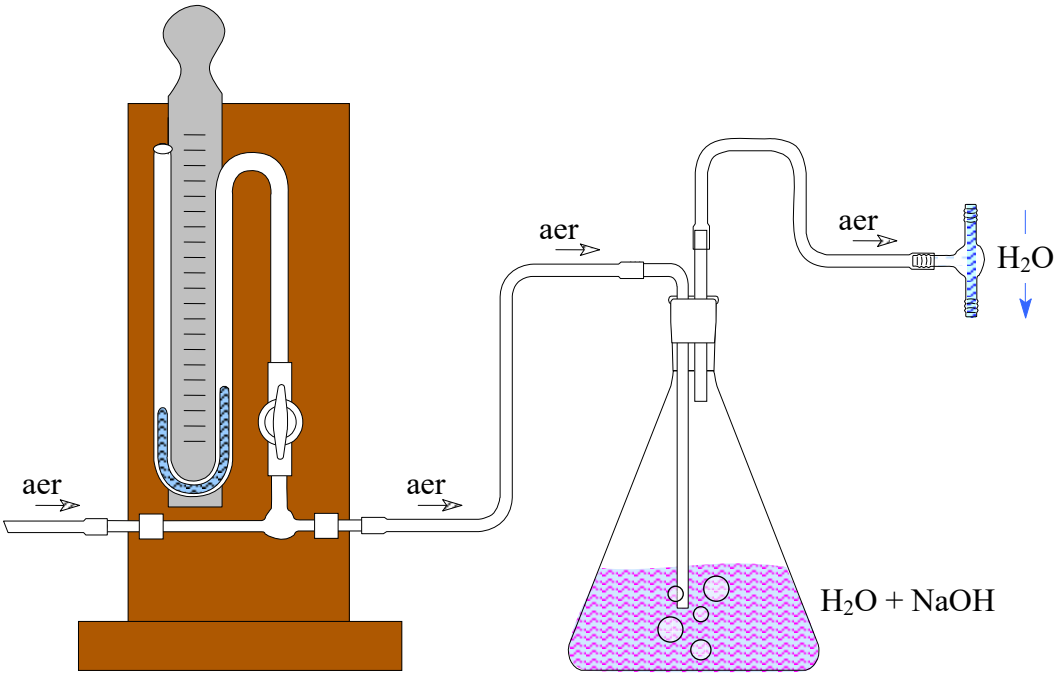
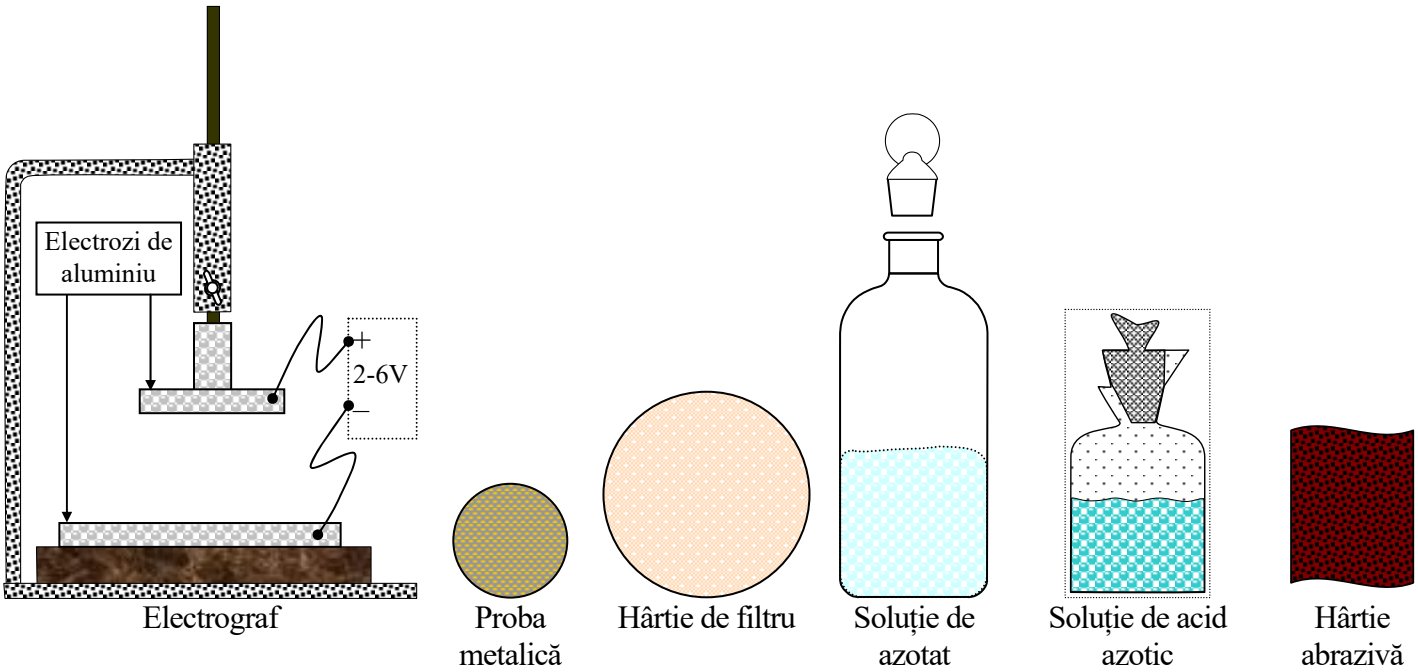


Lucrări de laborator de chimie generală

Ghid practic

Lorentz Jäntschi



Drepturi de autor © 2023 Lorentz Jäntschi

PUBLICAT DE ACADEMICDIRECT

ACADEMICDIRECT.ORG

ISBN 978-606-93534-5-5

Autorizat sub licența Creative Commons Attribution-NonComercial 4.0 ("licența"). Nu puteți utiliza acest fișier decât în conformitate cu licența. Puteți obține o copie a licenței de la https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0. Cu excepția cazului în care legea aplicabilă o cere sau este convenit în scris, documentul distribuit în baza licenței este "ca atare", fără garanții sau condiții de niciun fel, exprese sau implicite. Consultați licența pentru limba specifică care guvernează permisiunile și limitările din licență.
Prima editare: Decembrie 2022; Prima publicare: Ianuarie 2023; Ultima revizie: Decembrie 2023

Cuprins

I Experimente

1 Prelevarea probelor gazoase . . . 15

1.1 Partea Teoretică . . . 15
1.1.1 Introducere . . . 15
1.1.2 Scop . . . 16
1.1.3 Experiment . . . 16
1.1.4 Reacții chimice . . . 16
1.1.5 Procedura . . . 16
1.1.6 Analiza datelor . . . 16

1.2 Exemplu de calcul . . . 17

2 Analiza calitativă cu electrograful . . . 19

2.1 Partea Teoretică . . . 19
2.1.1 Introducere . . . 19
2.1.2 Scop . . . 20
2.1.3 Experiment . . . 20
2.1.4 Reacții chimice . . . 20
2.1.5 Procedura . . . 20
2.1.6 Identificarea cationilor . . . 21

2.2 Exemple de desfășurare . . . 23
2.2.1 Exemplu ipotetic . . . 23
2.2.2 Exemplu real 1 . . . 26
2.2.3 Exemplu real 2 . . . 28
2.2.4 Exemplu real 3 . . . 30
2.2.5 Exemplu real 4 . . . 31

3 Difuzia gazelor . . . 35

3.1 Partea Teoretică . . . 35
3.1.1 Introducere . . . 35
3.1.2 Scop . . . 35

3.1.3 Procedura . . . 35
3.1.4 Experiment . . . 36
3.1.5 Analiza datelor . . . 37
3.2 Exemple de calcul . . . 38
3.2.1 Exemplu de calcul 1 . . . 38
3.2.2 Exemplu de calcul 2 . . . 39
3.2.3 Exemplu de calcul 3 . . . 39
3.2.4 Exemplu de calcul 4 . . . 40

4 Volumul molar . . . 43
4.1 Partea Teoretică . . . 43
4.1.1 Introducere . . . 43
4.1.2 Scop . . . 44
4.1.3 Procedura . . . 45
4.1.4 Experiment . . . 45
4.1.5 Analiza datelor . . . 46
4.2 Exemple de calcul . . . 48
4.2.1 Exemplu de calcul 1 . . . 48
4.2.2 Exemplu de calcul 2 . . . 50

5 Coroziunea Zincului . . . 53
5.1 Partea Teoretică . . . 53
5.1.1 Introducere . . . 53
5.1.2 Scop . . . 54
5.1.3 Reacții chimice . . . 54
5.1.4 Experiment . . . 54
5.1.5 Procedura . . . 54
5.1.6 Analiza datelor . . . 55
5.2 Exemplu de calcul . . . 56

6 Coroziunea Aluminiului . . . 59
6.1 Partea Teoretică . . . 59
6.1.1 Introducere . . . 59
6.1.2 Scop . . . 60
6.1.3 Reacții chimice . . . 60
6.1.4 Experiment . . . 60
6.1.5 Procedura . . . 60
6.1.6 Analiza datelor . . . 61
6.2 Exemplu de calcul . . . 61
6.2.1 Experiment . . . 61

7 Nichelarea . . . 63
7.1 Partea Teoretică . . . 63
7.1.1 Introducere . . . 63
7.1.2 Scop . . . 64
7.1.3 Experiment . . . 64
7.1.4 Reacții chimice . . . 64
7.1.5 Rețeta pentru soluția (electrolit) de sulfat de nichel . . . 64
7.1.6 Procedura . . . 64

7.1.7 Analiza datelor . . . 65
7.2 Exemplu de calcul . . . 66

8 Calitatea depunerii de nichel . . . 69
8.1 Partea Teoretică . . . 69
8.1.1 Introducere . . . 69
8.1.2 Scop . . . 70
8.1.3 Experiment . . . 70
8.1.4 Reacții chimice . . . 70
8.1.5 Procedura . . . 71
8.1.6 Analiza datelor . . . 71
8.2 Exemplu de calcul . . . 71

9 Pile electrochimice . . . 73
9.1 Partea Teoretică . . . 73
9.1.1 Introducere . . . 73
9.1.2 Scop . . . 74
9.1.3 Experiment . . . 74
9.1.4 Reacții chimice . . . 75
9.1.5 Procedura . . . 76
9.1.6 Analiza datelor . . . 76
9.2 Exemplu de calcul . . . 77

10 Titrarea . . . 81
10.1 Partea Teoretică . . . 81
10.1.1 Introducere . . . 81
10.1.2 Scop . . . 82
10.1.3 Sticlăria . . . 82
10.1.4 Concentrații . . . 83
10.1.5 Experimente . . . 84
10.1.6 Reacții chimice . . . 85
10.1.7 Proceduri . . . 85
10.1.8 Analiza datelor . . . 87
10.2 Exemplu de calcul . . . 88

11 Analiza apelor . . . 93
11.1 Partea Teoretică . . . 93
11.1.1 Introducere . . . 93
11.1.2 Scop . . . 94
11.1.3 Experiment . . . 94
11.1.4 Concepte . . . 94
11.1.5 Reacții chimice . . . 95
11.1.6 Procedura . . . 95
11.1.7 Analiza datelor . . . 96
11.2 Exemple de calcul . . . 97
11.3 Exemplul de calcul 1 . . . 97
11.4 Exemplul de calcul 2 . . . 100

II Întrebări

12 Prelevarea probelor 107

13 Analiza calitativă 109

14 Difuzia moleculară 113

15 Volumul molar 117

16 Coroziunea 119

17 Nichelarea 121

18 Potențialul electrochimic 123

19 Soluții 125

20 Analiza apelor 127

III Probleme

21 Problema 1 133
21.1 Cerințe 133
21.2 Date 133
21.3 Rezolvare 133

22 Problema 2 135
22.1 Cerințe 135
22.2 Date 135
22.3 Rezolvare 135

23 Problema 3 137
23.1 Cerințe 137
23.2 Date 137
23.3 Rezolvare 137

24 Problema 4 139
24.1 Cerințe 139
24.2 Date 139
24.3 Rezolvare 139

25 Problema 5 141
25.1 Cerințe 141
25.2 Date 141

25.3 Rezolvare 141

26 Problema 6 143
26.1 Cerințe 143
26.2 Date 143
26.3 Rezolvare 143

27 Problema 7 145
27.1 Cerințe 145
27.2 Date 145
27.3 Rezolvare 145

28 Problema 8 147
28.1 Cerințe 147
28.2 Date 147
28.3 Rezolvare 147

29 Problema 9 149
29.1 Cerințe 149
29.2 Date 149
29.3 Rezolvare 149

30 Problema 10 151
30.1 Cerințe 151
30.2 Date 151
30.3 Rezolvare 151

31 Problema 11 153
31.1 Cerințe 153
31.2 Date 153
31.3 Rezolvare 153

32 Problema 12 155
32.1 Date 155
32.2 Rezolvare 155

33 Problema 13 157
33.1 Cerințe 157
33.2 Date 157
33.3 Rezolvare 157

34 Problema 14 159
34.1 Cerințe 159

34.2 Date . . . 159
34.3 Rezolvare . . . 159

35 Problema 15 . . . 161
35.1 Cerințe . . . 161
35.2 Date . . . 161
35.3 Rezolvare . . . 161

36 Problema 16 . . . 163
36.1 Cerințe . . . 163
36.2 Date . . . 163
36.3 Rezolvare . . . 163

37 Problema 17 . . . 165
37.1 Cerințe . . . 165
37.2 Date . . . 165
37.3 Rezolvare . . . 165

38 Problema 18 . . . 167
38.1 Cerințe . . . 167
38.2 Date . . . 167
38.3 Rezolvare . . . 167

39 Problema 19 . . . 169
39.1 Cerințe . . . 169
39.2 Date . . . 169
39.3 Rezolvare . . . 169

Appendices . . . 173

A Notații și mărimi . . . 173
A.1 Abrevieri . . . 173
A.2 Simboluri . . . 173
A.3 Constante . . . 174
A.4 Unități de măsură standard . . . 174
A.5 Unități de măsură non-standard . . . 174
A.6 Multipli și submultipli . . . 174
A.7 Părți fracționare . . . 175
A.8 Clase de rezistență la coroziune . . . 175

B Substanțe și compuși . . . 177
B.1 Indicatori . . . 177
B.2 Cationi . . . 178

B.3 Anioni 178
B.4 Compuși 179

Lista schemelor grafice

1.1 Colectarea probelor gazoase prin splălare într-un vas 16

2.1 Analiza cu electrograful 20
2.2 Procesul de ionizare a metalelor în prezența curentului electric 20
2.3 Utilizarea electrografului 21
2.4 Trecerea metalelor în soluție și pe hârtia de filtru ca cationi 21
2.5 Desfășurarea experimentului cu electrograful 23

3.1 Pregătirea experimentului de difuzie 36
3.2 Începutul experimentului de difuzie 37
3.3 Sfârșitul experimentului de difuzie 37
3.4 Distanțe în experimentul de difuzie 38

4.1 Înainte de reacție în experimentul producere a oxigenului 45
4.2 Începutul reacției în experimentul producere a oxigenului 45
4.3 Sfârșitul reacției în experimentul producere a oxigenului 46
4.4 Date în experimentul producere a oxigenului 48

5.1 Faze în experimentul de coroziune a zincului 54
5.2 Măsurători pentru arie în coroziunea zincului 56

6.1 Faze în experimentul de coroziune a aluminiului 60
6.2 Măsurători pentru arie în coroziunea aluminiului 61

7.1 Baia de nichelare pentru analiza cantitativă 64
7.2 Măsurători pentru arie la depunerea nichelului 66

8.1 Baia de nichelare în experimentul de analiză calitativă 70

9.1 Circuitul electrochimic cu celula Daniel 74
9.2 Circuitul electrochimic cu bateria 74
9.3 Circuitul electrochimic cu celula fotovoltaică 74
9.4 Simplificarea circuitului electric la studiul celulelor electrochimice 75
9.5 Erori verticale, orizontale și ortogonale și tratarea acestora 75

10.1 Sticlăria de laborator pentru titrare 82
10.2 Concentrare și diluție 83

11.1 Titrarea apelor 94
11.2 Măsurători de aciditate a apei 95
11.3 Măsurători de alcalinitate a apei 95
11.4 Măsurători de duritate a apei 95

Experimente

1 Prelevarea probelor gazoase 15
1.1 Partea Teoretică 15
1.2 Exemplu de calcul 17

2 Analiza calitativă cu electrograful 19
2.1 Partea Teoretică 19
2.2 Exemple de desfășurare 23

3 Difuzia gazelor 35
3.1 Partea Teoretică 35
3.2 Exemple de calcul 38

4 Volumul molar 43
4.1 Partea Teoretică 43
4.2 Exemple de calcul 48

5 Coroziunea Zincului 53
5.1 Partea Teoretică 53
5.2 Exemplu de calcul 56

6 Coroziunea Aluminiului 59
6.1 Partea Teoretică 59
6.2 Exemplu de calcul 61

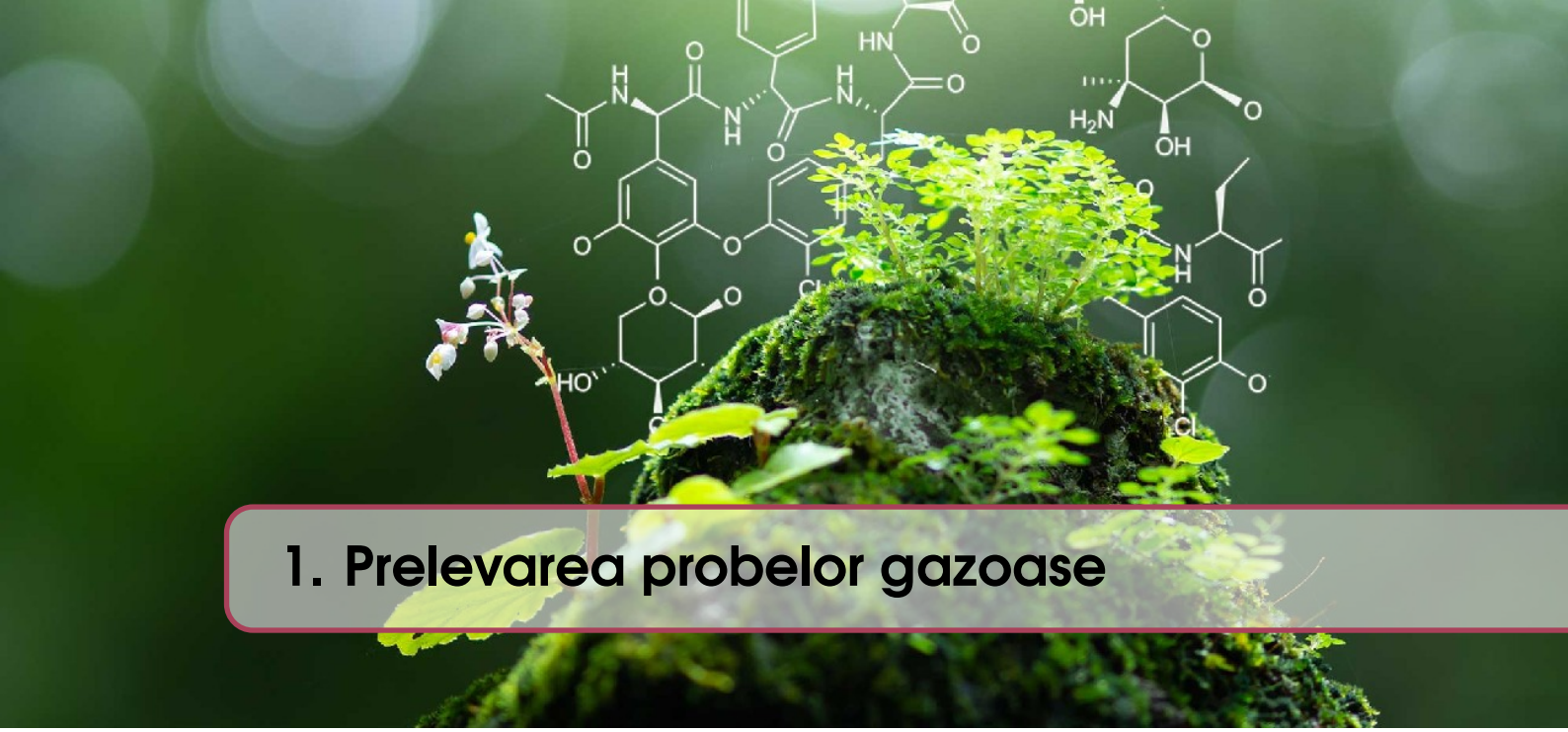
7 Nichelarea 63
7.1 Partea Teoretică 63
7.2 Exemplu de calcul 66

8 Calitatea depunerii de nichel 69
8.1 Partea Teoretică 69
8.2 Exemplu de calcul 71

9 Pile electrochimice 73
9.1 Partea Teoretică 73
9.2 Exemplu de calcul 77

10 Titrarea 81
10.1 Partea Teoretică 81
10.2 Exemplu de calcul 88

11 Analiza apelor 93
11.1 Partea Teoretică 93
11.2 Exemple de calcul 97
11.3 Exemplul de calcul 1 97
11.4 Exemplul de calcul 2 100



1. Prelevarea probelor gazoase

1.1 Partea Teoretică

1.1.1 Introducere

Toate metodele de analiză cantitativă includ câteva operații de laborator comune: prelevarea probelor, uscarea, cântărirea și dizolvarea. Dizolvarea este singura operație care nu este necesară întotdeauna deoarece există câteva metode instrumentale în care măsurătoarea este posibilă direct pe probă [1]. Orice analist experimentat efectuează aceste operațiuni oferindu-le o atenție deosebită, deoarece se știe faptul că pregătirea adecvată a măsurătorii este la fel de importantă ca și măsurătoarea în sine. O probă trebuie să fie reprezentativă pentru toate componentele luând în considerare măsura în care aceste componente sunt incluse în materialul de analizat. Dacă materialul este omogen, prelevarea probei nu este o problemă. Pentru materiale eterogene sunt necesare măsuri speciale de precauție în vederea obținerii unei probe reprezentative [2].

