduidelik die antwoord op VRAAG 3.6.1. (3)

[22]**VRAAG 4 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

- 4.1 'n Groep graad 12-leerders is in 'n skoollaboratorium besig om 'n organiese verbinding met die kenmerkende pynappel reuk te berei. Hulle gebruik etanol en propaanoësuur. Die gebalanseerde chemiese vergelyking vir hierdie reaksie is:



- 4.1.1 Watter tipe reaksie vind plaas? (1)
- 4.1.2 Noem EEN voorsorgmaatreël wat getref moet word wanneer die alkohol verhit word. (1)
- 4.1.3 Skryf die IUPAC-naam van die organiese verbinding wat gevorm word neer. (2)

4.1.4 Wanneer 50 g onsuiver etanol volledig reageer met 'n oormaat propanoësuur, produseer dit 68,88 g $C_5H_{10}O_2$. Bereken die persentasie suiwerheid van die etanol. (5)

4.2 Prop-1-een, 'n ONVERSADIGDE koolwaterstof, en verbinding **X**, 'n VERSADIGDE koolwaterstof, reageer met chloor, soos voorgestel deur die onvolledige vergelykings hieronder.

Reaksie I: Prop-1-een + $Cl_2 \rightarrow$ _____

Reaksie II: **X** + $Cl_2 \rightarrow$ 2-chlorobutaan + **Y**

4.2.1 Watter tipe reaksie (ELIMINASIE, ADDISIE of SUBSTITUSIE) vind in **Reaksie I** en **Reaksie II** plaas? (2)

4.2.2 Skryf die STRUKTUURFORMULE en NAAM van die produk wat in **Reaksie I** gevorm is, neer. (2)

4.2.3 Gee die reaksietoestand wat nodig is vir **Reaksie II** om plaas te vind. (1)

4.2.4 Skryf die IUPAC-naam vir reaktant **X** neer. (1)

4.2.5 Skryf die NAAM of FORMULE van produk **Y** neer. (1)

4.3 Beskou die organiese verbinding van 2-chlorobutaan. Hierdie verbinding kan óf eliminasië- óf substitusiëreaksies ondergaan in die teenwoordigheid van 'n sterk basis soos natriumhidroksied.

4.3.1 Watter reaksie sal eerder plaasvind wanneer 2-chlorobutaan verhit word in die teenwoordigheid van **GEKONSENTEERDE** natriumhidroksied in etanol. Skryf slegs SUBSTITUSIE of ELIMINASIE neer. (1)

4.3.2 Skryf die IUPAC-naam van die hoof organiese verbinding wat in VRAAG 4.3.1 gevorm word, neer. (2)

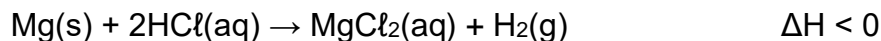
4.3.3 Gebruik struktuurformules om 'n gebalanseerde vergelyking te skryf vir die reaksie wat plaasvind wanneer 2-chlorobutaan met 'n VERDUNDE natriumhidroksiedoplossing reageer. (4)

4.3.4 Skryf die naam van die tipe substitusiëreaksie wat in VRAAG 4.3.3 plaasvind neer. (1)

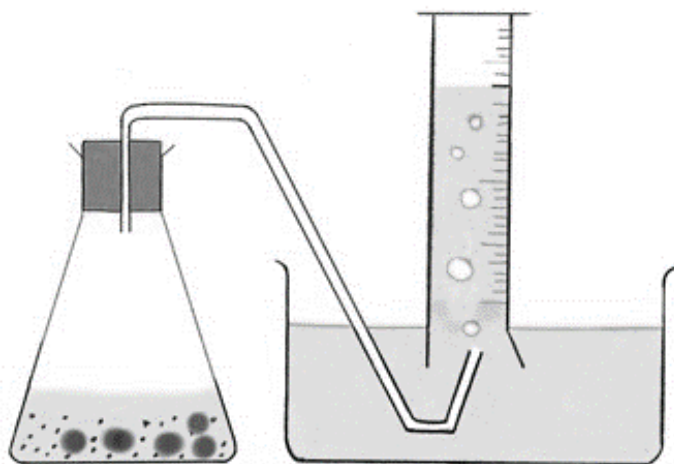
[24]

VRAAG 5 (Begin op 'n nuwe bladsy.)

'n Groep leerders gebruik die reaksie van magnesiumlint met verdunde soutsuur om faktore te ondersoek wat reaksietempo beïnvloed. Die gebalanseerde vergelyking vir die reaksie is:



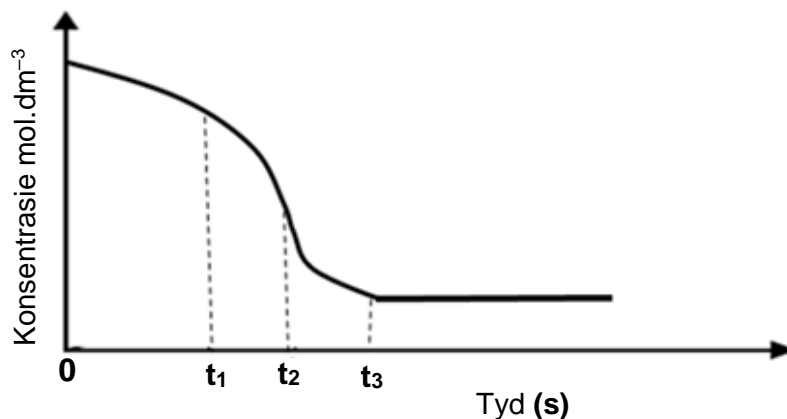
Die waterstofgas wat in die reaksie geproduseer word, word opgevang soos in die diagram getoon.



shutterstock.com • 2072659547

- 5.1 Is die reaksie hierbo EKSOTERMIES of ENDOTERMIES? Gee 'n rede vir die antwoord. (2)
- 5.2 Beskryf die metode wat gebruik word om die waterstofgas op te vang. (1)
- 5.3 In een van die eksperimente is 5 g magnesiumlint by die soutsuuroplossing gevoeg.
- 5.3.1 As die gemiddelde reaksietempo $7,5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ is, bereken die **VOLUME** (in cm^3) van die verdunde soutsuur wat OPGEBRUIK is in 1 minuut as die oplossing 'n konsentrasie van $1,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ het. (5)

Die konsentrasie van die suur wat as 'n funksie van tyd in hierdie eksperiment gebruik word, word deur die grafiek hieronder voorgestel.
(Die grafiek is NIE volgens skaal geteken nie.)

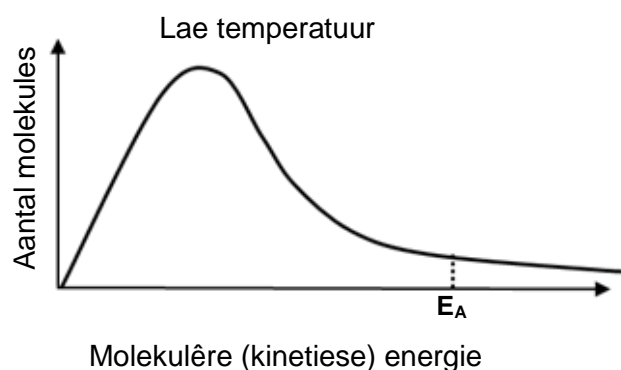


5.3.2 Hoe verander die tempo van die reaksie tussen t₁ en t₂?
Skryf slegs VERHOOG, VERLAAG of GEEN VERANDERING. (1)

5.3.3 Verduidelik die antwoord op VRAAG 5.3.2 deur van die botsingsteorie gebruik te maak. (3)

5.3.4 Verduidelik die vorm van die grafiek en wat gebeur het na t₃. (2)

5.4 Die volgende Maxwell-Boltzmann verspreidingsgrafiek is by 'n lae temperatuur verkry.



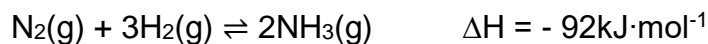
5.4.1 Kopieër die grafiek hierbo gegee in jou ANTWOORDBOEK. Gebruik 'n stippellyn en dui op die grafiek aan hoe hierdie verspreiding by 'n **HOËR TEMPERATUUR** sal verander. (3)

5.4.2 'n Katalisator is by die reaksie gevoeg. Verwys na die grafiek om VOLLEDIG te verduidelik hoe die katalisator die tempo van die reaksie beïnvloed. (3)

[20]

VRAAG 6 (Begin op 'n nuwe bladsy.)

Tydens die industriële voorbereiding van ammoniak reageer stikstofgas en waterstofgas in 'n geslote houer totdat die volgende ewewig bereik word by 'n konstante temperatuur van 472 °C.



6.1 Stel *Le Chatelier se beginsel*. (2)

6.2 Nadat ewewig bereik is, het die temperatuur konstant gebly. Verduidelik hierdie waarneming. (2)

6.3 'n Katalisator word nou bygevoeg. Hoe sal dit die ewewig beïnvloed? Skryf slegs VERHOOG, VERLAAG of GEEN EFFEK. (1)

6.4 Die temperatuur word verhoog tot 672°C.

Gebruik *Le Chatelier se beginsel* om te verduidelik wat met die konsentrasie van die ammoniak sal gebeur. (3)

6.5 Die ewewigskonstante (K_c) vir hierdie reaksie is 4,96 by die oorspronklike temperatuur van 472 °C.

Die volume van die houer is 0,5 dm³. Die ewewigskonsentrasies is onderskeidelik $[\text{NH}_3] = 0,28 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ en $[\text{H}_2] = 0,16 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Bereken die konsentrasie stikstofgas by ewewig. (3)

6.6 Bereken die **aanvanklike massa stikstof** wat gebruik was. (7)
[18]

VRAAG 7 (Begin op 'n nuwe bladsy.)

7.1 Definieer 'n *suur* volgens die Brønsted-Lowry-teorie. (2)

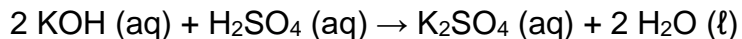
7.2 Die tabel toon die ionisasiekonstantes (K_a) van twee sure met dieselfde konsentrasies.