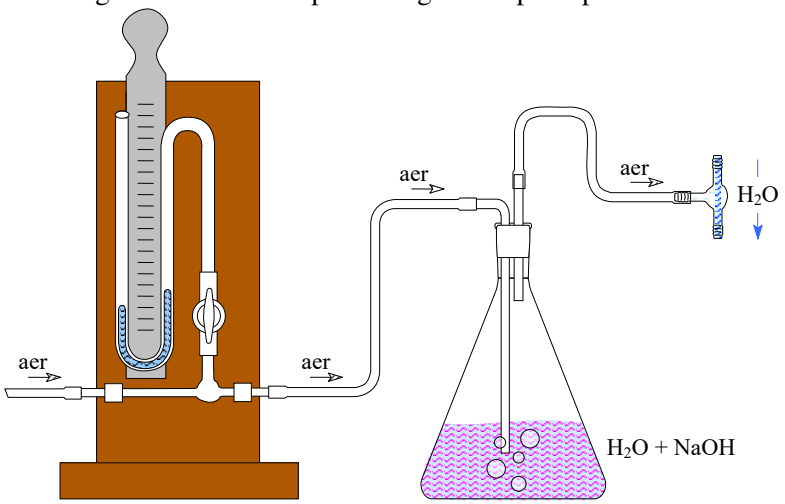
O probă de laborator se poate alege la întâmplare sau se poate alege un plan elaborat statistic, care oferă teoretic fiecărui component din probă șanse egale de a fi detectat și analizat [3]. Este de știut că orice determinare de precizie necesită un șir de măsurători repetate în baza căsuia se poate extrage semnificația statistică a cantității măsurate [4].

Există trei metode de bază pentru colectarea gazelor. Acestea sunt: extinderea într-un container care apoi poate fi descărcat, înlocuirea unui lichid și spălarea. Pentru capturarea gazelor emanate (cum sunt cele din izvoare și cele ce însoțesc apele termale) dispozitive speciale de capturare a acestora e necesar a fi proiectate [5].

În toate cazurile, trebuie cunoscut volumul vaselor colectoare, temperatura și presiunea. Tipic, vasele de colectare sunt confecționate din sticlă și echipate cu orificiu de intrare și unul de ieșire care poate fi deschis sau închis corespunzător. Pentru a elimina contaminarea probelor, se spală exteriorul vasului cu gazul din care trebuie prelevate probe. Dispozitivul de prelevare trebuie astfel conceput încât trebuie să permită ca acest proces să ruleze fără probleme. Aerul este un amestec complex a mai multor gaze diferite. Compoziția sa reală depinde de mediul înconjurător și de locul de unde este prelevată proba. În prezent, datorită poluării, se fac eforturi din ce în ce mai mari pentru a studia și monitoriza calitatea aerului. Prezența aerului poate cauza ca diverși compuși să dea reacții de culoare specifice, cantitatea de anioni din aer (prin reacția cu o soluție bazică), sau cantitatea de cationi din aer (reacția cu o soluție acidă).

În vederea colectării unei probe de aer este utilizat un colector simplu care va fi folosit pentru a determina concentrația de anioni din aer prin titrare cu o bază tare (NaOH). În mod similar se poate determina și concentrația de cationi din aer, când se înlocuiește baza cu un acid (HCl).

Fig. 1.1: Colectarea probelor gazoase prin splălare într-un vas



1.1.2 Scop

Se va determina cantitatea totală de cationiți din aer.

1.1.3 Experiment

1.1.4 Reacții chimice

$$\mathrm{NaOH(aq)} \rightleftharpoons \mathrm{Na^+(aq)} + \mathrm{HO^-(aq)}$$

$$A^{a+}(\mathrm{g}) + a\mathrm{HO^-(aq)} \rightleftharpoons A(\mathrm{OH})_{\mathrm{a}}(\mathrm{aq})$$

1.1.5 Procedura

- Măsurați cu termometrul T_{aer} temperatura mediului ambiant;
- Măsurați cu barometrul presiunea p_{aer} a mediului ambiant;
- Pentru a captura volumul V_{aer} de aer adăugați 20 mL soluție de $CaCl_2$ de concentrație 0.1 M și V_{NaOH} = 20 mL soluție de NaOH de concentrație c_{NaOH} = 0.1 M;
- Complectați cu apă distilată până peste tubul inferior;
- Adăugați un indicator care arată virajul la pH $\approxeq$ 7 (de exemplu albastru de brom-timol sau fenolftaleină);
- Măsurați diametrul tubului de admisie a aerului din apropierea manometrului; fie acesta d_{tub};
- Porniți pompa de apă astfel încât debitul să fie constant vizibil și mic;
- Porniți cronometrul și măsurați timpul până la care se observă modificarea de culoare în soluția captată; fie acesta τ.
- Egalizând presiunea dinamică a curentului de aer datorită urcării coloanei de lichid din manometru, se obține viteza fluxului de aer prin tub.
- Calculați fractia molară de cationiți din aer.

1.1.6 Analiza datelor

Mărime și semnificație	Valoare
constanta gazelor	$\mathrm{R} = 8.314\ \mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$
coeficient adiabatic $\gamma = C_p/C_v$, $\gamma_{\mathrm{aer}} = 1.4$, $c_\gamma = 1 - \gamma_{\mathrm{aer}}^{-1}$	$c_\gamma =$
accelerația gravitațională	$g = 9.8065\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

densitatea apei din manometru	$\rho_{\text{apă}} = 998\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
simbol convențional ce exprimă cantități monovalente ($1e^-$)	$a = 1$
presiunea atmosferică (în Pa)	$p_{\text{aer}} =$
temperatura (în K)	$T_{\text{aer}} =$
diferența de nivel în manometru (în m)	$h_{\text{apă}} =$
viteza fluxului de aer prin tub (în m/s, *), $v_{\text{aer}} = \sqrt{2\frac{\text{R}\cdot T_{aer}}{c_\gamma}\left(1-\left(1-\frac{\rho_{\text{apă}}\cdot g\cdot h_{\text{apă}}}{p_{\text{aer}}}\right)^{c_\gamma}\right)}$	$v_{\text{aer}} =$
diametrul tubului de admisie a aerului	$d_{\text{tub}} =$
timpul de neutralizare a soluției de NaOH	$\tau =$
volumul de aer traversat prin soluția de NaOH, $V_{\text{aer}} = \frac{\pi\cdot d_{\text{tub}}^2}{4}\cdot v_{\text{aer}}\cdot\tau =$	$V_{\text{aer}} =$
număr de moli aer, $n_{\text{aer}} = \frac{(p_{\text{aer}}-\rho_{\text{apă}}\cdot g\cdot h_{\text{apă}})\cdot V_{\text{aer}}}{\text{R}\cdot T_{\text{aer}}}$	$n_{\text{aer}} =$
concentrația molară a soluției de NaOH	$c_{\text{NaOH}} = 0.1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
volumul de soluție de NaOH	$V_{\text{NaOH}} = 20\ \text{mL} = 2\cdot 10^{-2}\ \text{L}$
număr de moli de NaOH, $n_{\text{NaOH}} = c_{\text{NaOH}}\cdot V_{\text{NaOH}}$	$n_{\text{NaOH}} =$
număr de moli anioni / electron schimbați, $n_{a=1} = a\cdot n_{\text{NaOH}}$	$n_{a=1} =$
fracție molară în echivalenți de anioniți din aer, $x_{\text{aer}} = \frac{n_{a=1}}{n_{\text{aer}}}$	$x_{\text{aer}} =$

* cf. art. 16 din O.M. 115/4.7.2018 în Monitorul Oficial al României 610/17.7.2018

1.2 Exemplu de calcul

Mărime și semnificație	**Valoare**
constanta gazelor	$\text{R} = 8.314\ \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
coeficient adiabatic $\gamma = C_p/C_v$, $\gamma_{\text{aer}} = 1.4$, $c_\gamma = 1-\gamma_{\text{aer}}^{-1}$	$c_\gamma = 1 - 1.4^{-1}$
accelerația gravitațională	$g = 9.8065\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
densitatea apei din manometru	$\rho_{\text{apă}} = 998\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
simbol convențional ce exprimă cantități monovalente ($1e^-$)	$a = 1$
presiunea atmosferică (în Pa)	$p_{\text{aer}} = 753\ \text{mmHg} = 100392\ \text{Pa}$
temperatura (în K)	$T_{\text{aer}} = 20\ °\text{C} = 292\ \text{K}$
diferența de nivel în manometru (în m)	$h_{\text{apă}} = 4.2\ \text{cm} = 4.2\cdot 10^{-2}\ \text{m}$
viteza fluxului de aer prin tub (în m/s)	$v_{\text{aer}} = 4.46\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
diametrul tubului de admisie a aerului	$d_{\text{tub}} = 3\ \text{mm} = 3\cdot 10^{-3}\ \text{m}$
timpul de neutralizare a soluției de NaOH	$\tau = 7200\ \text{s}$
volumul de aer traversat prin soluția de NaOH,	$V_{\text{aer}} = 0.227\ \text{m}^3$
număr de moli aer, $n_{\text{aer}} = \frac{(p_{\text{aer}}-\rho_{\text{apă}}\cdot g\cdot h_{\text{apă}})\cdot V_{\text{aer}}}{\text{R}\cdot T_{\text{aer}}}$	$n_{\text{aer}} = 9.35\ \text{mol}$
concentrația molară a soluției de NaOH	$c_{\text{NaOH}} = 0.1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
volumul de soluție de NaOH	$V_{\text{NaOH}} = 20\ \text{mL} = 2\cdot 10^{-2}\ \text{L}$
număr de moli de NaOH	$n_{\text{NaOH}} = 2\cdot 10^{-3}\ \text{mol}$
număr de moli anioni / electron schimbați, $n_{a=1} = a\cdot n_{\text{NaOH}}$	$n_{a=1} = 2\cdot 10^{-3}\ \text{mol}$
fracție molară în echivalenți de anioniți din aer, $x_{\text{aer}} = \frac{n_{a=1}}{n_{\text{aer}}}$	$x_{\text{aer}} = 214\ \text{ppm}$

$$v_{\text{aer}} = \sqrt{2\frac{\text{R}\cdot T_{\text{aer}}}{c_\gamma}\left(1-\left(1-\frac{\rho_{\text{apă}}\cdot g\cdot h_{\text{apă}}}{p_{\text{aer}}}\right)^{c_\gamma}\right)} =$$

$$\sqrt{2\frac{8.314\ \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\times 292\ \text{K}}{1-1.4^{-1}}\left(1-\left(1-\frac{998\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\times 9.81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}\times 0.042\ \text{m}}{100392\ \text{Pa}}\right)^{1-1.4^{-1}}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{2\times 8.314\times 292}{1-1.4^{-1}}\times 0.001172}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = \sqrt{19.91}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 4.46\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$V_{\text{aer}} = \frac{\pi\cdot d_{\text{tub}}^2}{4}\cdot v_{\text{aer}}\cdot\tau = \frac{3.14\times 3^2}{4}\times 4.46\times 7200\ \text{mm}^2\times\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\times\text{s} = 0.227\ \text{m}^3$$

$$n_{\text{aer}} = \frac{(p_{\text{aer}}-\rho_{\text{apă}}\cdot g\cdot h_{\text{apă}})\cdot V_{\text{aer}}}{\text{R}\cdot T_{\text{aer}}}$$

$$= \frac{(100392\ \text{Pa}-998\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\times 9.8065\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}\times 4.2\cdot 10^{-2}\ \text{m})\times 0.227\ \text{m}^3}{8.314\ \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\times 292\ \text{K}} = 9.35\ \text{mol}$$

$$n_{\text{NaOH}} = c_{\text{NaOH}}\cdot V_{\text{NaOH}} = 0.1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\times 2\cdot 10^{-2}\ \text{L} = 2\cdot 10^{-3}\ \text{mol}$$

$$x_{\text{aer}} = \frac{n_{a=1}}{n_{\text{aer}}} = \frac{2\cdot 10^{-3}\ \text{mol}}{9.35\ \text{mol}} = 0.0002139 = 214\ \text{ppm}$$

2. Analiza calitativă cu electrograful

2.1 Partea Teoretică

2.1.1 Introducere

Analiza solidelor poate fi efectuată direct din fază solidă prin intermediul absorbției sau emisiei de radiație în arc electric sau în flacără sau prin aducerea solidului într-o soluție prin dizolvare cu sau fără modificarea stării de oxidare a elementelor constituente, urmată de determinarea compoziției în fază lichidă prin metode specifice [6].

Dacă solidul este omogen, se poate selecta orice parte ca fiind reprezentativă. Pentru un solid eterogen ar trebui pregătit un plan pentru a ajunge la toate secțiunile statistice de prelevare de probe.

Experimentul care se va efectua în laborator utilizează un aparat (numit electrograf) care perturbă metalele de pe suprafața probei și le trece ca și cationi în soluție cu ajutorul curentului electric continuu. Electrograful a fost introdus pentru prima dată în studiul calitativ al metalelor și aliajelor de Prof. Em. Elena Maria Pică [7]. Analiza ulterioară a depunerii de pe hârtia de filtru îmbibată în soluție se poate conduce folosind reacții de identificare selective și chiar specifice pentru cationii metalelor transferați ireversibil în soluție. Principiul analizei funcționează la fel pentru acest dispozitiv ca și pentru unul modern care este capabil să identifice metalele pe baza potențialului lor de oxidare. Electrograful este conectat la un circuit electric cu sursă de tensiune iar proba metalică este plasată între electrozii acestuia iar între probă și electrodul pozitiv este intercalată o hârtie de filtru îmbibată cu o soluție ce conține anioni azotat (care este astfel un electrolit). Conectarea aparatului la sursa de curent care operează cu un potențial mic de tensiune (situat în domeniul 2-6 V) produce trecerea atomilor metalici din probă sub formă de cationi pe hârtia de filtru combinându-se cu anionii NO_3^-.

Este o regulă generală că sărurile care conțin ioni azotat (NO_3^-) sunt solubile. Sunt posibile la catod și alte descărcări de asemenea, și pentru alți ioni prezenți în soluție. Astfel, dacă exprimăm disocierea apei, este clar că ionii de hidrogen se pot descărca. Care ion se va descărca de fapt, depinde de potențialul de oxidare al metalului (și pentru competiția cu ionul hidroniu, dacă acest potențial este pozitiv sau nu; un potențial de electrod negativ indică faptul că hidrogenul se descarcă în locul cationului metalic).

Consumarea ionilor hidroniu din apă poate conduce la o soluție bazică (cu un pH mai mare decât 7), când cationii metalului se combină cu gruparea hidroxid (HO^-) pentru a forma hidroxizi ($Me(OH)_n$). Acesta este un rezultat nedorit, deoarece majoritatea hidroxizilor sunt parțial solubili sau insolubili, iar în acest caz avem nevoie de combinații solubile ale cationilor din cel puțin două motive: pentru a păstra conducția curentului prin circuit suficient de mult timp pentru a trece câți

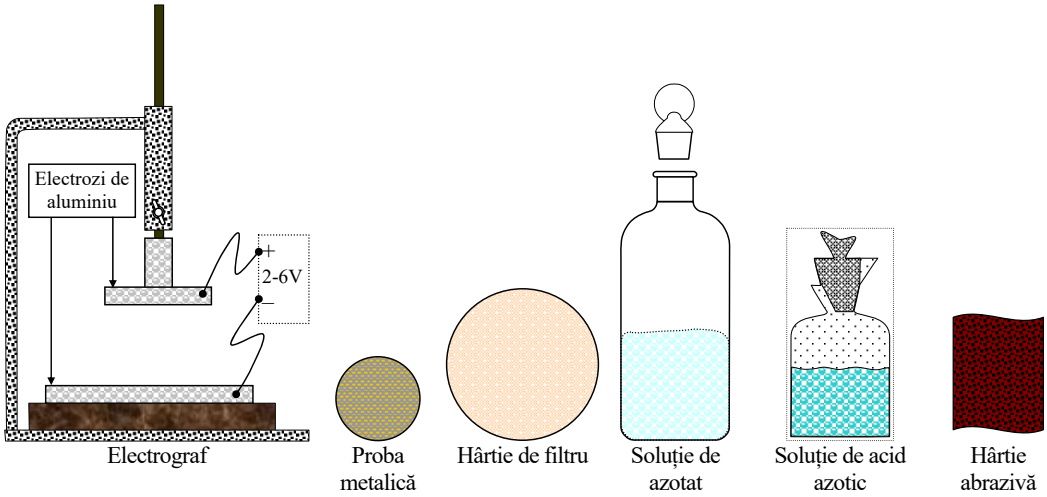
mai mulți cationi metalici posibili pe hârtia de filtru precum și pentru etapa următoare, analiza cationilor metalici cu o serie de reacții specifice unde este de dorit să avem compuși solubili pentru a face posibile reacțiile de identificare în soluție apoasă. Pentru a efectua un experiment de analiză a probelor, este necesară proba, hârtie abrazivă pentru curățarea probei (unele metale se oxidează în prezența aerului și a umezelii, acoperindu-se cu un strat izolator de oxid și/sau hidroxid), o hârtie de filtru, o soluție de azotat (de obicei 5% $NaNO_3$), o soluție de acid azotic (de obicei HNO_3 diluat), electrograful și sursa de tensiune precum și o serie de reactivi selectivi și specifici să permită identificarea cationilor.

2.1.2 Scop

Se va analiza calitativ o serie de probe metalice cu ajutorul electrografului.

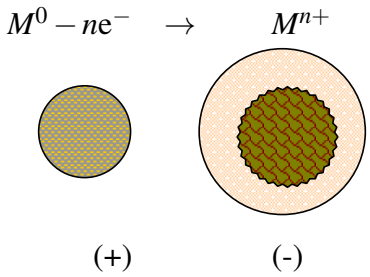
2.1.3 Experiment

Fig. 2.1: Analiza cu electrograful



2.1.4 Reacții chimice

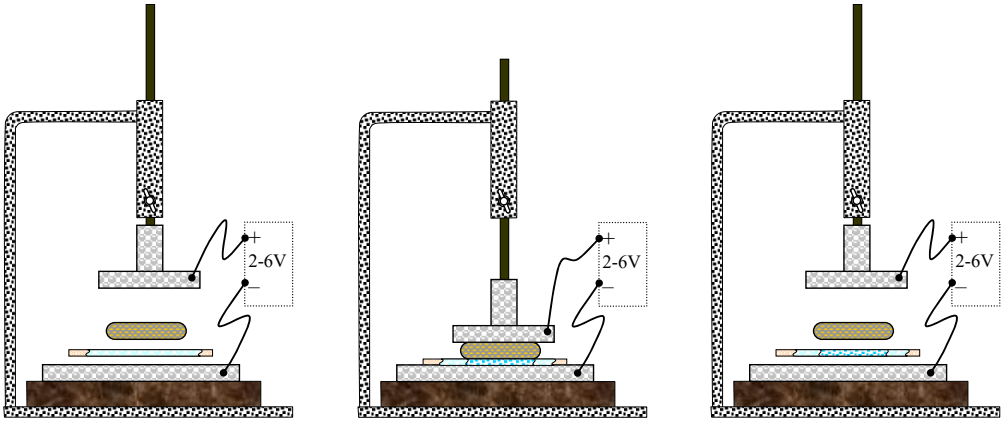
Fig. 2.2: Procesul de ionizare a metalelor în prezența curentului electric



2.1.5 Procedura

- Se curăță proba metalică cu hârtie abrazivă;
- Se degresează eventual proba cu lapte de var ($Ca(OH)_2$);
- Se utilizează eventual un creion pentru împărțirea hârtiei de filtru în cel puțin opt părți, pentru a se utiliza fiecare în analiza unui anumit cation;

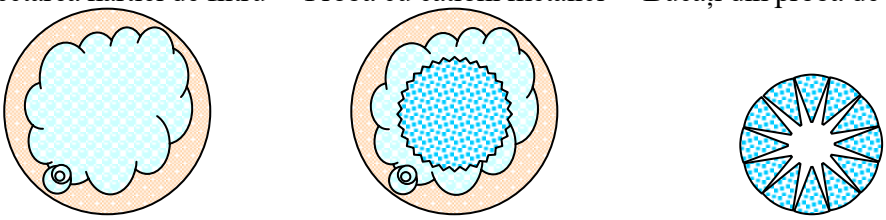
Fig. 2.3: Utilizarea electrografului



Înaintea închiderii circuitului electric În timpul utilizării ionizatorului de metale După deschiderea circuitului electric

Fig. 2.4: Trecerea metalelor în soluție și pe hârtia de filtru ca cationi

Umectarea hârtiei de filtru Proba cu cationi metalici Bucăți din proba de analizat



- Se îmbibă hârtia de filtru cu soluție azotat;
- Se adaugă (pe hârtia de filtru) câteva picături de acid azotic;
- Se curăță electrozii ionizatorului de metale de posibilii ioni străini utilizând o bucată de hârtie (hârtie obișnuită, hârtie de filtru sau chiar abrazivă dacă este necesar);
- Se plasează hârtia de filtru umedă pe catod (electrodul de jos), proba peste aceasta și se utilizează apoi șurubul pentru a lăsa în jos anodul (electrodul de sus) peste probă;
- Se pornește sursa de curent; se apasă electrodul de deasupra dacă este necesar pentru a se închide circuitul până când rămâne o urmă clară a probei pe hârtia de filtru; se oprește sursa de curent; se repetă aceste etape dacă este necesar pentru a obține o difuzie uniformă a ionilor metalici pe hârtia de filtru;
- Se ridică apoi anodul; se îndepărtează proba metalică; se ia hârtia de filtru care conține cationii ce vor fi analizați;
- Se utilizează eventual o foarfecă (dar nu metalică, deoarece poate contamina hârtia de analizat cu ioni străini) pentru tăierea în bucăți a hârtiei de filtru;
- Se efectuează seria de reacții specifice pentru fiecare cation corespunzător metalelor următoare: Fe, Co, Ni, Cr, Cu, Pb, Al, Zn (se utilizează eventual o lamelă de sticlă pentru aceste reacții);

2.1.6 Identificarea cationilor

- Se vor efectua o serie de reacții specifice de identificare pentru cationii Fe^{2+}, Fe^{3+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Ni^{2+}, Al^{3+} și Mg^{2+};
- O reacție pozitivă este suficientă pentru identificarea prezenței metalului respective în probă;
- Înainte de a începe efectuarea reacțiilor, pe baza notițelor date în tabelul următor precum și pe baza reactivilor chimici disponibili ar trebui scris un plan (care dintre reacții și în ce ordine) de efectuare a identificării cationilor;

- Seria de reacții este dată în tabelul următor:

Cation	Reacție chimică //culoare [remarci]
Fe^{2+}	+ $K_3Fe(CN)_6 \rightarrow K^+ + Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ //albastru [1] + $NaOH \rightarrow Na^+ + Fe(OH)_2$ //gri-verde $\xrightarrow{aer}$ roșu-brun + $DMG \rightarrow H^+ + Fe(DMG)_2$ //roșu + Dipiridil $\rightarrow [Fe(\text{Dipiridil})_3]^{2+}$ //roșu purpuriu
Fe^{3+}	+ $K_4Fe(CN)_6 \rightarrow K^+ + Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ //albastru [2] + $NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + Fe(OH)_3$ //maro-roșcat [3] + $NH_4SCN \rightarrow NH_4^+ + Fe(SCN)_3$ //roșu [4] + $CH_3COONa \rightarrow Na^+ + Fe(CH_3COO)_3$ //roșu-brun + $CH_3COONa + KI \rightarrow Na^+ + K^+ + I_2 + Fe(CH_3COO)_3$ //brun + Acid sulfosalicilic $\rightarrow H^+ + Fe(\text{Sulfosalicilat})$ //roșu-violet la $1.8 < pH < 2.5$
Co^{2+}	+ $NH_4SCN \rightarrow NH_4^+ + Co(NH_4)_2(SCN)_4$ //albastru [4] + $NH_4OH + DMG \rightarrow H^+ + H_2O + Co(DMG)_2$ //maro închis [5] + $NO_3^- + Al_2(SO_4)_3 \rightarrow SO_3 + NO_2 + O_2 + Co(AlO_2)_2$ //albastru Tenard la aprindere [6] + $NO_3^- + Zn(NO_3)_2 \rightarrow NO_2 + O_2 + CoZnO_2$ //verde Rinmann la aprindere [7] + $NH_4OH + H_2O_2 \rightarrow H_2O + Co(NH_3)_5^{3+}$ roșu + $NaOH \rightarrow Co(OH)^- \xrightarrow{t^\circ C} CO(OH)_2 \xrightarrow{aer} Co(OH)_2^+$ //albastru închis $\xrightarrow{t^\circ C}$ roșu $\xrightarrow{aer}$ brun
Cu^{2+}	+ $NH_4OH \rightarrow H^+ + H_2O + Cu(NH_3)_4(OH)_2$ //albastru intens [3] + $K_4Fe(CN)_6 \rightarrow K^+ + Cu_2Fe(CN)_6$ //roșu-brun [2] + Cupronă $\rightarrow H^+ + Cu(\text{Cupronă})$ //verde închis $\xrightarrow{\text{flacără}}$ albastru închis sau verde
Pb^{2+}	+ $KI \rightarrow K^+ + PbI_2$ //galben + $K_2CrO_4 \rightarrow K^+ + PbCrO_4$ //galben
Sn^{4+}	+ $NH_4OH \rightarrow H^+Sn(OH)_4$ //alb [3] + $H_2S \xrightarrow{HCl} H^+ + SnS \xrightarrow{t^\circ C} SnS_2$ //maro $\xrightarrow{t^\circ C}$ galben
Zn^{2+}	+ $K_3Fe(CN)_6 \rightarrow K^+ + Zn_3[Fe(CN)_6]_2$ //alb spre verde la încălzire [1] + $NO_3^- + Co(NO_3)_2 \rightarrow NO_2 + O_2 + CoZnO_2$ //verde Rinmann la aprindere [7] + Ditizona $\rightarrow H^+ + [Zn(\text{Ditizona})_2]$ //roșu [8]
Cr^{3+}	+ $NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + Cr(OH)_3$ //gri-verde [3] + $H_2O_2 + NaOH \rightarrow Na^+ + H_2O + (CrO_4)^{2-}$ //galben
Ni^{2+}	+ $NH_4OH \rightarrow H^+ + H_2O + Ni(NH_3)_6(OH)_2$ //albastru [3] + $NH_4OH + DMG \rightarrow NH_4^+ + H_2O + Ni(DMG)_2$ //roșu [5] + $Na_2HPO_4 \rightarrow H^+ + Na^+Ni_3(PO_4)_2$ //verde
Al^{3+}	+ $NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + Al(OH)_3$ //alb gelatinos [3] + $NH_4OH +$ Alizarină $\rightarrow NH_4^+H_2O + Al(\text{Alizarină})_3$ //roșu + Oxină $\rightarrow H^+ + Al(\text{Oxină})_3$ //galben

Mg^{2+} + NaOH + Oxină → H_2O + Mg(Oxină)$_2$ //verde fosforescent

Remarci:
[1] : Fe^{2+} și Zn^{2+} ambii reacționează selectiv cu $K_3Fe(CN)_6$
[2] : Alți cationi care reacționează cu $K_4Fe(CN)_6$ pentru a forma precipitate intens colorate trebuie să fie absenți (de exemplu Co^{2+} și Fe^{3+})
[3] : După cum este de așteptat, când mai mult de un cation dintre Fe^{3+}, Cu^{2+}, Cr^{3+}, Ni^{2+}, Al^{3+} este prezent în probă, reacția cu NH4OH nu este concludentă pentru prezența niciunuia dintre cationi
[4] : În prezența ambilor cationi Fe^{3+} și Co^{2+} identificarea Co^{2+} (albastru) este posibilă cu NH_4SCN în prezență de (prin extracția cu) amestec de alcool amilic și eter
[5] : Co^{2+} și Ni^{2+} ambii reacționează selectiv cu DMG(II)
[6] : Când hârtia de filtru care conține $Co(NO_3)_2$ și $Al_2(SO_4)_3$ este aprinsă produce o cenușă albastră; reacția merge în ambele sensuri, la identificarea Co (când se adaugă pe hârtia de filtru $NaNO_3$ și HNO_3 și după migrarea $Co(NO_3)_2$ este adăugat $Al_2(SO_4)_3$), și la identificarea Al (când se adaugă pe hârtia de filtru Na_2SO_4 și H_2SO_4 și după migrarea $Al_2(SO_4)_3$ este adăugat $Co(NO_3)_2$)
[7] : Reacția merge în ambele sensuri, la identificarea Co^{2+} (când este adăugat $Zn(NO_3)_2$), și la identificarea Zn^{2+} (când se adaugă $Co(NO_3)_2$)
[8] : Formează un complex roșu solubil în solvenți organici (cum ar fi benzenul, toluenul, etc)

Se vor citi cu atenție remarcile înaintea efectuării identificării cationilor.

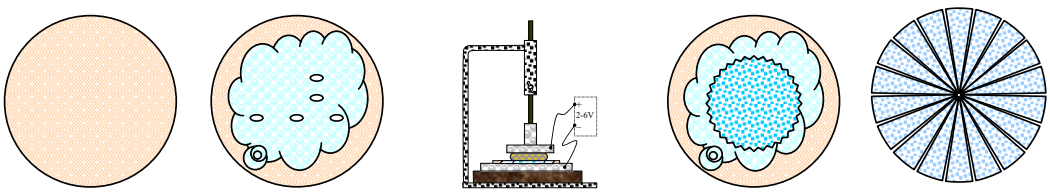
În funcție de rezultatul identificării tabelul următor se va completa cu (Da/Nu).

Proba; Cationi	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Al^{3+}	Mg^{2+}
Nume										

- Pentru proba lui fiecare student va scrie din nou reacțiile de identificare numai pentru cationii identificați; pentru fiecare reacție scrisă se vor stabili coeficienții acesteia (din conservarea numărului de atomi pentru fiecare specie de la reactanți la produșii de reacție);
- Se va stabili acasă: bazându-vă pe conținutul (de metale) din probă utilizând literatura de specialitate (disponibilă de exemplu pe Internet) identificarea numelui aliajului (dacă este disponibil și dacă se poate aplica) din care proba a fost luată.

2.2 Exemple de desfășurare

Fig. 2.5: Desfășurarea experimentului cu electrograful



Hâtia de filtru (+ $NaNO_3$; + HNO_3) Folosirea electrografului + Cationi Hârtia tăiată

2.2.1 Exemplu ipotetic

Identificare pentru cationi:

		Reactiv			Concluzie
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		∃ Fe^{2+} / Zn^{2+}
N/A	+	NaOH	→	- - -	
	+	DMG	→		∃ Fe^{2+}
N/A	+	Dipiridil	→	- - -	
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		∃ Fe^{3+} / Co^{2+}
	+	NH_4OH	→		∃ Fe^{3+}
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	CH_3COONa	→		∃ Fe^{3+}
	+	CH_3COONa + KI	→		∃ Fe^{3+}
N/A	+	acid sulfosalicilic	→	- - -	
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		∃ Co^{2+} / Ni^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Al_2(SO_4)_3$	→	- - -	
N/A	+	NO_3^- + $Zn(NO_3)_2$	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH + H_2O_2	→	- - -	
	+	NaOH	→		∃ Co^{2+}
	+	NH_4OH	→		∃ Fe^{3+} / Cu^{2+} / Cr^{3+} / Ni^{2+} / Al^{3+}
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		∃ Cu^{2+}
N/A	+	Cuprona	→	- - -	
	+	KI	→		∃ Pb^{2+}
N/A	+	K_2CrO_4	→	- - -	
N/A	+	Cupferona + NH_4OH	→	- - -	
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		∃ Fe^{2+} / Zn^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Co(NO_3)_2$	→	- - -	
	+	Ditizona	→		∃ Zn^{2+}
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	H_2O_2 (+ NaOH)	→		∃ Cr^{2+}
N/A	+	H_2O_2 (+ HCl)	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	

	+	NH_4OH + DMG	→		∃ Co^{2+} / Ni^{2+}
	+	Na_2HPO_4	→		∃ Ni^{2+}
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	Alizarina + NH_4OH	→		∃ Al^{3+}
N/A	+	Oxina	→	- - -	
	+	Oxina + NaOH	→		∃ Mg^{2+}

Rezultate:

Cationi:	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Al^{3+}	Mg^{2+}
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Material identificat: Aliaj Fe + Co + Cu + Pb + Zn + Cr + Ni + Al + Mg										

Reacții de identificare:

$$Fe^{2+} + K_3Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + K^+$$

(albastru)

$$Fe^{2+} + DMG \rightleftharpoons Fe[DMG]_2 + H^+$$

(roșu)

$$Fe^{3+} + K_4Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + K^+$$

(albastru)

$$Fe^{3+} + NH_4OH \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + NH_4^+$$

(maro-roșcat)

$$Fe^{3+} + CH_3COONa \rightleftharpoons Fe(CH_3COO)_3 + Na^+$$

(roșu-brun)

$$Fe^{3+} + CH_3COONa + KI \rightleftharpoons Fe(CH_3COO)_2 + I_2 + Na^+ + K^+$$

(brun)

$$Co^{2+} + NH_4OH + DMG \rightleftharpoons Co(DMG)_2 + H^+ + H_2O$$

(maro închis)

$$Co^{2+} + NaOH \rightleftharpoons Co(OH)^- \xrightarrow{t^\circ C} Co(OH)_2 \xrightarrow{aer} Co(OH)_2^{1+}$$

(albastru închis) $\xrightarrow{t^\circ C}$ (roșu) $\xrightarrow{aer}$ (brun)

$$Cu^{2+} + K_4Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Cu_4[Fe(CN)_6] + K^+$$

(roșu-brun)

$$Pb^{2+} + KI \rightleftharpoons PbI_2 + K^+$$

(galben)

$$Zn^{2+} + K_3Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Zn_3[Fe(CN)_6]_2 + K^+$$

(alb spre verde la încălzire)

$$Zn^{2+} + \text{Ditizonă} \rightleftharpoons Zn(\text{Ditizonă})_2 + H^+$$

(roșu)

$$Cr^{3+} + H_2O_2 + NaOH \rightleftharpoons (CrO_4)^{2-} + H_2O + Na^+$$

(galben)

$$Ni^{2+} + NH_4OH + DMG \rightleftharpoons Ni(DMG)_2 + H^+ + H_2O$$

(roșu)

$$Al^{3+} + \text{Alizarină} + NH_4OH \rightleftharpoons Al(\text{Alizarină})_3 + H_2O + NH_4^+$$

(roșu)

$$Mg^{2+} + \text{Oxină} + NaOH \rightleftharpoons Mg(\text{Oxină})_2$$

(verde fosforescent)

2.2.2 Exemplu real 1

Identificare pentru cationi:

	+	Reactiv	→		Concluzie
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		$\exists\ Fe^{2+}$ / Zn^{2+}
N/A	+	NaOH	→	- - -	
	+	DMG	→		$\exists\ Fe^{2+}$
N/A	+	Dipiridil	→	- - -	
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		$\exists\ Fe^{3+}$ / Co^{2+}
	+	NH_4OH	→		$\exists\ Fe^{3+}$
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	CH_3COONa	→		$\exists\ Fe^{3+}$
	+	CH_3COONa + KI	→		$\exists\ Fe^{3+}$
N/A	+	acid sulfosalicilic	→	- - -	
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		$\exists\ Co^{2+}$ / Ni^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Al_2(SO_4)_3$	→	- - -	
N/A	+	NO_3^- + $Zn(NO_3)_2$	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH + H_2O_2	→	- - -	
	+	NaOH	→		$\exists\ Co^{2+}$
	+	NH_4OH	→		$\exists\ Fe^{3+}$ / Cu^{2+} / Cr^{3+} / Ni^{2+} / Al^{3+}
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Cu^{2+}$
N/A	+	Cuprona	→	- - -	

	+	KI	→		$\nexists\ Pb^{2+}$
N/A	+	K_2CrO_4	→	- - -	
N/A	+	Cupferona + NH_4OH	→	- - -	
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Fe^{2+}$ / Zn^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Co(NO_3)_2$	→	- - -	
	+	Ditizona	→		$\nexists\ Zn^{2+}$
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	H_2O_2 (+ NaOH)	→		$\nexists\ Cr^{2+}$
N/A	+	H_2O_2 (+ HCl)	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		$\nexists\ Co^{2+}$ / Ni^{2+}
	+	Na_2HPO_4	→		$\nexists\ Ni^{2+}$
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	Alizarina + NH_4OH	→		$\nexists\ Al^{3+}$
N/A	+	Oxina	→	- - -	
	+	Oxina + NaOH	→		$\nexists\ Mg^{2+}$

Rezultate:

Cationi:	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Al^{3+}	Mg^{2+}
	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×
Material identificat: Aliaj Fe + Co										

Reacții de identificare:

$$Fe^{2+} + K_3Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + K^+$$

(albastru)

$$Fe^{2+} + DMG \rightleftharpoons Fe[DMG]_2 + H^+$$

(roșu)

$$Fe^{3+} + K_4Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + K^+$$

(albastru)

$$Fe^{3+} + NH_4OH \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + NH_4^+$$

(maro-roșcat)

$$Fe^{3+} + CH_3COONa \rightleftharpoons Fe(CH_3COO)_3 + Na^+$$

(roșu-brun)

$$Fe^{3+} + CH_3COONa + KI \rightleftharpoons Fe(CH_3COO)_2 + I_2 + Na^+ + K^+$$

(brun)

$$Co^{2+} + NH_4OH + DMG \rightleftharpoons Co(DMG)_2 + H^+ + H_2O$$

(maro închis)

$$Co^{2+} + NaOH \rightleftharpoons Co(OH)^- \xrightarrow{t^\circ C} Co(OH)_2 \xrightarrow{aer} Co(OH)_2^{1+}$$

(albastru închis) $\xrightarrow{t^\circ C}$ (roșu) $\xrightarrow{aer}$ (brun)

2.2.3 Exemplu real 2

Identificare pentru cationi:

	+	Reactiv	→		Concluzie
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		$\nexists$ Fe^{2+} / Zn^{2+}
N/A	+	NaOH	→	- - -	
	+	DMG	→		$\nexists$ Fe^{2+}
N/A	+	Dipiridil	→	- - -	
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		$\nexists$ Fe^{3+} / Co^{2+}
	+	NH_4OH	→		$\nexists$ Fe^{3+}
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	CH_3COONa	→		$\nexists$ Fe^{3+}
	+	CH_3COONa + KI	→		$\nexists$ Fe^{3+}
N/A	+	acid sulfosalicilic	→	- - -	
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		$\nexists$ Co^{2+} / Ni^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Al_2(SO_4)_3$	→	- - -	
N/A	+	NO_3^- + $Zn(NO_3)_2$	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH + H_2O_2	→	- - -	
	+	NaOH	→		$\nexists$ Co^{2+}
	+	NH_4OH	→		$\exists$ Fe^{3+} / Cu^{2+} / Cr^{3+} / Ni^{2+} / Al^{3+}

	+	$K_4Fe(CN)_6$	$\rightarrow$		$\exists\ Cu^{2+}$
N/A	+	Cuprona	$\rightarrow$	- - -	
	+	KI	$\rightarrow$		$\nexists\ Pb^{2+}$
N/A	+	K_2CrO_4	$\rightarrow$	- - -	
N/A	+	Cupferona + NH_4OH	$\rightarrow$	- - -	
	+	$K_3Fe(CN)_6$	$\rightarrow$		$\exists\ Fe^{2+}$ / Zn^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Co(NO_3)_2$	$\rightarrow$	- - -	
	+	Ditizona	$\rightarrow$		$\exists\ Zn^{2+}$
N/A	+	NH_4OH	$\rightarrow$	- - -	
	+	H_2O_2 (+ NaOH)	$\rightarrow$		$\nexists\ Cr^{2+}$
N/A	+	H_2O_2 (+ HCl)	$\rightarrow$	- - -	
N/A	+	NH_4OH	$\rightarrow$	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	$\rightarrow$		$\nexists\ Co^{2+}$ / Ni^{2+}
	+	Na_2HPO_4	$\rightarrow$		$\nexists\ Ni^{2+}$
N/A	+	NH_4OH	$\rightarrow$	- - -	
	+	Alizarina + NH_4OH	$\rightarrow$		$\exists\ Al^{3+}$
N/A	+	Oxina	$\rightarrow$	- - -	
	+	Oxina + NaOH	$\rightarrow$		$\exists\ Mg^{2+}$

Rezultate:

Cationi:	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Al^{3+}	Mg^{2+}
	×	×	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
Material identificat: Aliaj Cu + Zn + Al + Mg ("titanal")										

Reacții de identificare:

$$Cu^{2+} + K_4Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Cu_4[Fe(CN)_6] + K^+$$

(roșu-brun)

$$Zn^{2+} + K_3Fe(CN)_6 \rightleftharpoons Zn_3[Fe(CN)_6]_2 + K^+$$

(alb spre verde la încalzire)

$$Zn^{2+} + \text{Ditizonă} \rightleftharpoons Zn(\text{Ditizonă})_2 + H^+$$

(roșu)

$$Al^{3+} + \text{Alizarină} + NH_4OH \rightleftharpoons Al(\text{Alizarină})_3 + H_2O + NH_4^+$$

(roșu)

$$Mg^{2+} + \text{Oxină} + NaOH \rightleftharpoons Mg(\text{Oxină})_2$$

(verde fosforescent)

2.2.4 Exemplu real 3

Identificare pentru cationi:

	+	Reactiv	→		Concluzie
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Fe^{2+}$ / Zn^{2+}
N/A	+	NaOH	→	- - -	
	+	DMG	→		$\nexists\ Fe^{2+}$
N/A	+	Dipiridil	→	- - -	
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Fe^{3+}$ / Co^{2+}
	+	NH_4OH	→		$\nexists\ Fe^{3+}$
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	CH_3COONa	→		$\nexists\ Fe^{3+}$
	+	CH_3COONa + KI	→		$\nexists\ Fe^{3+}$
N/A	+	acid sulfosalicilic	→	- - -	
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		$\nexists\ Co^{2+}$ / Ni^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Al_2(SO_4)_3$	→	- - -	
N/A	+	NO_3^- + $Zn(NO_3)_2$	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH + H_2O_2	→	- - -	
	+	NaOH	→		$\nexists\ Co^{2+}$
	+	NH_4OH	→		$\nexists\ Fe^{3+}$ / Cu^{2+} / Cr^{3+} / Ni^{2+} / Al^{3+}
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Cu^{2+}$
N/A	+	Cuprona	→	- - -	
	+	KI	→		$\nexists\ Pb^{2+}$
N/A	+	K_2CrO_4	→	- - -	
N/A	+	Cupferona + NH_4OH	→	- - -	