NAAM	FORMULE	K_a
Swaelsuur	H_2SO_4	$1,0 \times 10^3$
Swaeligsuur	H_2SO_3	$1,54 \times 10^{-2}$

7.2.1 Watter EEN van hierdie sure sal 'n hoër elektriese geleidingsvermoë hê? Gee 'n rede vir die antwoord. (2)

7.2.2 Maak gebruik van 'n chemiese reaksie om die ionisasie van swaelsuur in water aan te toon. (3)

- 7.3 'n Standaardoplossing van swaelsuur, H_2SO_4 , met 'n pH van 0,22 is getitreer teen 'n kaliumhidroksiedoplossing, KOH , met 'n onbekende konsentrasie. Die gebalanseerde vergelyking vir die reaksie is:



- 7.3.1 Definieer die term *standaardoplossing*. (2)
- 7.3.2 Bereken die konsentrasie van die hidroksiedione in die standaardoplossing van swaelsuur by 25°C . (5)
- 7.3.3 $20 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ neutraliseer presies $30 \text{ cm}^3 \text{ KOH}$. Bereken die konsentrasie van die kaliumhidroksiedoplossing. (5)
- 7.4 'n Waterige oplossing van ammoniumsulfaat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) is in 'n beker gemeng. 'n Paar druppels broomtimolblou is by die oplossing gevoeg.
- 7.4.1 Wat sal die verwagte kleur wees? (1)
- 7.4.2 Verduidelik die antwoord op VRAAG 7.4.1 deur van 'n HIDROLISE-reaksie gebruik te maak. (3)

[23]

TOTAAL: 150

DATA FOR PHYSICAL SCIENCES GRADE 12
PAPER 2 (CHEMISTRY)

GEGEWENS VIR FISIESE WETENSKAPPE
VRAESTEL 2 (CHEMIE)

TABLE 1: PHYSICAL CONSTANTS/TABEL 1: FISIESE KONSTANTES

NAME/NAAM	SYMBOL/SIMBOOL	VALUE/WAARDE
Standard pressure <i>Standaarddruk</i>	p^{θ}	$1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
Molar gas volume at STP <i>Molêre gasvolume by STD</i>	V_m	$22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
Standard temperature <i>Standaardtemperatuur</i>	T^{θ}	273 K
Charge on electron <i>Lading op elektron</i>	e	$-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Avogadro's constant <i>Avogadro se konstante</i>	N_A	$6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

TABLE 2: FORMULAE/TABEL 2: FORMULES

$n = \frac{m}{M}$	$n = \frac{N}{N_A}$
$c = \frac{n}{V}$ OR/OF $c = \frac{m}{MV}$	$n = \frac{V}{V_M}$
$\frac{c_a V_a}{c_b V_b} = \frac{n_a}{n_b}$	$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$
$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ at/by } 298 \text{ K}$	
$E_{\text{cell}}^{\theta} = E_{\text{cathode}}^{\theta} - E_{\text{anode}}^{\theta} / E_{\text{sel}}^{\theta} = E_{\text{katode}}^{\theta} - E_{\text{anode}}^{\theta}$ Or/of $E_{\text{cell}}^{\theta} = E_{\text{reduction}}^{\theta} - E_{\text{oxidation}}^{\theta} / E_{\text{sel}}^{\theta} = E_{\text{reduksie}}^{\theta} - E_{\text{oksidasie}}^{\theta}$ Or/of $E_{\text{cell}}^{\theta} = E_{\text{oxidising agent}}^{\theta} - E_{\text{reducing agent}}^{\theta} / E_{\text{sel}}^{\theta} = E_{\text{oksideer middel}}^{\theta} - E_{\text{reduseer middel}}^{\theta}$	

TABLE 3: THE PERIODIC TABLE OF ELEMENTS/TABEL 3: DIE PERIODIEKE TABEL VAN ELEMENTE

1 (I)	2 (II)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 (III)	14 (IV)	15 (V)	16 (VI)	17 (VII)	18 (VIII)
<p>KEY/SLEUTEL</p> <p>Atomic number/ <i>Atoomgetal</i></p> <p>Electro negativity/ <i>Elektronegatiwiteit</i></p> <p>Symbol/ <i>Simbool</i></p> <p>Approximate relative atomic mass/ <i>Benaderde relatiewe atoommassa</i></p>																	
1 H 1	2 He 4																
3 Li 7	4 Be 9																
11 Na 23	12 Mg 24																
19 K 39	20 Ca 40	21 Sc 45	22 Ti 48	23 V 51	24 Cr 52	25 Mn 55	26 Fe 56	27 Co 59	28 Ni 59	29 Cu 63,5	30 Zn 65	31 Ga 70	32 Ge 73	33 As 75	34 Se 79	35 Br 80	36 Kr 84
37 Rb 86	38 Sr 88	39 Y 89	40 Zr 91	41 Nb 92	42 Mo 96	43 Tc 98	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57 La 139	58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm 147	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175	72 Hf 179
87 Fr 226	88 Ra 226	89 Ac 227	90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np 237	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 252	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 262	104 Rf 261