	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Fe^{2+}$ / Zn^{2+}
N/A	+	$NO_3^- + Co(NO_3)_2$	→	- - -	
	+	Ditizona	→		$\nexists\ Zn^{2+}$
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	H_2O_2 (+ NaOH)	→		$\exists\ Cr^{2+}$
N/A	+	H_2O_2 (+ HCl)	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		$\exists\ Co^{2+}$ / Ni^{2+}
	+	Na_2HPO_4	→		$\exists\ Ni^{2+}$
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	Alizarina + NH_4OH	→		$\nexists\ Al^{3+}$
N/A	+	Oxina	→	- - -	
	+	Oxina + NaOH	→		$\nexists\ Mg^{2+}$

Rezultate:

Cationi:	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Al^{3+}	Mg^{2+}
	×	×	×	×	×	×	✓	✓	×	×
Material identificat: Aliaj Ni + Cr										

Reacții de identificare:

$$Cr^{3+} + H_2O_2 + NaOH \rightleftharpoons (CrO_4)^{2-} + H_2O + Na^+$$

(galben)

$$Ni^{2+} + NH_4OH + DMG \rightleftharpoons Ni(DMG)_2 + H^+ + H_2O$$

(roșu)

2.2.5 Exemplu real 4

Identificare pentru cationi:

	+	Reactiv	→		Concluzie
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Fe^{2+}$ / Zn^{2+}
N/A	+	NaOH	→	- - -	

	+	DMG	→		$\exists\ Fe^{2+}$
N/A	+	Dipiridil	→	- - -	
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Fe^{3+}$ / Co^{2+}
	+	NH_4OH	→		$\exists\ Fe^{3+}$
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	CH_3COONa	→		$\nexists\ Fe^{3+}$
	+	CH_3COONa + KI	→		$\nexists\ Fe^{3+}$
N/A	+	acid sulfosalicilic	→	- - -	
N/A	+	NH_4SCN	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		$\nexists\ Co^{2+}$ / Ni^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Al_2(SO_4)_3$	→	- - -	
N/A	+	NO_3^- + $Zn(NO_3)_2$	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH + H_2O_2	→	- - -	
	+	NaOH	→		$\nexists\ Co^{2+}$
	+	NH_4OH	→		$\nexists\ Fe^{3+}$ / Cu^{2+} / Cr^{3+} / Ni^{2+} / Al^{3+}
	+	$K_4Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Cu^{2+}$
N/A	+	Cuprona	→	- - -	
	+	KI	→		$\exists\ Pb^{2+}$
N/A	+	K_2CrO_4	→	- - -	
N/A	+	Cupferona + NH_4OH	→	- - -	
	+	$K_3Fe(CN)_6$	→		$\nexists\ Fe^{2+}$ / Zn^{2+}
N/A	+	NO_3^- + $Co(NO_3)_2$	→	- - -	
	+	Ditizona	→		$\nexists\ Zn^{2+}$
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	H_2O_2 (+ NaOH)	→		$\nexists\ Cr^{2+}$
N/A	+	H_2O_2 (+ HCl)	→	- - -	
N/A	+	NH_4OH	→	- - -	
	+	NH_4OH + DMG	→		$\nexists\ Co^{2+}$ / Ni^{2+}
	+	Na_2HPO_4	→		$\nexists\ Ni^{2+}$

N/A	+	NH_4OH	$\rightarrow$	- - -	
	+	Alizarina + NH_4OH	$\rightarrow$		$\nexists\ Al^{3+}$
N/A	+	Oxina	$\rightarrow$	- - -	
	+	Oxina + NaOH	$\rightarrow$		$\nexists\ Mg^{2+}$

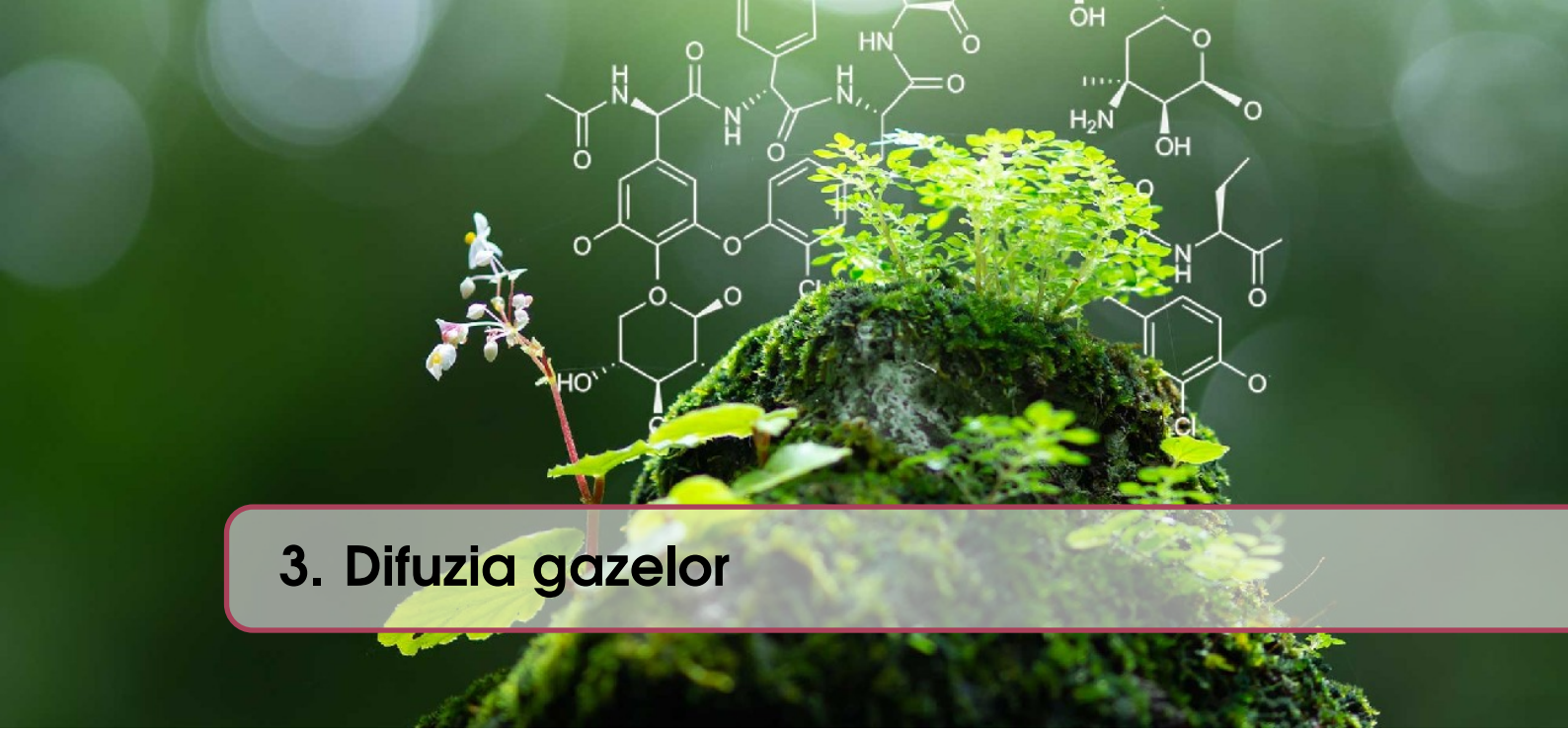
Rezultate:

Cationi:	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Al^{3+}	Mg^{2+}
	×	×	×	×	✓	×	×	×	×	×
Material identificat: Metal Pb (posibil in aliaj cu Sn)										

Reacții de identificare:

$$Pb^{2+} + KI \rightleftharpoons PbI_2 + K^+$$

(galben)



3. Difuzia gazelor

3.1 Partea Teoretică

3.1.1 Introducere

Pentru două gaze aflate la aceeași temperatură energia termică este aceeași însă dacă masele molare ale acestora sunt diferite, atunci și vitezele termice sunt diferite. De exemplu pentru Azot și Oxigen s-a calculat în [8] că diferența de viteză intre acestea în condiții normale este de peste 100 km/h. Vitezele de difuzie, pe de cealaltă parte, sunt diferite de vitezele termice, întrucât deplasarea moleculelor este limitată de drumul liber mediu pe care acestea îl pot parcurge nedeviate. În același timp, cu cât o moleculă va avea o viteză termică mai mare va avea și o viteză de difuzie mai mare și vitezele de difuzie sunt astfel corelate cu vitezele termice prin intermediul coeficienților de difuzie.

Pentru a pune în evidență relațiile între coeficienții de difuzie și vitezele termice va fi studiată reacția în stare gazoasă dintre amoniac și acid clorhidric.

Ambii compuși sunt dizolvați în apă astfel încât o serie de specii chimice se află în echilibru în punctele de start ale experimentului.

3.1.2 Scop

Obținererea experimentală a vitezelor de difuzie, a modelului care leagă vitezele de difuzie cu vitezele moleculare și a coeficienților de difuzie.

3.1.3 Procedura

În prezența apei atât amoniacul cât și acidul clorhidric disociază, astfel încât în soluție apoasă există un echilibru între aceste specii:

$$R_0 : H_2O + H_2O \rightleftharpoons HO^- + H_3O^+$$

$$R_1 : HCl + H_2O \rightleftharpoons Cl^- + H_3O^+$$

$$R_2 : NH_3 + H_2O \rightleftharpoons HO^- + NH_4^+$$

Când vaporii celor două soluții se întâlnesc următoarele reacții pot avea loc:

$$R_3 : NH_3 + HCl \rightleftharpoons NH_4Cl$$

$$R_4 : NH_4^+ + Cl^- \rightleftharpoons NH_4Cl$$

Conform modelului cinnetico-molecular fiecare componentă de mișcare (d.f.) are asociată câte o energie $k_BT/2$ (k_B constanta lui Boltzmann, T temperatura).

Specie	NH_3	NH_4^+	HCl	Cl^-
$M(\cdot)$	17.031	18.039	35.45	35.45
$J \leftarrow$ d.f.	6	6	3	3

La deplasarea în fază gazoasă pentru fiecare dintre aceste specii chimice se poate calcula câte o viteză virtuală (constituită din toate componentele de mișcare și notată cu s) și o viteză reală (constituită doar din componentele de mișcare de translație și notată cu v).

Speciile se pot propaga în stare de vapori sub formă de (2 posibilități) molecule neutre (NH_3 și HCl) sau ioni (NH_4^+ și Cl^-). Deplasarea poate fi efectuată (2 posibilități) pe baza tuturor componentelor vitezei (s) sau doar pe baza celor de translație (v). Fenomenul poate fi observat (2×2 posibilități) când ajung moleculele care au energia (ε) sau viteza (s) egale cu energia sau viteza medie ($\bar{\cdot}$) sau la modă ($\hat{\cdot}$).

$$v_0 \leftarrow \sqrt{\frac{2RT}{M}}; s_{\hat{\varepsilon}} \leftarrow \sqrt{\frac{J-2}{2}}v_0; s_{\hat{s}} \leftarrow \sqrt{\frac{J-1}{2}}v_0; s_{\bar{s}} \leftarrow \frac{\Gamma(J/2+1/2)}{\Gamma(J/2)}v_0; s_{\bar{\varepsilon}} \leftarrow \sqrt{\frac{J}{2}}v_0; v_{\cdot} \leftarrow s_{\cdot}\sqrt{\frac{3}{J}}$$

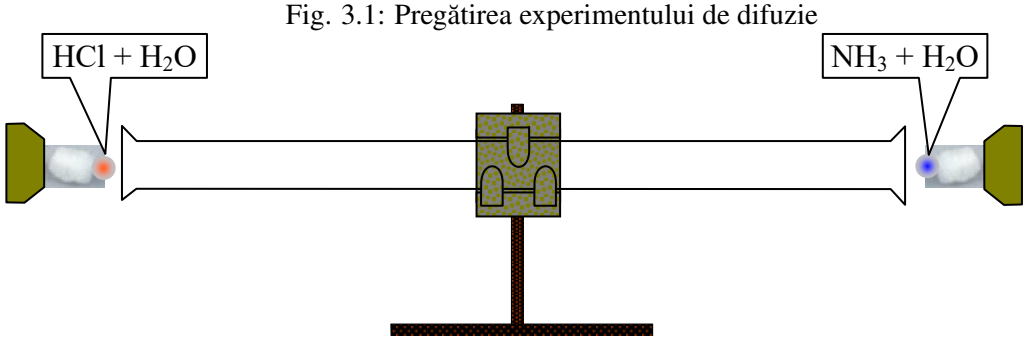
Sunt mai multe alternative (16 posibilități) teoretice pentru deplasarea vaporilor în punctul de întâlnire în care se desfășoară reacția și oricare dintre acestea poate corespunde fenomenului observat de formare a inelului de NH_4Cl.

Pentru ușurarea calculului termenii $s_{\cdot}$ și $v_{\cdot}$ sunt redați în următorul tabel ($R = 8.314\,\mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$ constanta gazelor ideale și T temperatura ambiantă in K):

Specie	$\sqrt{\frac{2}{M}}$	$\frac{s_{\hat{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\hat{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\bar{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\bar{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\hat{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\hat{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\bar{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\bar{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$
NH_3	0.3427	0.4847	0.5418	0.5695	0.5935	0.3426	0.3831	0.4026	0.4196
HCl	0.2375	0.2869	0.3312	0.3524	0.3703	0.2223	0.2565	0.2729	0.2869
NH_4^+	0.3330	0.4709	0.5265	0.5533	0.5767	0.3330	0.3723	0.3913	0.4078
Cl^-	0.2342	0.1679	0.2375	0.268	0.2909	0.1679	0.2375	0.2680	0.2909

3.1.4 Experiment

Fig. 3.1: Pregătirea experimentului de difuzie



- Se umectează un tampon de vată în soluția de acid clorhidric și celălalt tampon în soluția de amoniac (v. figura);
- Se introduc simultan pe o parte și cealaltă a tubului cele două tampoane de vată, se pornește cronometrul (la momentul de timp t_0) și se pun dopurile;

- Se observă formarea inelului de clorură de amoniu și se notează momentul de timp (t_1);
- Se măsoară distanța de la inel la spotul de amoniac; se notează această valoare (d_1);
- Se măsoară distanța de la inel la spotul de acid clorhidric; se notează această valoare (d_2);
- Se va citi valoarea temperaturii din laborator de pe termometru; se va exprima în K; se notează această valoare (T);

Fig. 3.2: Începutul experimentului de difuzie

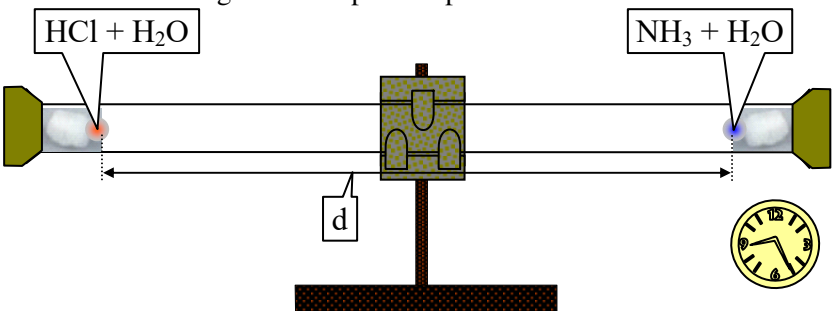
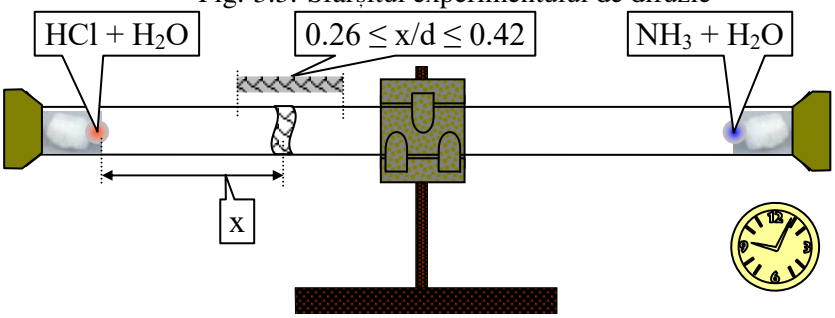


Fig. 3.3: Sfârșitul experimentului de difuzie



3.1.5 Analiza datelor

- Dacă $d_2/(d_1+d_2) < 0.26$ atunci spotul de HCl nu a fost aplicat corespunzător pe vârful tamponului de vată și experimentul trebuie reluat;
- Dacă $d_2/(d_1+d_2) > 0.42$ atunci spotul de NH_3 nu a fost aplicat corespunzător pe vârful tamponului de vată și experimentul trebuie reluat;

Se completează cu date următorul tabel:

Speciile chimice	Distanțe (în m)	Timp (în s)	Viteze de difuzie (în m/s)	Raportul vitezelor
NH_3 sau NH_4^+	$d_1 =$	$t_0 =$	$d_1/(t_1-t_0) = v_1 =$	$\frac{v_1}{v_2} =$
HCl sau Cl^-	$d_2 =$	$t_1 =$	$d_2/(t_1-t_0) = v_2 =$	

Se compară valoarea raportului vitezelor de difuzie cu valoarea raportului vitezelor moleculare cu scopul de a decide care dintre vitezele moleculare este responsabilă de mișcarea moleculelor în procesul de difuzie. Pentru aceasta, valorile rapoartelor vitezelor moleculare (din tabelul anterior) se sortează (crescător), se calculează diferențele dintre aceste valori și valoarea raportului observat și se caută diferența (absolută) cea mai mică care este realizată (se va completa următorul tabel; coloana cu 'minimum' va conține o valoare pentru cea mai mică valoare absolută găsită):

Cazul	$\frac{v_A}{v_B}$	$\frac{v_A}{v_B} - \frac{v_1}{v_2}$	$\left\lvert\frac{v_A}{v_B} - \frac{v_1}{v_2}\right\rvert$	=minim
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\overline{\varepsilon}}(\overline{\varepsilon}, v)$	1.402			?
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\overline{s}}(\overline{s}, v)$	1.460			?
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\overline{\varepsilon}}(\overline{\varepsilon}, v)$	1.463			?

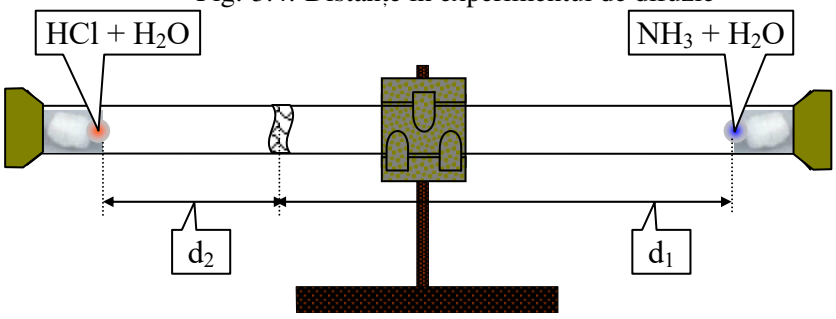
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\bar{s}}(\bar{s}, v)$	1.475	?
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\hat{s}}(\hat{s}, v)$	1.494	?
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, v)$	1.542	?
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\hat{s}}(\hat{s}, v)$	1.568	?
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\bar{\varepsilon}}(\bar{\varepsilon}, s)$	1.603	?
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\bar{s}}(\bar{s}, s)$	1.616	?
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\hat{s}}(\hat{s}, s)$	1.636	?
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, s)$	1.689	?
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\bar{\varepsilon}}(\bar{\varepsilon}, s)$	1.983	?
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, v)$	1.983	?
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\bar{s}}(\bar{s}, s)$	2.065	?
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\hat{s}}(\hat{s}, s)$	2.217	?
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, s)$	2.804	?

- Se identifică reacția care are loc (și astfel sunt identificate speciile chimice care difuzează în stare gazoasă la fel ca și legătura dintre vitezele moleculare și vitezele de difuzie);
- Se scriu factorii determinanți în difuzie (energie "ε" sau viteză "s"; viteze virtuale "s" sau reale "v");
- Coeficienții de difuzie se calculează ca raport dintre vitezele de difuzie și vitezele moleculare: $c_1 = c(NH_3/NH_4^+) = v_1/v_A$; $c_2 = c(HCl/Cl^-) = v_2/v_B$, unde v_A și v_B sunt vitezele moleculare și valorile lor depind de modelul obținut;
- Se va completa următorul tabel:

Factor 0: reacția chimică	Factor 1: energie sau viteză	Factor 2: real sau virtual	Factor 3: modă sau medie	Coeficienți de difuzie
R_3 sau R_4	ε sau s	v sau s	$\hat{}$ sau $\bar{}$	$c_1 =$ $c_2 =$

3.2 Exemple de calcul

Fig. 3.4: Distanțe în experimentul de difuzie



3.2.1 Exemplu de calcul 1

Se consideră următoarele observații experimentale:

Speciile chimice	Distanțe (în m)	Timp (în s)	Viteze de difuzie (în m/s)	Raportul vitezelor
NH_3 sau NH_4^+	$d_1 = 0.801$ m	$t_0 = 0$ s	$v_1 = 1.574 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ s^{-1}	$\frac{v_1}{v_2} = 3.796$
HCl sau Cl^-	$d_2 = 0.211$ m	$t_1 = 509$ s	$v_2 = 0.415 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ s^{-1}	

Temperatura în laborator: 18 °C (T = 291 K)

$$\frac{d_2}{d_1 + d_2} = \frac{0.211 \text{ m}}{0.801 \text{ m} + 0.211 \text{ m}} = 0.208$$

Cum 0.208 < 0.26 trebuie că spotul de HCl nu a fost aplicat corespunzător pe vârful tamponului de vată și experimentul trebuie reluat.

3.2.2 Exemplu de calcul 2

Se consideră următoarele observații experimentale:

Speciile chimice	Distanțe (în m)	Timp (în s)	Viteze de difuzie (în m/s)	Raportul vitezelor
NH_3 sau NH_4^+	$d_1 = 0.501$ m	$t_0 = 0$ s	$v_1 = 0.984 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ s^{-1}	$\frac{v_1}{v_2} = 0.980$
HCl sau Cl^-	$d_2 = 0.511$ m	$t_1 = 509\ s$	$v_2 = 1.004 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ s^{-1}	

Temperatura în laborator: 19 °C (T = 292 K)

$$\frac{d_2}{d_1+d_2} = \frac{0.511 \text{ m}}{0.501 \text{ m} + 0.511 \text{ m}} = 0.505$$

Cum 0.505 > 0.42 trebuie că spotul de NH_3 nu a fost aplicat corespunzător pe vârful tamponului de vată și experimentul trebuie reluat.

3.2.3 Exemplu de calcul 3

Se consideră următoarele observații experimentale:

Speciile chimice	Distanțe (în m)	Timp (în s)	Viteze de difuzie (în m/s)	Raportul vitezelor
NH_3 sau NH_4^+	$d_1 = 0.750$ m	$t_0 = 0$ s	$v_1 = 1.473 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ s^{-1}	$\frac{v_1}{v_2} = 1.500$
HCl sau Cl^-	$d_2 = 0.500$ m	$t_1 = 509\ s$	$v_2 = 0.982 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ s^{-1}	

Temperatura în laborator: 20 °C (T = 293 K)

$$\frac{d_2}{d_1+d_2} = \frac{0.511 \text{ m}}{0.501 \text{ m} + 0.511 \text{ m}} = 0.400$$

Cum 0.26 < 0.400 < 0.42 experimentul este de succes.

Cazul	$\frac{v_A}{v_B}$	$\frac{v_A}{v_B} - \frac{v_1}{v_2}$	$\left\lvert \frac{v_A}{v_B} - \frac{v_1}{v_2} \right\rvert$	=minim
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\overline{\varepsilon}}(\overline{\varepsilon}, v)$	1.402	-0.098	0.098	
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\overline{s}}(\overline{s}, v)$	1.460	-0.040	0.040	
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\overline{\varepsilon}}(\overline{\varepsilon}, v)$	1.463	-0.037	0.037	
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\overline{s}}(\overline{s}, v)$	1.475	-0.025	0.025	
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\hat{s}}(\hat{s}, v)$	1.494	-0.006	0.006	✓
$R_3(A = NH_3, B = HCl), v_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, v)$	1.542	0.042	0.042	
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\hat{s}}(\hat{s}, v)$	1.568	0.068	0.068	
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\overline{\varepsilon}}(\overline{\varepsilon}, s)$	1.603	0.103	0.103	
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\overline{s}}(\overline{s}, s)$	1.616	0.116	0.116	
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\hat{s}}(\hat{s}, s)$	1.636	0.136	0.136	
$R_3(A = NH_3, B = HCl), s_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, s)$	1.689	0.189	0.189	
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\overline{\varepsilon}}(\overline{\varepsilon}, s)$	1.983	0.483	0.483	
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), v_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, v)$	1.983	0.483	0.483	
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\overline{s}}(\overline{s}, s)$	2.065	0.565	0.565	
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\hat{s}}(\hat{s}, s)$	2.217	0.717	0.717	
$R_4(A = NH_4^+, B = Cl^-), s_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, s)$	2.804	1.304	1.304	

Specie	$\sqrt{\frac{2}{M}}$	$\frac{s_{\hat{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\hat{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\bar{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\bar{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\hat{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\hat{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\bar{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\bar{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$
NH_3	0.3427	0.4847	0.5418	0.5695	0.5935	0.3426	0.3831	0.4026	0.4196
HCl	0.2375	0.2869	0.3312	0.3524	0.3703	0.2223	0.2565	0.2729	0.2869
NH_4^+	0.3330	0.4709	0.5265	0.5533	0.5767	0.3330	0.3723	0.3913	0.4078
Cl^-	0.2342	0.1679	0.2375	0.2680	0.2909	0.1679	0.2375	0.2680	0.2909

$$\sqrt{RT} = \sqrt{8.314\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \times 293\ \text{K}} = \sqrt{2436\frac{\text{J}}{\text{mol}}}$$

$$\text{J} = \text{N}\cdot\text{m} = \text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m} = \text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$$

$$v_{\hat{s}}(\text{NH}_3) = 0.3831\sqrt{\frac{\text{mol}}{\text{kg}}}\cdot\sqrt{RT} = 0.3831\sqrt{2436}\sqrt{\frac{\text{mol}}{\text{kg}}\frac{\text{J}}{\text{mol}}} = 18.908\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_{\hat{s}}(\text{HCl}) = 0.2565\sqrt{\frac{\text{mol}}{\text{kg}}}\cdot\sqrt{RT} = 0.2565\sqrt{2436}\sqrt{\frac{\text{mol}}{\text{kg}}\frac{\text{J}}{\text{mol}}} = 12.660\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$c_1 = c(\text{NH}_3) = \frac{v_1}{v_A} = \frac{1.473\cdot 10^{-3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{18.908\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = 7.790\cdot 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$c_2 = c(\text{HCl}) = \frac{v_2}{v_B} = \frac{0.982\cdot 10^{-3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{12.660\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = 7.757\cdot 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Factor 0: reacția chimică	Factor 1: energie sau viteză	Factor 2: real sau virtual	Factor 3: modă sau medie	Coeficienți de difuzie
$R_3(\text{NH}_3 + \text{HCl})$	viteză (s)	real (v)	modă ($\hat{\cdot}$)	$c_1 = 7.790\cdot 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ $c_2 = 7.757\cdot 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

3.2.4 Exemplu de calcul 4

Se consideră următoarele observații experimentale:

Speciile chimice	Distanțe (în m)	Timp (în s)	Viteze de difuzie (în m/s)	Raportul vitezelor
NH_3 sau NH_4^+	$d_1 = 0.900$ m	$t_0 = 0$ s	$v_1 = 1.800\cdot 10^{-3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$\frac{v_1}{v_2} = 2.000$
HCl sau Cl^-	$d_2 = 0.450$ m	$t_1 = 500\ s$	$v_2 = 0.900\cdot 10^{-3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	

Temperatura în laborator: 21 °C (T = 294 K)

$$\frac{d_2}{d_1 + d_2} = \frac{0.450\ \text{m}}{0.900\ \text{m} + 0.450\ \text{m}} = 0.33(3)$$

Cum 0.26 < 0.333 < 0.42 experimentul este de succes.

Cazul	$\frac{v_A}{v_B}$	$\frac{v_A}{v_B} - \frac{v_1}{v_2}$	$\left\lvert\frac{v_A}{v_B} - \frac{v_1}{v_2}\right\rvert$	=minim
$R_4(A = \text{NH}_4^+, B = \text{Cl}^-), v_{\bar{\varepsilon}}(\bar{\varepsilon}, v)$	1.402	-0.598	0.598	

$R_4(A=\mathrm{NH}_4^+, B=\mathrm{Cl}^-), v_{\bar{s}}(\bar{s}, v)$	1.460	-0.54	0.54	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), v_{\bar{\varepsilon}}(\bar{\varepsilon}, v)$	1.463	-0.537	0.537	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), v_{\bar{s}}(\bar{s}, v)$	1.475	-0.525	0.525	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), v_{\hat{s}}(\hat{s}, v)$	1.494	-0.506	0.506	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), v_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, v)$	1.542	-0.458	0.458	
$R_4(A=\mathrm{NH}_4^+, B=\mathrm{Cl}^-), v_{\hat{s}}(\hat{s}, v)$	1.568	-0.432	0.432	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), s_{\bar{\varepsilon}}(\bar{\varepsilon}, s)$	1.603	-0.397	0.397	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), s_{\bar{s}}(\bar{s}, s)$	1.616	-0.384	0.384	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), s_{\hat{s}}(\hat{s}, s)$	1.636	-0.364	0.364	
$R_3(A=\mathrm{NH}_3, B=\mathrm{HCl}), s_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, s)$	1.689	-0.311	0.311	
$R_4(A=\mathrm{NH}_4^+, B=\mathrm{Cl}^-), s_{\bar{\varepsilon}}(\bar{\varepsilon}, s)$	1.983	-0.017	0.017	✓(caz 1)
$R_4(A=\mathrm{NH}_4^+, B=\mathrm{Cl}^-), v_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, v)$	1.983	-0.017	0.017	✓(caz 2)
$R_4(A=\mathrm{NH}_4^+, B=\mathrm{Cl}^-), s_{\bar{s}}(\bar{s}, s)$	2.065	0.065	0.065	
$R_4(A=\mathrm{NH}_4^+, B=\mathrm{Cl}^-), s_{\hat{s}}(\hat{s}, s)$	2.217	0.217	0.217	
$R_4(A=\mathrm{NH}_4^+, B=\mathrm{Cl}^-), s_{\hat{\varepsilon}}(\hat{\varepsilon}, s)$	2.804	0.804	0.804	

Specie	$\sqrt{\frac{2}{M}}$	$\frac{s_{\hat{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\hat{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\bar{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{s_{\bar{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\hat{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\hat{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\bar{s}}}{\sqrt{RT}}$	$\frac{v_{\bar{\varepsilon}}}{\sqrt{RT}}$
NH_3	0.3427	0.4847	0.5418	0.5695	0.5935	0.3426	0.3831	0.4026	0.4196
HCl	0.2375	0.2869	0.3312	0.3524	0.3703	0.2223	0.2565	0.2729	0.2869
NH_4^+	0.3330	0.4709	0.5265	0.5533	0.5767	0.3330	0.3723	0.3913	0.4078
Cl^-	0.2342	0.1679	0.2375	0.2608	0.2909	0.1679	0.2375	0.2680	0.2909

$$\sqrt{RT} = \sqrt{8.314 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}} \times 294\ \mathrm{K}} = \sqrt{2444 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}}}$$

$$\mathrm{J} = \mathrm{N}\cdot\mathrm{m} = \mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}\cdot\mathrm{m} = \mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{s}^{-2}$$

Caz 1

$$s_{\bar{\varepsilon}}(\mathrm{NH}_4^+) = 0.5767 \sqrt{\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{kg}}} \cdot \sqrt{RT} = 0.5767\sqrt{2444} \sqrt{\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{kg}} \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}}} = 28.512\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$$

$$s_{\bar{\varepsilon}}(\mathrm{Cl}^-) = 0.2909 \sqrt{\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{kg}}} \cdot \sqrt{RT} = 0.2909\sqrt{2444} \sqrt{\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{kg}} \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}}} = 14.382\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$$

$$c_1 = c(\mathrm{NH}_4^+) = \frac{v_1}{v_A} = \frac{1.800\cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}}{28.512\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}} = 6.313\cdot 10^{-5}\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$$

$$c_2 = c(\mathrm{Cl}^-) = \frac{v_2}{v_B} = \frac{0.900\cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}}{14.382\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}} = 6.258\cdot 10^{-5}\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$$

Factor 0:	Factor 1:	Factor 2:	Factor 3:	Coeficienți
reacția chimică	energie sau viteză	real sau virtual	modă sau medie	de difuzie

$R_4(NH_4^+ + Cl^-)$	energie (ε)	virtual (s)	medie ($\bar{\cdot}$)	$c_1 = 6.313 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$ $c_2 = 6.258 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$

Caz 2

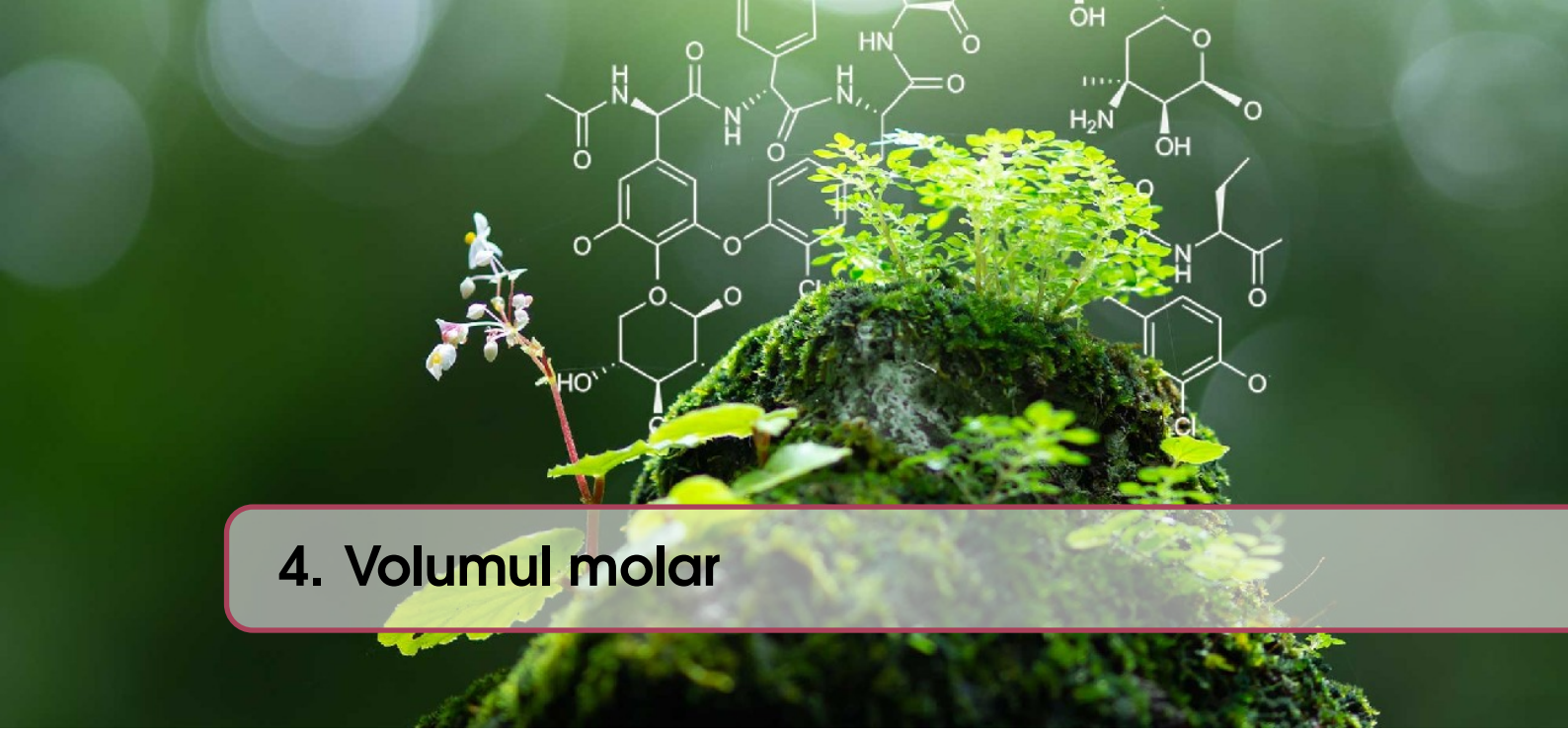
$$v_{\hat{s}}(NH_4^+) = 0.3330 \sqrt{\frac{mol}{kg}} \cdot \sqrt{RT} = 0.3330\sqrt{2444} \sqrt{\frac{mol}{kg}\frac{J}{mol}} = 16.4635\ m \cdot s^{-1}$$

$$v_{\hat{s}}(Cl^-) = 0.1679 \sqrt{\frac{mol}{kg}} \cdot \sqrt{RT} = 0.1679\sqrt{2444} \sqrt{\frac{mol}{kg}\frac{J}{mol}} = 08.3010\ m \cdot s^{-1}$$

$$c_1 = c(NH_4^+) = \frac{v_1}{v_A} = \frac{1.800 \cdot 10^{-3}\ m \cdot s^{-1}}{16.4635\ m \cdot s^{-1}} = 10.933 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$$

$$c_2 = c(Cl^-) = \frac{v_2}{v_B} = \frac{0.900 \cdot 10^{-3}\ m \cdot s^{-1}}{8.3010\ m \cdot s^{-1}} = 10.842 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$$

Factor 0: reacția chimică	Factor 1: energie sau viteză	Factor 2: real sau virtual	Factor 3: modă sau medie	Coeficienți de difuzie
$R_4(NH_4^+ + Cl^-)$	energie (ε)	real (v)	modă ($\hat{\cdot}$)	$c_1 = 7.790 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$ $c_2 = 7.757 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$



4. Volumul molar

4.1 Partea Teoretică

4.1.1 Introducere

O stare care urmează să fie caracterizată de echilibrul de stare presupune estimarea echilibrului mecanic, termic și chimic. Cel puțin definiția echilibrului chimic presupune existența unei stări staționare (în timp) și din acest punct de vedere o consecința imediată este reflexivitatea echilibrului: dacă A este în echilibru, atunci A este în echilibru cu A. De asemenea trebuie acceptată simetria echilibrului: dacă A este în echilibru cu B, atunci B este în echilibru cu A. Mai mult, este asigurată de asemenea tranzitivitatea ("principiul zero al termodinamicii"): dacă A este în echilibru cu B, și B este în echilibru cu C, atunci A este în echilibru cu C, astfel conceptul de echilibru definește o relație de echivalență dintre sisteme. Conceptul de echilibru se află la baza construirii multor instrumente, inclusiv al termometrului.

Indiferent de nivelul de structură (moleculară, atomică, subatomică) la care ne referim numărul de particule (compuşi chimici, atomi, electroni) la nivel macroscopic (observabil cu ochiul liber sau cu instrumente de mărire) cuprins într-un spaţiu de volum definit este imens. Din acest motiv pentru a face referire la macrocantităţi este nevoie de o unitate de măsură corespunzătoare. Aceasta este molul.

Molul este cantitatea de particule (molecule, ioni, atomi, electroni, altele asemenea sau grupuri ale acestora) al căror tip trebuie specificat şi al căror număr este egal cu numărul de atomi de carbon existenţi în 0.012 kg (12g) din izotopul acestuia ^{12}C. Astfel, cantitatea de particule (impropriu spus "cantitate de substanţă") se poate exprima prin intermediul numărului de particule (N) sau prin intermediul numărului de moli (n) iar între aceste două modalităţi de exprimare există relaţia:

$$N = n \cdot \mathrm{N_A}$$

în care $\mathrm{N_A}$ este numărul lui Avogadro şi exprimă valoarea aproximativă a numărului de atomi de Carbon existenţi în 0.012 kg (12g) din izotopul acestuia ^{1}2C: $\mathrm{N_A} = 6.02214 \cdot 10^{23}\mathrm{mol}^{-1}$, însă este de reținut că $\mathrm{N_A}$ este o constantă universală și are o valoare exactă (vezi § Constante). Prin intermediul cantităţii de substanţă o serie de proprietăţi observate au caracter intensiv şi extensiv:

$$X_m = X/n$$

în care X nominalizează oricare proprietate extensivă (care depinde de cantitatea de substanţă) iar X_m nominalizează proprietatea intensivă corespondentă (care nu mai depinde de cantitatea de substanţă).

Energia ca atribut al unei substanţe şi consecinţă a structurii sale atomice, moleculare sau agregate este o mărime intensivă în timp ce energia specifică este corespondentul intensiv al energiei. Similar, energia liberă - eliberată sau absorbită într-un proces este o mărime extensivă în timp ce potenţialul chimic este mărimea intensivă asociată.

Capacitatea calorică (C_p, la presiune constantă; C_V, la volum constant) este cantitatea de căldură ce produce schimbarea temperaturii cu 1K şi este o mărime extensivă, iar capacitatea calorică molară ($C_{p,m}$, la presiune constantă şi $C_{V,m}$ la volum constant) este mărimea intensivă asociată.

Masa (m) este proprietate extensivă, iar masa molară ($M_m \leftarrow m/n$) este proprietate intensivă. Volumul (V) este o proprietate extensivă în timp ce volumul molar ($V_m \leftarrow V/n$) este o proprietate intensivă.

Starea gazoasă este caracterizată printr-o energie internă din care partea cea mai mare este transformată în energie cinetică. Foarte des, pentru presiuni suficient de mici și pentru temperaturi suficient de mari gazul este aproximat ca fiind gaz ideal, utilizând relația dintre parametrii săi de stare:

$$p \cdot V = n \cdot \mathrm{R} \cdot T \implies p \cdot M = \rho \cdot \mathrm{R} \cdot T,\ \mathrm{R} \approx 8.314\ \mathrm{J} \cdot \mathrm{mol}^{-1} \cdot \mathrm{K}^{-1}$$

unde M masa molară, p presiunea, T temperatura, ρ densitatea (toți parametrii intensivi), n cantitatea de substanță (numărul de moli) și V volumul (ambele mărimi fiind parametrii extensivi), iar $\mathrm{R} \leftarrow \mathrm{N_A} \cdot \mathrm{k_B}$ este constanta gazelor. Aceeași relație ce poate fi exprimată și numai între parametrii intensivi prin intermediul volumului molar ($V_m \leftarrow V/n$).

O caracterizare mai precisă al stării gazoase este realizată prin implicarea funcțiilor termodinamice [9], când corecții la modelul gazului ideal pot fi aplicate. Oricum, în mod evident expresiile 'suficient de mici' (pentru presiuni) și 'suficient de mari' (pentru temperatură) depind de compoziția chimică a gazului. De exemplu la 101325 Pa (1 atm) și 298 K (25 °C) Oxigenul (O_2) este în stare gazoasă, Sulful (S_8) este în stare solidă în timp ce apa (H_2O) este în stare lichidă. La o presiune dată, pe seamă ce temperatura devine tot mai mare decât temperatura de vaporizare (de trecere în stare gazoasă) cu eroarea de aproximare considerându-l gaz ideal devine mai mică și corespondent, la o temperatură dată, pe seamă ce presiunea devine tot mai mică decât presiunea de condensare (de trecere în stare lichidă) aceeași eroare de aproximare considerându-l gaz ideal devine din nou mai mică.

O serie de corecții ajustează abaterea de la comportamentul ideal prin introducerea de coeficienți suplimentari care să țină seama că moleculele nu sunt punctiforme și ciocnirile dintre acestea nu sunt perfect elastice. Aproximații mai bune sunt relațiile care implică valorile critice pentru presiune și temperatură. Punctul critic, caracterizat de presiunea critică, temperatura critică și volumul molar critic este punctul din care ('din care' referitor la temperatură și presiune) în general, nu mai există alte frontiere de faze (în general; în particular, aci este vorba despre frontiera dintre faza lichidă și gazoasă).

În laborator este ușor să se obțină Oxigen pur prin descompunerea termică a sărurilor bogate în Oxigen, și astfel se pot calcula experimental erorile de aproximare ale diferitelor modele de caracterizare a stării gazoase:

$$3\mathrm{MnO_2} \rightarrow \mathrm{Mn_3O_4} + \mathrm{O_2}$$
$$2\mathrm{Na_2O} \rightarrow 2\mathrm{NaO} + \mathrm{O_2}$$
$$\mathrm{KClO_4} \rightarrow \mathrm{KCl} + 2\mathrm{O_2}$$
$$2\mathrm{KMnO_4} \rightarrow \mathrm{MnO_2} + \mathrm{K_2MnO_4} + \mathrm{O_2}$$

4.1.2 Scop

Se va obține oxigen prin descompunerea cloratului de potasiu. Se vor calcula volumul molar și abaterile diferitelor modele de aproximare a stării gazoase.

4.1.3 Procedura

În prezența unui catalizator (în acest caz se va utiliza MnO_2) descompunerea termică ($t°C$) a cloratului de potasiu ($KClO_3$) la clorură de potasiu KCl are loc relativ rapid (prin încălzire) când se degajă oxigen, așa cum este redat prin ecuația reacției chimice R_1 în timp ce R_2 este o rută alternativă:

$$R_1: \ KClO_3(s) \xrightarrow[MnO_2(s)]{t°C} KCl(s) + \frac{3}{2}O_2(g, \uparrow)$$

$$R_2: \ KClO_3(s) \xrightarrow[MnO_2(s)]{t°C} KCl(s) + O_3(g, \uparrow)$$

4.1.4 Experiment

Fig. 4.1: Înainte de reacție în experimentul producere a oxigenului

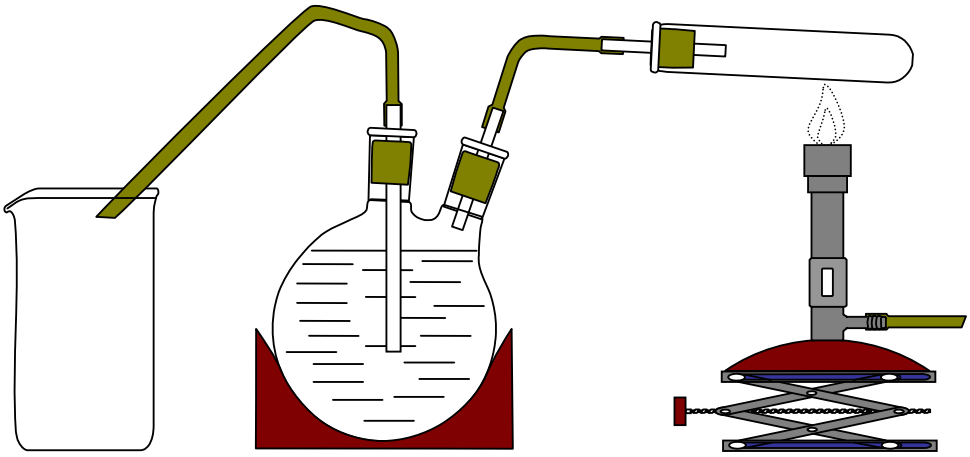


Fig. 4.2: Începutul reacției în experimentul producere a oxigenului

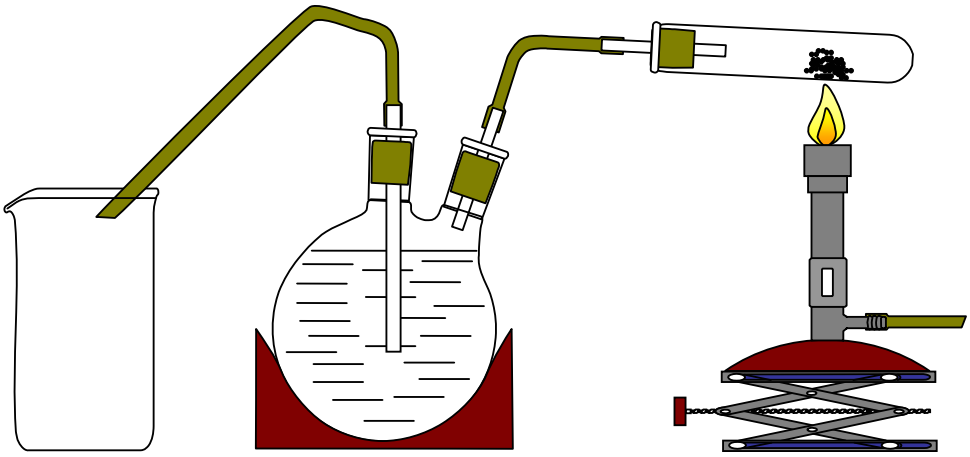
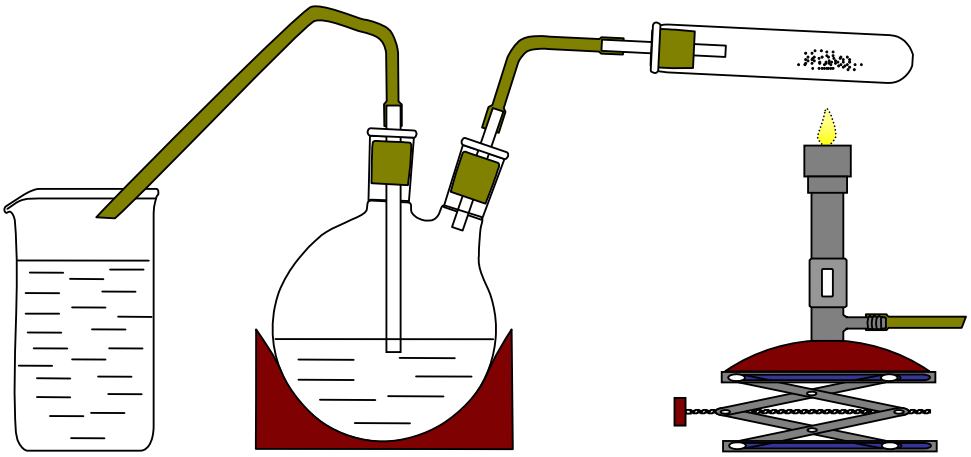


Fig. 4.3: Sfârșitul reacției în experimentul producere a oxigenului



- Se detașează eprubeta și se cântărește (Fig. 1); se notează masa acesteia (m_1);
- În eprubetă se introduce aproximativ 1g de $KClO_3$ și urme de MnO_2 (catalizator); MnO_2 trebuie să fie în contact cu $KClO_3$ (Fig. 2); se recântărește eprubeta; se notează masa acesteia (m_2);
- Se fixează eprubeta; se aprinde becul de gaz; se verifică ca toate clemele fixate pe furtunurile de cauciuc să fie deschise pentru a se evita crearea de suprapresiuni;
- Se apropie becul de gaz de eprubetă și se încălzește vecinătatea din apropierea probei; se așteaptă până când temperatura este destul de mare ca să declanșeze reacția de descompunere;
- Odată atinsă temperatura de inițializare a descompunerii termice, reacția se desfășoară rapid și din acest moment becul de gaz se poate îndepărta în siguranță;
- Se va stinge becul de gaz și clemele de pe furtunurile de cauciuc se vor închide; se va aștepta răcirea eprubetei (Fig. 3); se va cântări apoi eprubeta din nou; se notează masa acesteia (m_3);
- Se măsoară volumul de apă dislocuit din balonul cu fund rotund mare de către oxigenul format în urma reacției de descompunere, apă care acum se găsește în paharul Berzelius; se notează volumul acesteia (V_3);
- Se citește de pe termometru temperatura din laborator; se notează valoarea acesteia (t_3);
- Se citește de pe barometru presiunea din laborator; se notează valoarea acesteia (p_3);
- Se completează tabelul:

mărime	valoare	u.m.	semnificație
m_1 =		g	masa eprubetei goale
m_2 =		g	masa eprubetei cu cele 2 substanțe
m_3 =		g	masa eprubetei după reacție
V_3 =		mL	volumul de apă colectat
p_3 =		torr	presiunea în laborator
t_3 =		°C	temperatura în laborator

4.1.5 Analiza datelor

- Dacă t este temperatura de pe termometru în grade Celsius, atunci $t + 273.15$ este temperatura în Kelvin.
- Dacă p este presiunea de pe barometru în mmHg, atunci $101325 \cdot p/760 = 133.322 \cdot p$ este presiunea în N/m^2.
- Dacă m este masa în g atunci $m \cdot 10^{-3}$ este masa în kg, iar dacă V este volumul în mL atunci $V \cdot 10^{-3}$ este volumul în L (dm^3) și $V \cdot 10^{-6}$ este volumul în m_3.
- $R = 8.31446\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} = 8314.46\ L \cdot Pa \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} = 8.31446\ L \cdot kPa \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} =$ $= 0.0820574\ L \cdot atm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} = 8.20574 \cdot 10^{-5}\ m^3 \cdot atm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

- Valorile se vor scrie în unități SI în tabelul de mai jos:

date	valoare	u.m.
$m_1 =$		kg
$m_2 =$		kg
$m_3 =$		kg
$V_3 =$		m^3
$p_3 =$		Pa
$t_3 =$		K

- Se exprimă bilanțul de masă utilizând ecuația reacției chimice; se calculează numărul de moli de gaz în cele 2 ipoteze
- Luând în considerare că există abateri, devierile de la gazul ideal sunt mici; volumul de gaz degajat este utilizat pentru a decide care reacție a avut loc (R_1 sau R_2).

	$m_2 - m_1$		$m_3 - m_1$		$m_3 - m_2$	număr de moli	
R_1:	$KClO_3 + MnO_2$	$\rightarrow$	$KCl + MnO_2$	+	$\frac{3}{2}O_2$	$n(O_2) = \frac{m_3 - m_2}{M(O_2)} =$	mol
R_2:	$KClO_3 + MnO_2$	$\rightarrow$	$KCl + MnO_2$	+	O_3	$n(O_3) = \frac{m_3 - m_2}{M(O_3)} =$	mol

$M(O_2) = 32$ g/mol; $M(O_3) = 48$ g/mol

Ce semnificație are semnul (-) obținut pentru $n(O_2)$ și $n(O_3)$?

$$n_3 = \frac{p_3 \cdot V_3}{R \cdot T_3} =$$

Volumul molar al gazului degajat se calculează ca:

$$V_m(?) = \frac{V_3}{n_3} = \qquad V_m(O_2) = \frac{V_3}{n(O_2)} = \qquad V_m(O_3) = \frac{V_3}{n(O_3)} =$$

Se caută cea mai mică diferență:

	n_3 (mol)	$n(O_2)$ (mol)	$n(O_3)$ (mol)
Valoare			
Concluzie (O_2 sau O_3):			

Pentru gazul identificat:

$V_m =$	mL/mol =	L/mol =	dm^3/mol =	m^3/mol

Utilizând aceste valori, calculați și apreciați care eroare este cea mai mică:

Model	Formulă	Coeficienți (unități SI)	Rezultat
Gaz Ideal	$\varepsilon_I = p - \frac{RT}{V_m}$	-	$\varepsilon_I =$
Abel-Noble	$\varepsilon_A = p - \frac{RT}{V_m - b}$	$b =^*$	$\varepsilon_A =$
Van der Waals	$\varepsilon_V = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{V_m^2}$	$a =^*$ $b =^*$	$\varepsilon_V =$

Redlich-Kwong	$\varepsilon_R = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{V_m(V_m+b)T^{0.5}}$	$a =^*$ $b =^*$	$\varepsilon_R =$
Clausius	$\varepsilon_C = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{T(V_m+c)^2}$	$a = 21.363$ $b = 9.285 \cdot 10^{-6}$ $c = 2.257 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_C =$
Wohl	$\varepsilon_W = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{TV_m(V_m-b)} - \frac{c}{T^2V_m^3}$	$a = 24.93$ $b = 1.825 \cdot 10^{-5}$ $c = 0.188$	$\varepsilon_W =$

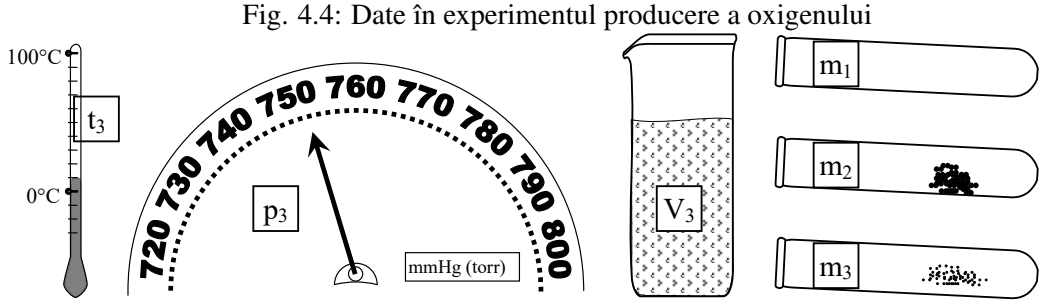
*: Din valori critice (p_c, T_c) pentru gazul identificat (O_2 sau O_3)

Calcul parametrii din valori critice:

Parametru	O_2	O_3	Unitate de măsură
$T_c =$	154.58	261.05	K
$p_c =$	$5.043 \cdot 10^6$	$5.532 \cdot 10^6$	$N \cdot m^{-2}$
Abel-Noble & Van der Waals	$a \leftarrow \frac{27}{64}R^2T_c^2p_c^{-1}; b \leftarrow \frac{1}{8}RT_cp_c^{-1}$		
$a =$			$kg \cdot m^5 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-2}$
$b =$			$m^3 \cdot mol^{-1}$
Redlich-Kwong	$a \leftarrow \frac{171}{400}R^2T_c^{2.5}p_c^{-1}; b \leftarrow \frac{26}{300}RT_cp_c^{-1}$		
$a =$			$kg \cdot m^5 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-2} \cdot K^{0.5}$
$b =$			$m^3 \cdot mol^{-1}$

4.2 Exemple de calcul

Fig. 4.4: Date în experimentul producere a oxigenului



4.2.1 Exemplu de calcul 1

Se consideră următoarele observații experimentale:

date	valoare & u.m.
$m_1 =$	12.2323 g = $12.2323 \cdot 10^{-3}$ kg
$m_2 =$	13.3434 g = $13.3434 \cdot 10^{-3}$ kg
$m_3 =$	12.7474 g = $12.7474 \cdot 10^{-3}$ kg
$V_3 =$	312 mL = $312 \cdot 10^{-3}$ L = $312 \cdot 10^{-3}$ dm^3 = $312 \cdot 10^{-6}$ m^3
$p_3 =$	753 mmHg = 753 torr = 0.9908 atm = 100392 Pa
$t_3 =$	21 °C = 294 K

$$n(O_2) = \frac{m_3 - m_2}{M(O_2)} = \frac{12.7474 - 13.3434}{32} \text{ mol} = -0.01863 \text{ mol}$$

$$n(\mathrm{O_3}) = \frac{m_3 - m_2}{M(\mathrm{O_3})} = \frac{12.7474 - 13.3434}{48}\ \mathrm{mol} = -0.01242\ \mathrm{mol}$$

Semnul minus semnifică pierderea de masă din eprubetă datorată degajării $\mathrm{O_2/O_3}$.

	$m_2 - m_1$		$m_3 - m_1$		$m_3 - m_2$	număr de moli	
R_1:	$\mathrm{KClO_3 + MnO_2}$	$\rightarrow$	$\mathrm{KCl + MnO_2}$	+	$\frac{3}{2}\mathrm{O_2}$	$n(\mathrm{O_2}) = \frac{m_3 - m_2}{M(\mathrm{O_2})} = -0.01863$	mol
R_2:	$\mathrm{KClO_3 + MnO_2}$	$\rightarrow$	$\mathrm{KCl + MnO_2}$	+	$\mathrm{O_3}$	$n(\mathrm{O_3}) = \frac{m_3 - m_2}{M(\mathrm{O_3})} = -0.01242$	mol

$$n_3 = \frac{p_3 \cdot V_3}{\mathrm{R} \cdot T_3} = \frac{100392\ \mathrm{kg \cdot m \cdot s^{-2}} \times 312 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m^3}}{8.31446\ \mathrm{kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}} \times 294\ \mathrm{K}} = 0.01281\ \mathrm{mol}$$

$$V_m(?) = \frac{V_3}{n_3} = 24.36\ \mathrm{L/mol} \quad \Big| \quad V_m(\mathrm{O_2}) = \frac{V_3}{n(\mathrm{O_2})} = 16.75\ \mathrm{L/mol} \quad \Big| \quad V_m(\mathrm{O_3}) = \frac{V_3}{n(\mathrm{O_3})} = 25.12\ \mathrm{L/mol}$$

	n_3 (mol)	$n(\mathrm{O_2})$ (mol)	$n(\mathrm{O_2})$ (mol)
Valoare	0.01281	0.01863	0.01242
Concluzie ($\mathrm{O_2}$ sau $\mathrm{O_3}$): $\mathrm{O_3}$			

Pentru gazul identificat ($\mathrm{O_3}$):

$V_m =$	$25.12 \cdot 10^3$ mL/mol =	25.12 L/mol =	25.12 $\mathrm{dm^3/mol}$ =	$25.12 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^3/mol}$

Van der Waals:

$$a = \frac{27}{64}\mathrm{R}^2 T_c^2 p_c^{-1} = \frac{27}{64} \times (8.314)^2 \times (261.05)^2 \times (5.532 \cdot 10^6)^{-1} = 3.592 \cdot 10^{-1}$$

$$b = \frac{1}{8}\mathrm{R} T_c p_c^{-1} = \frac{1}{8} \times (8.314) \times (261.05) \times (5.532 \cdot 10^6)^{-1} = 4.904 \cdot 10^{-5}$$

Redlich-Kwong:

$$a = \frac{171}{400}\mathrm{R}^2 T_c^{2.5} p_c^{-1} = \frac{171}{400} \times (8.314)^2 \times (261.05)^{2.5} \times (5.532 \cdot 10^6)^{-1} = 5.881 \cdot 10^0$$

$$b = \frac{26}{300}\mathrm{R} T_c p_c^{-1} = \frac{26}{300} \times (8.314) \times (261.05) \times (5.532 \cdot 10^6)^{-1} = 3.400 \cdot 10^{-5}$$

Parametrii din valori critice:

Parametru	$\mathrm{O_2}$	$\mathrm{O_3}$	Unitate de măsură
$T_c =$	154.58	261.05	K
$p_c =$	$5.043 \cdot 10^6$	$5.532 \cdot 10^6$	$\mathrm{N \cdot m^{-2}}$
Abel-Noble & Van der Waals	$a \leftarrow \frac{27}{64}\mathrm{R}^2 T_c^2 p_c^{-1}; b \leftarrow \frac{1}{8}\mathrm{R} T_c p_c^{-1}$		
$a =$		$3.592 \cdot 10^{-1}$	$\mathrm{kg \cdot m^5 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-2}}$
$b =$		$4.904 \cdot 10^{-5}$	$\mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}$
Redlich-Kwong	$a \leftarrow \frac{171}{400}\mathrm{R}^2 T_c^{2.5} p_c^{-1}; b \leftarrow \frac{26}{300}\mathrm{R} T_c p_c^{-1}$		
$a =$		5.881	$\mathrm{kg \cdot m^5 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-2} \cdot K^{0.5}}$

$b =$		$3.400 \cdot 10^{-5}$	$\mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}$

$$\varepsilon_I = p - \frac{RT}{V_m} = 100392\ \mathrm{Pa} - \frac{8.314\mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 294\ K}}{25.12 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}} = 3086\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_A = p - \frac{RT}{V_m - b} = 100392\ \mathrm{Pa} - \frac{8.314\mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 294\ K}}{25.12 \cdot 10^{-3} - 4.904 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}} = 2896\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_V = \varepsilon_A + \frac{a}{V_m^2} = 2896 + \frac{3.592 \cdot 10^{-1}}{(25.12 \cdot 10^{-3})^2}\ \mathrm{Pa} = 3465\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_R = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{V_m(V_m + b)T^{0.5}} = 100392 - 97437 + 543\ \mathrm{Pa} = 3497\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_C = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{T(V_m + c)^2} = 100392 - 97342 + 115\ \mathrm{Pa} = 3165\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_W = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{TV_m(V_m - b)} - \frac{c}{T^2 V_m^3} = 100392 - 97376 + 134 - 0.1\ \mathrm{Pa} = 3150\ \mathrm{Pa}$$

Calcul erori:

Model	Formulă	Coeficienți (unități SI)	Rezultat
Gaz Ideal	$\varepsilon_I = p - \frac{RT}{V_m}$	-	$\varepsilon_I = 3086$ Pa
Abel-Noble	$\varepsilon_A = p - \frac{RT}{V_m - b}$	$b = 4.904 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_A = 2896$ Pa
Van der Waals	$\varepsilon_V = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{V_m^2}$	$a = 3.592 \cdot 10^{-1}$ $b = 4.904 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_V = 3465$ Pa
Redlich-Kwong	$\varepsilon_R = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{V_m(V_m + b)T^{0.5}}$	$a = 5.881$ $b = 3.400 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_R = 3497$ Pa
Clausius	$\varepsilon_C = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{T(V_m + c)^2}$	$a = 21.363$ $b = 9.285 \cdot 10^{-6}$ $c = 2.257 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_C = 3165$ Pa
Wohl	$\varepsilon_W = p - \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{TV_m(V_m - b)} - \frac{c}{T^2 V_m^3}$	$a = 24.93$ $b = 1.825 \cdot 10^{-5}$ $c = 0.188$	$\varepsilon_W = 3150$ Pa

4.2.2 Exemplu de calcul 2

Se consideră următoarele observații experimentale:

date	valoare & u.m.
$m_1 =$	12.2323 g = $12.2323 \cdot 10^{-3}$ kg
$m_2 =$	13.3434 g = $13.3434 \cdot 10^{-3}$ kg
$m_3 =$	12.7474 g = $12.7474 \cdot 10^{-3}$ kg
$V_3 =$	444 mL = $444 \cdot 10^{-3}$ L = $444 \cdot 10^{-3}$ dm^3 = $444 \cdot 10^{-6}$ m^3
$p_3 =$	753 mmHg = 753 torr = 0.9908 atm = 100392 Pa
$t_3 =$	21 °C = 294 K

$$n(\mathrm{O_2}) = \frac{m_3 - m_2}{M(\mathrm{O_2})} = \frac{12.7474 - 13.3434}{32}\ \mathrm{mol} = -0.01863\ \mathrm{mol}$$

$$n(\mathrm{O_3}) = \frac{m_3 - m_2}{M(\mathrm{O_3})} = \frac{12.7474 - 13.3434}{48}\ \mathrm{mol} = -0.01242\ \mathrm{mol}$$

Semnul minus semnifică pierderea de masă din eprubetă datorată degajării $\mathrm{O_2}/\mathrm{O_3}$.

	$m_2 - m_1$		$m_3 - m_1$		$m_3 - m_2$	număr de moli	
R_1:	$\mathrm{KClO_3 + MnO_2}$	$\rightarrow$	$\mathrm{KCl + MnO_2}$	+	$\frac{3}{2}\mathrm{O_2}$	$n(\mathrm{O_2}) = \frac{m_3 - m_2}{M(\mathrm{O_2})} = -0.01863$	mol
R_2:	$\mathrm{KClO_3 + MnO_2}$	$\rightarrow$	$\mathrm{KCl + MnO_2}$	+	$\mathrm{O_3}$	$n(\mathrm{O_3}) = \frac{m_3 - m_2}{M(\mathrm{O_3})} = -0.01242$	mol

$$n_3 = \frac{p_3 \cdot V_3}{\mathrm{R} \cdot T_3} = \frac{100392\ \mathrm{kg \cdot m \cdot s^{-2}} \times 444 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m^3}}{8.31446\ \mathrm{kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}} \times 294\ \mathrm{K}} = 0.01823\ \mathrm{mol}$$

$$V_m(?) = \frac{V_3}{n_3} = 24.36\ \mathrm{L/mol} \quad \Big| \quad V_m(\mathrm{O_2}) = \frac{V_3}{n(\mathrm{O_2})} = 23.83\ \mathrm{L/mol} \quad \Big| \quad V_m(\mathrm{O_3}) = \frac{V_3}{n(\mathrm{O_3})} = 34.66\ \mathrm{L/mol}$$

	n_3 (mol)	$n(\mathrm{O_2})$ (mol)	$n(\mathrm{O_2})$ (mol)
Valoare	0.01823	0.01863	0.01242
Concluzie ($\mathrm{O_2}$ sau $\mathrm{O_3}$): $\mathrm{O_2}$			

Pentru gazul identificat ($\mathrm{O_2}$):

$V_m =$	$23.83 \cdot 10^3$ mL/mol =	23.83 L/mol =	23.83 $\mathrm{dm^3/mol}$ =	$23.83 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^3/mol}$

Van der Waals:

$$a = \frac{27}{64}\mathrm{R}^2 T_c^2 p_c^{-1} = \frac{27}{64} \times (8.314)^2 \times (154.58)^2 \times (5.043 \cdot 10^6)^{-1} = 1.382 \cdot 10^{-1}$$

$$b = \frac{1}{8}\mathrm{R} T_c p_c^{-1} = \frac{1}{8} \times (8.314) \times (154.58) \times (5.043 \cdot 10^6)^{-1} = 3.186 \cdot 10^{-5}$$

Redlich-Kwong:

$$a = \frac{171}{400}\mathrm{R}^2 T_c^{2.5} p_c^{-1} = \frac{171}{400} \times (8.314)^2 \times (154.58)^{2.5} \times (5.043 \cdot 10^6)^{-1} = 1.741 \cdot 10^0$$

$$b = \frac{26}{300}\mathrm{R} T_c p_c^{-1} = \frac{26}{300} \times (8.314) \times (154.58) \times (5.043 \cdot 10^6)^{-1} = 2.209 \cdot 10^{-5}$$

Parametrii din valori critice:

Parametru	$\mathrm{O_2}$	$\mathrm{O_3}$	Unitate de măsură
$T_c =$	154.58	261.05	K
$p_c =$	$5.043 \cdot 10^6$	$5.532 \cdot 10^6$	$\mathrm{N \cdot m^{-2}}$
Abel-Noble & Van der Waals	$a \leftarrow \frac{27}{64}\mathrm{R}^2 T_c^2 p_c^{-1}; b \leftarrow \frac{1}{8}\mathrm{R} T_c p_c^{-1}$		
$a =$	$1.382 \cdot 10^{-1}$		$\mathrm{kg \cdot m^5 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-2}}$
$b =$	$3.186 \cdot 10^{-5}$		$\mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}$
Redlich-Kwong	$a \leftarrow \frac{171}{400}\mathrm{R}^2 T_c^{2.5} p_c^{-1}; b \leftarrow \frac{26}{300}\mathrm{R} T_c p_c^{-1}$		
$a =$	1.741		$\mathrm{kg \cdot m^5 \cdot s^{-2} \cdot mol^{-2} \cdot K^{0.5}}$

$b =$	$2.209 \cdot 10^{-5}$	$\mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}$

$$\varepsilon_I = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m} = 100392\ \mathrm{Pa} - \frac{8.314\mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 294\ K}}{23.83 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}} = -2181\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_A = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} = 100392\ \mathrm{Pa} - \frac{8.314\mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 294\ K}}{23.83 \cdot 10^{-3} - 3.186 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}}} = -2318\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_V = \varepsilon_A + \frac{a}{V_m^2} = -2318 + \frac{1.382 \cdot 10^{-1}}{(23.83 \cdot 10^{-3})^2}\ \mathrm{Pa} = -2075\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_R = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} + \frac{a}{V_m(V_m + b)T^{0.5}} = 100392 - 102668 + 179\ \mathrm{Pa} = -2098\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_C = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} + \frac{a}{T(V_m + c)^2} = 100392 - 102613 + 128\ \mathrm{Pa} = -2093\ \mathrm{Pa}$$

$$\varepsilon_W = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} + \frac{a}{TV_m(V_m - b)} - \frac{c}{T^2 V_m^3} = 100392 - 102652 + 149 - 0.2\ \mathrm{Pa} = -2110\ \mathrm{Pa}$$

Calcul erori:

Model	Formulă	Coeficienți (unități SI)	Rezultat
Gaz Ideal	$\varepsilon_I = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m}$	-	$\varepsilon_I = -2181$ Pa
Abel-Noble	$\varepsilon_A = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b}$	$b = 3.186 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_A = -2318$ Pa
Van der Waals	$\varepsilon_V = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} + \frac{a}{V_m^2}$	$a = 1.382 \cdot 10^{-1}$ $b = 3.186 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_V = -2075$ Pa
Redlich-Kwong	$\varepsilon_R = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} + \frac{a}{V_m(V_m + b)T^{0.5}}$	$a = 1.741$ $b = 2.209 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_R = -2098$ Pa
Clausius	$\varepsilon_C = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} + \frac{a}{T(V_m + c)^2}$	$a = 21.363$ $b = 9.285 \cdot 10^{-6}$ $c = 2.257 \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_C = -2093$ Pa
Wohl	$\varepsilon_W = p - \frac{\mathrm{R}T}{V_m - b} + \frac{a}{TV_m(V_m - b)} - \frac{c}{T^2 V_m^3}$	$a = 24.93$ $b = 1.825 \cdot 10^{-5}$ $c = 0.188$	$\varepsilon_W = -2110$ Pa

5. Coroziunea Zincului

5.1 Partea Teoretică

5.1.1 Introducere

Coroziunea este o distrugere graduală a materialelor prin reacții chimice cu substanțe din mediul lor. Coroziunea poate să apară în materiale, altele decât metale (cum ar fi ceramici sau polimeri), dar în acest context, termenul de degradare este mai comun.

Cu toate acestea, în cel mai comun sens utilizat, coroziunea înseamnă oxidare electrochimică a metalelor în reacție cu un oxidant (cum ar fi oxigenul), tipic producându-se oxizi sau săruri ale metalului. Ruginirea (formarea oxizilor de fier) este un exemplu bine cunoscut de coroziune.

Multe aliaje se corodează mereu prin expunerea la umezeala din aer, iar procesul poate fi puternic afectat de prezența unor anumite substanțe. Coroziunea poate avea loc local prin formarea unui punct sau fisuri, sau se poate extinde pe o arie mare (mai mult sau mai puțin uniformă) la suprafață (are loc pe suprafețele expuse fiind un proces de difuziune controlată).

Există metode de reducere a activității chimice la suprafața expusă, cum sunt pasivarea și electrodepunerea.

Pasivarea implică depunerea unui strat exterior bazat pe un material, care poate fi aplicat ca și un microînveliș, sau care se formează spontan în natură. Ca și tehnică, pasivarea este utilizarea unui strat subțire de material protector, cum ar fi un oxid metalic, pentru a crea o barieră împotriva coroziunii.

Electrodepunerea este un proces care utilizează curentul electric pentru a reduce cationii metalici dizolvați astfel încât ei formează un metal coerent sau înveliș de aliaj pe o suprafață metalică comportându-se ca și un electrod. Electrodepunerea este larg utilizată în diferite ramuri industriale pentru acoperirea metalelor sau a obiectelor din aliaj cu un strat subțire a unui metal sau aliaj diferit sau a aceluiași aliaj dar cu compoziție diferită. Oricum, scopul este același, de a crește rezistența materialului la coroziune. Cromarea este utilizată pentru aluminiu, zinc, cadmiu, cupru, argint, magneziu, și aliaje de Staniu în timp ce nichelarea (depunerea de nichel) și galvanizarea (depunerea de zinc) sunt des utilizate pentru aliaje ale fierului.

Alte alternative sunt efectuarea de electrodepuneri cu un aliaj.

Analiza gravimetrică este definită ca și determinarea cantitativă a cantităților bazate pe diferența de masă și eventual bazate pe corespondențele cu reacțiile chimice. Masa este cea mai fundamentală dintre toate măsurătorile analitice, iar gravimetria este cea mai veche tehnică cantitativă.

Analiza volumetrică este definită ca și determinarea cantitativă a cantităților bazate pe diferența de volum și eventual bazate pe corespondențe cu reacțiile chimice.

Ambele tipuri de măsurători gravimetrice și volumetrice pot fi efectuate în toate stările de agregare (solidă, lichidă, gazoasă) dar în general este preferată starea solidă pentru gravimetrie și lichidă sau gazoasă pentru volumetrie.

Ambele metode sunt metode chimice, însemnând că analiza este bazată pe schimbul în substanță datorită unei reacții chimice iar măsurătorile sunt efectuate în unități absolute (de masă și volum).

5.1.2 Scop

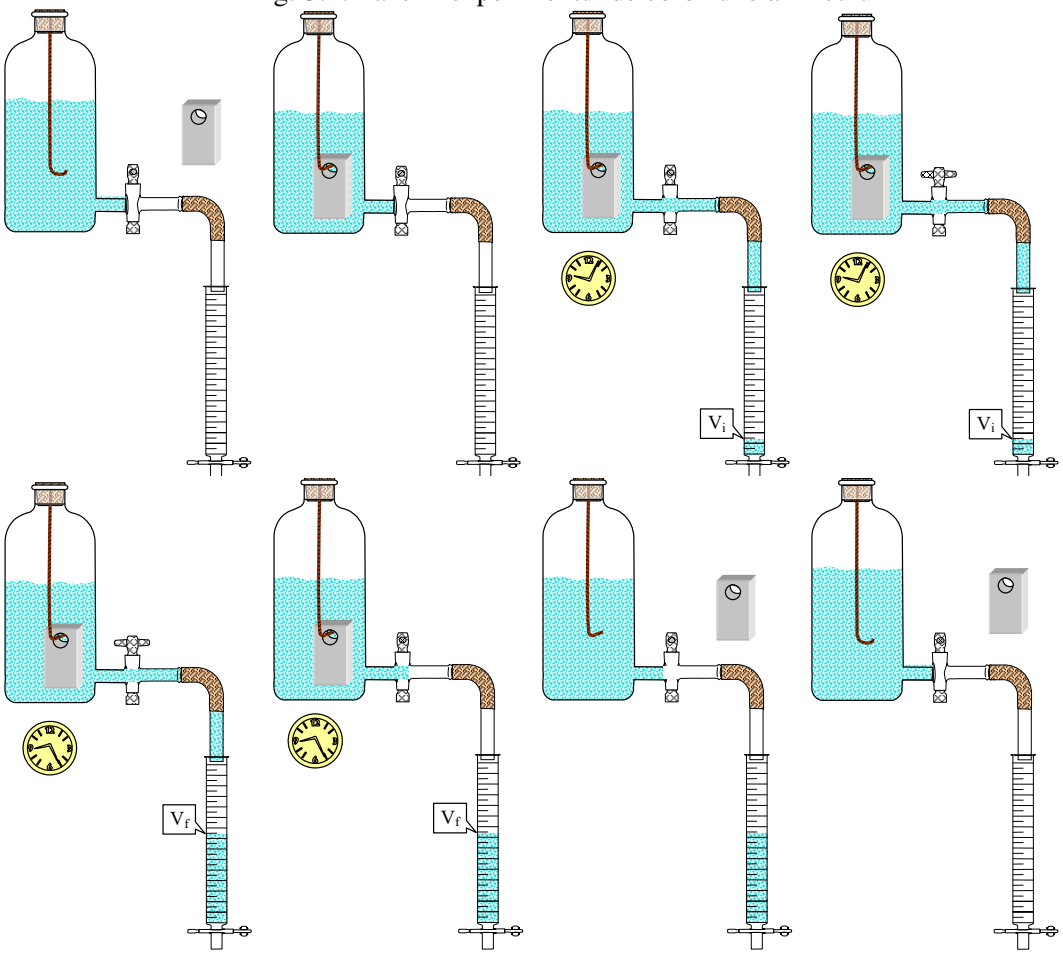
Se va studia cu metoda volumetrică coroziunea zincului în soluție de acid sulfuric ($H_2SO_4(aq)$).

5.1.3 Reacții chimice

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g, \uparrow)$$

5.1.4 Experiment

Fig. 5.1: Faze în experimentul de coroziune a zincului



5.1.5 Procedura

- Se va curăța proba (Fig.1) cu hârtie abrazivă dacă este necesar; Se va degresa proba (Fig. 1) cu lapte de var ($Ca(OH)_2$) dacă este necesar; Se va măsura suprafața probei (Fig. 1) cu ajutorul unei rigle și se va nota valoarea acesteia (S);
- Se va deschide vasul de coroziune, se va fixa proba în suportul ei și se va pune dopul asigurându-se ca nici un pic de aer să nu intre în vasul de coroziune (vasul să se închidă

etanș; Fig. 2);

- Se va deschide clema pentru a permite lichidului să treacă din vasul de coroziune în biuretă și se așteaptă câteva secunde până lichidul va curge cu o viteză constantă (Fig. 3);
- În același moment (Fig. 3 → Fig. 4), se va nota nivelul inițial al lichidului din biuretă ($V_1 = V_i$) și se va porni cronometrul (t_1);
- Se așteaptă câteva minute (Fig. 4 → Fig. 5);
- În același moment (Fig. 5 → Fig. 6) se închide clema care permite lichidului să treacă din vas și se oprește cronometrul (t_2);
- Se înregistrează (Fig. 6) nivelul final al lichidului din biuretă ($V_2 = V_f$);
- Se îndepărtează proba din vas prin scoaterea dopului de care este conectată (Fig. 7);
- Se returnează soluția de coroziune în vasul de coroziune (Fig. 7 → Fig. 8);
- Se notează presiunea (p) și temperatura (t) din laborator.

Date experimentale:

S	$V_1 = V_i$	$V_2 = V_f$	$\Delta V = V_2 - V_1$	$t_1 = t_i$	$t_2 = t_f$	$\Delta t = t_2 - t_1$	p	t
cm^2	mL	mL	mL	s	s	s	mmHg	°C

Date suplimentare:

$M(Zn)$	$\rho(Zn)$	V_0	p_0	T_0	$T \leftarrow 273 + t$
g/mol	g/L	L/mol	mmHg	K	K
65.38	7140	22.7	750	273	

5.1.6 Analiza datelor

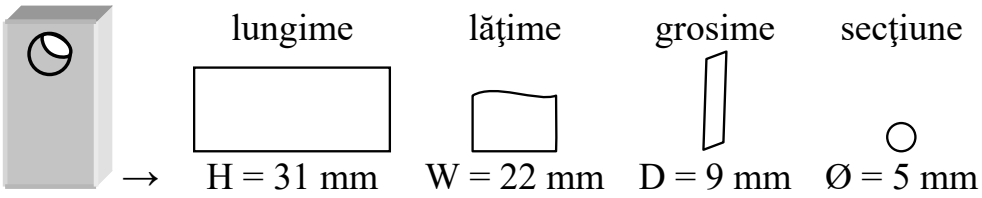
Rezultate:

Mărime	Unitate	Valoare	Indiciu de calcul
$S(Zn)$	cm^2		v. Date experimentale
$\Delta t(Zn)$	s		v. Date experimentale
$\Delta V(H_2)$	mL		v. Date experimentale
$\Delta V_{STD}(H_2)$	dm^3		$\Delta V_{STD}(H_2) = \Delta V(H_2) \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}$
$\Delta n(H_2)$	mol		$\Delta n(H_2) = \Delta V_{STD}(H_2)/V_0$
$\Delta n(Zn)$	mol		$2H^+(aq) + 1Zn(s) \rightarrow 1H_2(g) + 1Zn^{2+}(aq)$
$\Delta m(Zn)$	g		$\Delta m(Zn) = \Delta n(Zn) \cdot M(Zn)$
$\Delta V(Zn)$	m^3		$\Delta V(Zn) = \Delta m(Zn)/\rho(Zn)$
$\Delta h(Zn)$	m		$\Delta h(Zn) = \Delta V(Zn)/S(Zn)$
$v(Zn)$	μm/an		$v = \Delta h(Zn) \cdot \Delta t(an)/\Delta t(Zn)$
$a(Zn)$	-		v. Clase de rezistență

$a(Zn)$ - anduranța Zn

5.2 Exemplu de calcul

Fig. 5.2: Măsurători pentru arie în coroziunea zincului



$$S = 2\cdot H\cdot W + 2\cdot H\cdot D + 2\cdot W\cdot D - 2\cdot\pi\cdot\Phi^2/4 + \pi\cdot\Phi\cdot D = 2\times 31\text{ mm}\times 22\text{ mm}+$$
$$+2\times 31\text{ mm}\times 9\text{ mm} + 2\times 22\text{ mm}\times 9\text{ mm} - 2\times\pi\times(5\text{ mm})^2/4 + \pi\times 5\text{ mm}\times 9\text{ mm} =$$
$$= 2420\text{mm}^2 = 24.2\text{ cm}^2 = 0.242\text{ dm}^2 = 2.42\cdot 10^{-3}\text{ m}^2$$

Date experimentale:

S	$V_1 = V_i$	$V_2 = V_f$	$\Delta V = V_2 - V_1$	$t_1 = t_i$	$t_2 = t_f$	$\Delta t = t_2 - t_1$	p	t
cm^2	mL	mL	mL	s	s	s	mmHg	°C
24.2	2.1	8.3	6.2	0	563	563	756	20

Date suplimentare:

$M(\text{Zn})$	$\rho(\text{Zn})$	V_0	p_0	T_0	$T \leftarrow 273 + t$
g/mol	g/L	L/mol	mmHg	K	K
65.38	7140	22.7	750	273	293

Rezultate:

Mărime	Unitate	Valoare	Indiciu de calcul
$S(\text{Zn})$	cm^2	24.2	v. Date experimentale
$\Delta t(\text{Zn})$	s	563	v. Date experimentale
$\Delta V(\text{H}_2)$	mL	6.2	v. Date experimentale
$\Delta V_{STD}(\text{H}_2)$	dm^3	$5.7464\cdot 10^{-3}$	$\Delta V_{STD}(\text{H}_2) = \Delta V(\text{H}_2)\cdot\frac{p}{p_0}\cdot\frac{T_0}{T}$
$\Delta n(\text{H}_2)$	mol	$2.53\cdot 10^{-4}$	$\Delta n(\text{H}_2) = \Delta V_{STD}(\text{H}_2)/V_0$
$\Delta n(\text{Zn})$	mol	$2.53\cdot 10^{-4}$	$2\text{H}^+ + 1\text{Zn} \rightarrow 1\text{H}_2 + 1\text{Zn}^{2+}$
$\Delta m(\text{Zn})$	g	$1.654\cdot 10^{-2}$	$\Delta m(\text{Zn}) = \Delta n(\text{Zn})\cdot M(\text{Zn})$
$\Delta V(\text{Zn})$	m^3	$2.317\cdot 10^{-9}$	$\Delta V(\text{Zn}) = \Delta m(\text{Zn})/\rho(\text{Zn})$
$\Delta h(\text{Zn})$	m	$9.574\cdot 10^{-7}$	$\Delta h(\text{Zn}) = \Delta V(\text{Zn})/S(\text{Zn})$
$v(\text{Zn})$	μm/an	53630	$v = \Delta h(\text{Zn})\cdot\Delta t(\text{an})/\Delta t(\text{Zn})$
$a(\text{Zn})$	-	C6	v. Clase de rezistenţă

$$\Delta V_{STD}(\mathrm{H_2}) = \Delta V(\mathrm{H_2}) \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} = 6.2\ \mathrm{mL} \times \frac{756}{750} \times \frac{273}{293} = 5.7464\ \mathrm{mL}$$

$$\Delta n(\mathrm{H_2}) = \Delta V_{STD}(\mathrm{H_2})/V_0 = 5.7464 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m^3}/22.7 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^3 \cdot mol^{-1}} = 0.2530 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

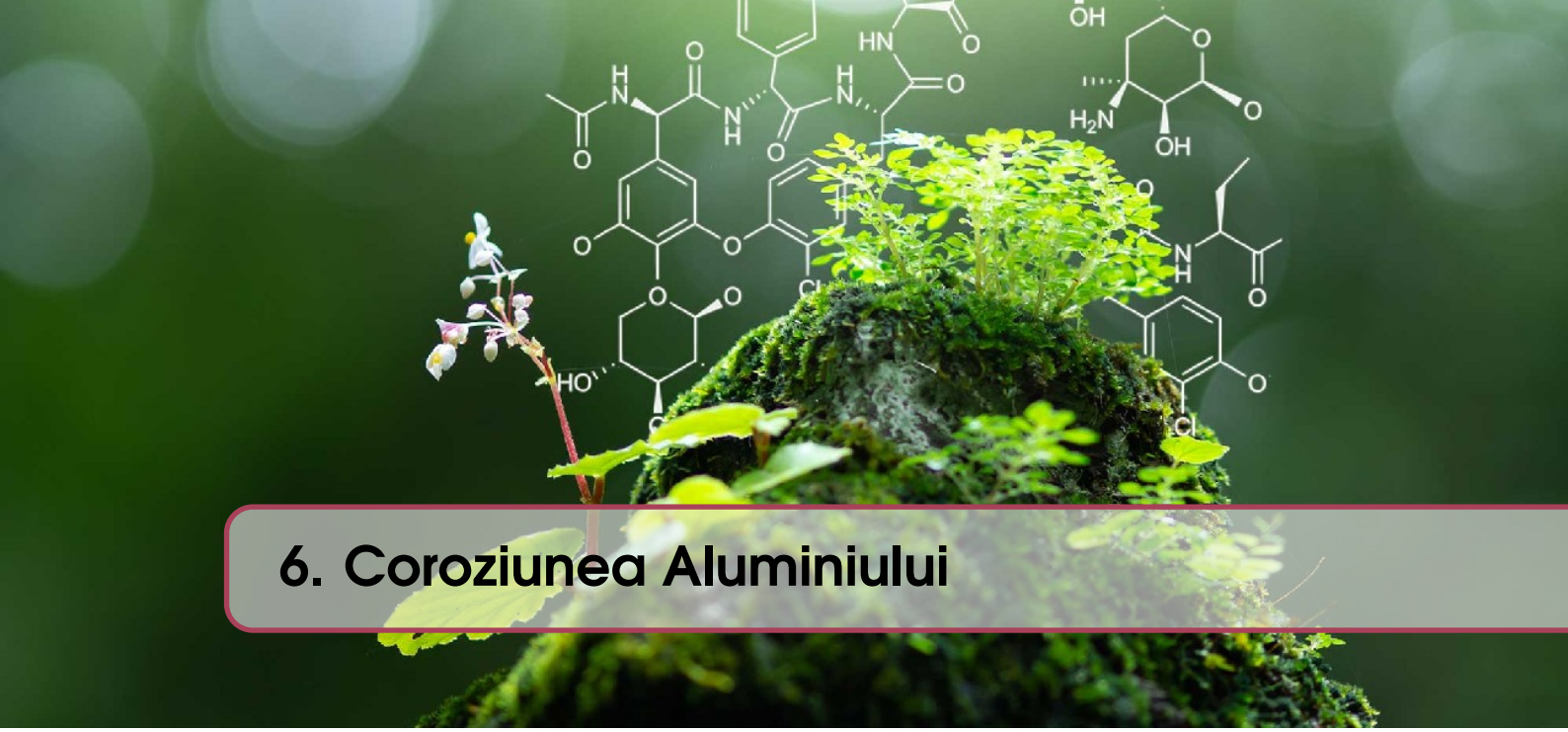
$$\Delta n(\mathrm{Zn}) = \Delta n(\mathrm{H_2}) = 0.2530 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

$$\Delta m(\mathrm{Zn}) = \Delta n(\mathrm{Zn}) \cdot M(\mathrm{Zn}) = 0.2530 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{mol} \times 65.38 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg \cdot mol^{-1}} = 1.654 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{kg}$$

$$\Delta V(\mathrm{Zn}) = \Delta m(\mathrm{Zn})/\rho(\mathrm{Zn}) = 1.654 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{kg}/7140\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}} = 2.317 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m^3}$$

$$\Delta h(\mathrm{Zn}) = \Delta V(\mathrm{Zn})/S(\mathrm{Zn}) = 2.317 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m^3}/2.42 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^2} = 9.574 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m}$$

$$v(\mathrm{Zn}) = \Delta h(\mathrm{H_2}) \cdot \frac{60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365\ \mathrm{s/an}}{\Delta t(\mathrm{Zn})} = 9.574 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m} \times \frac{31536000\ \mathrm{s/an}}{563\ \mathrm{s}} = 5.363 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m/an}$$



6. Coroziunea Aluminiului

6.1 Partea Teoretică

6.1.1 Introducere

Coroziunea este o distrugere graduală a materialelor prin reacții chimice cu substanțe din mediul lor. Coroziunea poate să apară în materiale, altele decât metale (cum ar fi ceramici sau polimeri), dar în acest context, termenul de degradare este mai comun.

Cu toate acestea, în cel mai comun sens utilizat, coroziunea înseamnă oxidare electrochimică a metalelor în reacție cu un oxidant (cum ar fi oxigenul), tipic producându-se oxizi sau săruri ale metalului. Ruginirea (formarea oxizilor de fier) este un exemplu bine cunoscut de coroziune.

Multe aliaje se corodează mereu prin expunerea la umezeala din aer, iar procesul poate fi puternic afectat de prezența unor anumite substanțe. Coroziunea poate avea loc local prin formarea unui punct sau fisuri, sau se poate extinde pe o arie mare (mai mult sau mai puțin uniformă) la suprafață (are loc pe suprafețele expuse fiind un proces de difuziune controlată).

Există metode de reducere a activității chimice la suprafața expusă, cum sunt pasivarea și electrodepunerea.

Pasivarea implică depunerea unui strat exterior bazat pe un material, care poate fi aplicat ca și un microînveliș, sau care se formează spontan în natură. Ca și tehnică, pasivarea este utilizarea unui strat subțire de material protector, cum ar fi un oxid metalic, pentru a crea o barieră împotriva coroziunii.

Electrodepunerea este un proces care utilizează curentul electric pentru a reduce cationii metalici dizolvați astfel încât ei formează un metal coerent sau înveliș de aliaj pe o suprafață metalică comportându-se ca și un electrod. Electrodepunerea este larg utilizată în diferite ramuri industriale pentru acoperirea metalelor sau a obiectelor din aliaj cu un strat subțire a unui metal sau aliaj diferit sau a aceluiași aliaj dar cu compoziție diferită. Oricum, scopul este același, de a crește rezistența materialului la coroziune. Cromarea este utilizată pentru aluminiu, zinc, cadmiu, cupru, argint, magneziu, și aliaje de Staniu în timp ce nichelarea (depunerea de nichel) și galvanizarea (depunerea de zinc) sunt des utilizate pentru aliaje ale fierului.

Alte alternative sunt efectuarea de electrodepuneri cu un aliaj.

Analiza gravimetrică este definită ca și determinarea cantitativă a cantităților bazate pe diferența de masă și eventual bazate pe corespondențele cu reacțiile chimice. Masa este cea mai fundamentală dintre toate măsurătorile analitice, iar gravimetria este cea mai veche tehnică cantitativă.

Analiza volumetrică este definită ca și determinarea cantitativă a cantităților bazate pe diferența de volum și eventual bazate pe corespondențe cu reacțiile chimice.

Ambele tipuri de măsurători gravimetrice și volumetrice pot fi efectuate în toate stările de agregare (solidă, lichidă, gazoasă) dar în general este preferată starea solidă pentru gravimetrie și lichidă sau gazoasă pentru volumetrie.

Ambele metode sunt metode chimice, însemnând că analiza este bazată pe schimbul în substanță datorită unei reacții chimice iar măsurătorile sunt efectuate în unități absolute (de masă și volum).

6.1.2 Scop

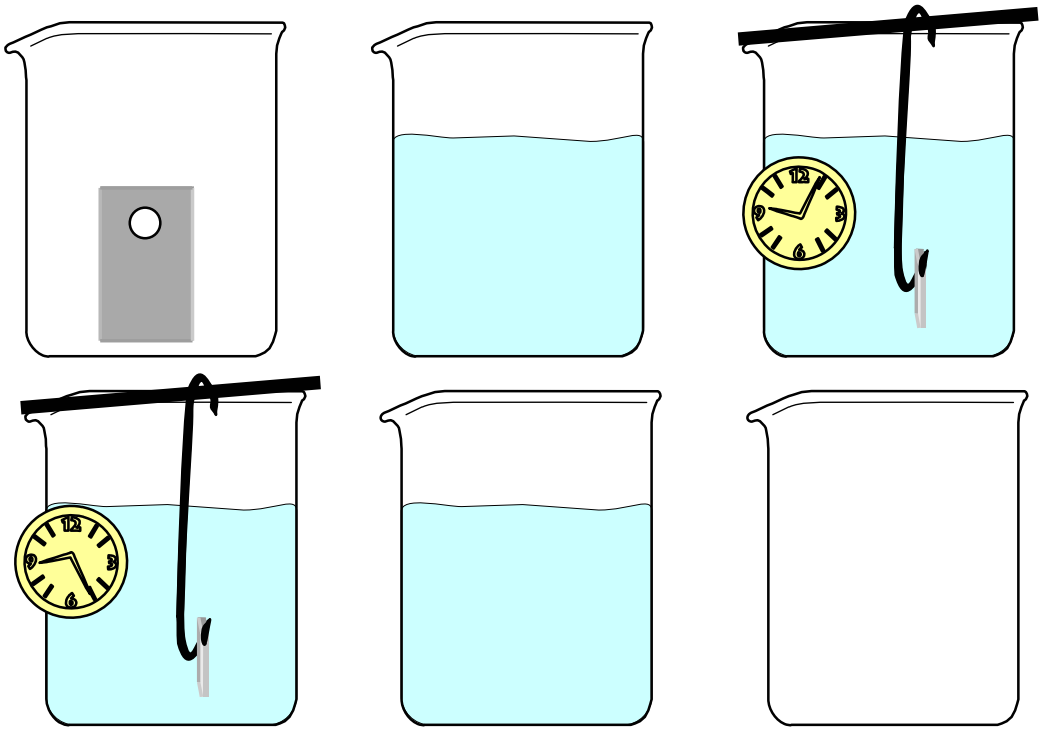
Se va studia cu metoda gravimetrică coroziunea aluminiului în soluție de hidoxid de sodiu (NaOH (aq)).

6.1.3 Reacții chimice

$$2Al(s) + 2NaOH(aq) + 6H_2O(l) \rightarrow 2Na[Al(OH)_4](s, \downarrow) + 3H_2(g, \uparrow)$$

6.1.4 Experiment

Fig. 6.1: Faze în experimentul de coroziune a aluminiului



6.1.5 Procedura

- Se va curăța proba (Fig.1) cu hârtie abrazivă dacă este necesar și se va degresa cu lapte de var ($Ca(OH)_2$) dacă este necesar; Se va măsura suprafața probei cu ajutorul unei rigle și se va nota valoarea acesteia (S); Se va cântări proba cu ajutorul balanței analitice și se va nota valoarea acesteia (m_1);
- Se va adăuga în vasul de coroziune soluția de NaOH (Fig. 2);
- Se va fixa proba în suport (Fig. 3), se va pune în paharul de coroziune și se va porni cronometrul (t_0);
- Se așteaptă aproximativ 15 minute (Fig. 4);
- Se va opri cronometrul (t_1) și se va îndepărta proba din vasul de coroziune (Fig. 5);

- Se va recupera soluția de coroziune (Fig. 6);
- Se va utiliza o hârtie de filtru sau altceva rugos pentru a curăța și usca suprafața probei;
- Se va cântări proba din nou (m_2).

Date experimentale:

S	$m_1 = m_i$	$m_2 = m_f$	$\Delta m = m_2 - m_1$	$t_1 = t_i$	$t_2 = t_f$	$\Delta t = t_2 - t_1$	p	t
cm^2	g	g	g	s	s	s	mmHg	°C

Date suplimentare:

$M(\mathrm{Al})$	$\rho(\mathrm{Al})$	V_0	p_0	T_0	$T \leftarrow 273 + t$
g/mol	g/L	L/mol	mmHg	K	K
26.98	2700	22.7	750	273	

6.1.6 Analiza datelor

Rezultate:

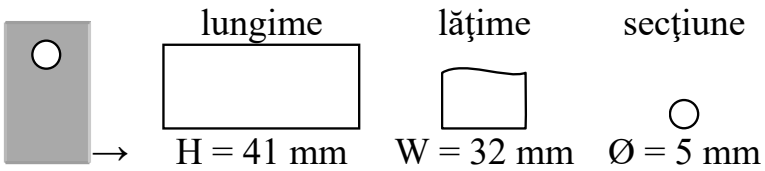
Mărime	Unitate	Valoare	Indiciu de calcul
$S(\mathrm{Al})$	cm^2		v. Date experimentale
$\Delta t(\mathrm{Al})$	s		v. Date experimentale
$\Delta m(\mathrm{Al})$	g		v. Date experimentale
$\Delta n(\mathrm{Al})$	mol		$\Delta n(\mathrm{Al}) = \Delta m(\mathrm{Al})/M(\mathrm{Al})$
$\Delta n(\mathrm{H_2})$	mol		$2\mathrm{Al} + 2\mathrm{NaOH} + 6\mathrm{H_2O} \rightarrow 2\mathrm{Na[Al(OH)_4]} + 3\mathrm{H_2}$
$\Delta V_{STD}(\mathrm{H_2})$	dm^3		$\Delta V_{STD}(\mathrm{H_2}) = \Delta n(\mathrm{H_2}) \cdot V_0$
$\Delta V(\mathrm{H_2})$	dm^3		$\Delta V(\mathrm{H_2}) = \Delta V(_{STD}\mathrm{H_2}) \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0}$
$\Delta V(\mathrm{Al})$	m^3		$\Delta V(\mathrm{Al}) = \Delta m(\mathrm{Al})/\rho(\mathrm{Al})$
$\Delta h(\mathrm{Al})$	m		$\Delta h(\mathrm{Al}) = \Delta V(\mathrm{Al})/S(\mathrm{Al})$
$v(\mathrm{Al})$	μm/an		$v = \Delta h(\mathrm{Al})/\Delta t(\mathrm{Al})$
$a(\mathrm{Al})$	-		v. Clase de rezistență

$a(\mathrm{Al})$ - anduranța Al

6.2 Exemplu de calcul

6.2.1 Experiment

Fig. 6.2: Măsurători pentru arie în coroziunea aluminiului



$$S = 2 \cdot H \cdot W - 2 \cdot \pi \cdot \Phi^2/4 = 2 \times 41 \text{ mm} \times 32 \text{ mm} - 2 \times \pi \times (5 \text{ mm})^2/4 =$$
$$= 2622 \text{ mm}^2 - 39 \text{ mm}^2 = 2585 \text{ mm}^2 = 25.85 \text{ cm}^2 = 0.2585 \text{ dm}^2 = 2.585 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Date experimentale:

S	$m_1 = m_i$	$m_2 = m_f$	$\Delta m = m_2 - m_1$	$t_1 = t_i$	$t_2 = t_f$	$\Delta t = t_2 - t_1$	p	t
cm^2	g	g	g	s	s	s	mmHg	°C
25.85	2.2121	2.1919	0.0202	0	454	454	756	19

Date suplimentare:

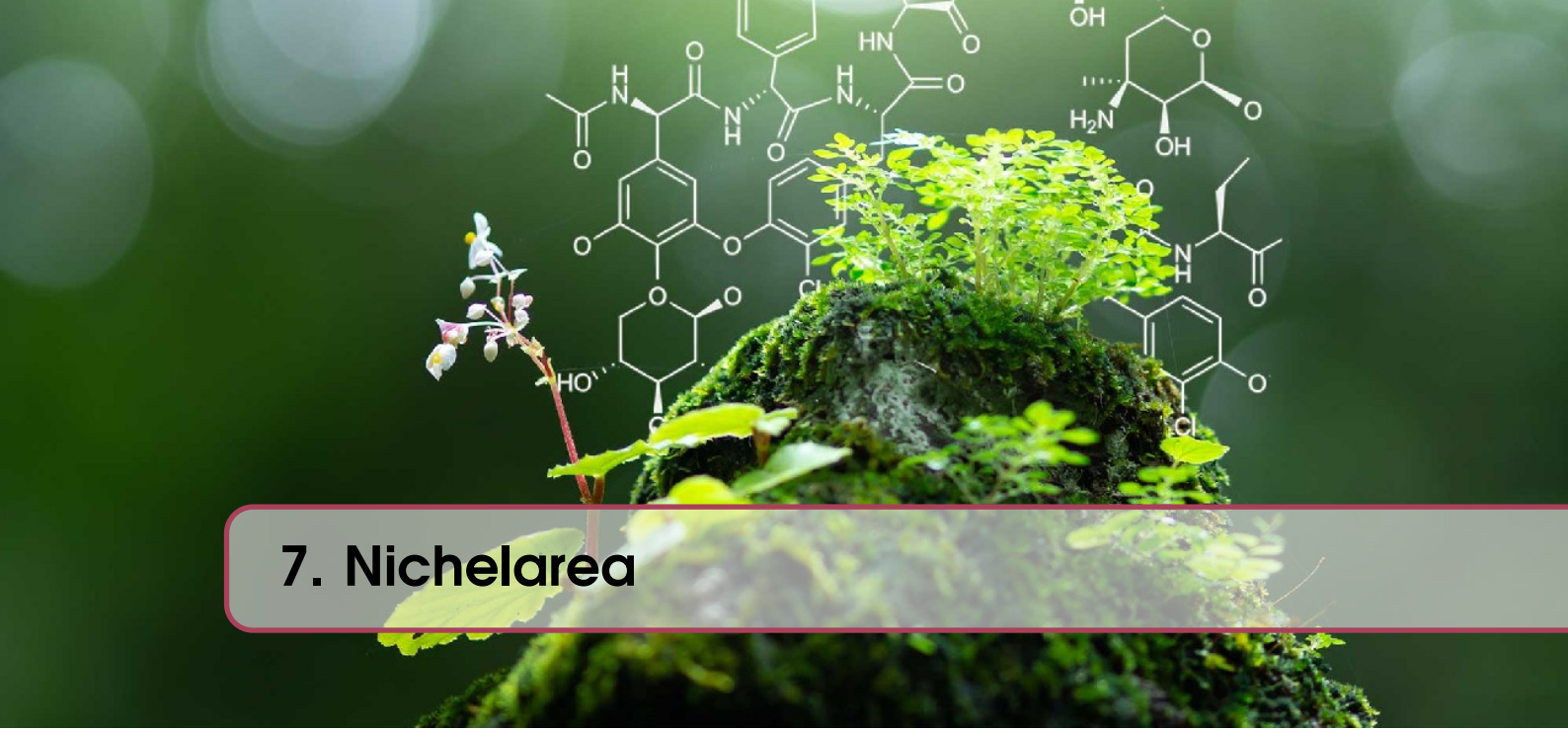
$M(\text{Al})$	$\rho(\text{Al})$	V_0	p_0	T_0	$T \leftarrow 273 + t$
g/mol	g/L	L/mol	mmHg	K	K
26.98	2700	22.7	750	273	292

Rezultate:

Mărime	Unitate	Valoare	Indiciu de calcul
$S(\text{Al})$	cm^2	25.85	v. Date experimentale
$\Delta t(\text{Al})$	s	454	v. Date experimentale
$\Delta m(\text{Al})$	g	0.0202	v. Date experimentale
$\Delta n(\text{Al})$	mol	$7.487 \cdot 10^{-4}$	$\Delta n(\text{Al}) = \Delta m(\text{Al})/M(\text{Al})$
$\Delta n(\text{H}_2)$	mol	$1.123 \cdot 10^{-3}$	$2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$
$\Delta V_{STD}(\text{H}_2)$	dm^3	0.02551	$\Delta V_{STD}(\text{H}_2) = \Delta n(\text{H}_2) \cdot V_0$
$\Delta V(\text{H}_2)$	dm^3	27.46	$\Delta V(\text{H}_2) = \Delta V(_{STD}\text{H}_2) \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0}$
$\Delta V(\text{Al})$	m^3	$7.481 \cdot 10^{-9}$	$\Delta V(\text{Al}) = \Delta m(\text{Al})/\rho(\text{Al})$
$\Delta h(\text{Al})$	m	$2.894 \cdot 10^{-6}$	$\Delta h(\text{Al}) = \Delta V(\text{Al})/S(\text{Al})$
$v(\text{Al})$	μm/an	$2.01 \cdot 10^5$	$v = \Delta h(\text{Al})/\Delta t(\text{Al})$
$a(\text{Al})$		C6	v. Clase de rezistență

$$\Delta n(\text{Al}) = \Delta m(\text{Al})/M(\text{Al}) = \frac{0.0202 \text{ g}}{26.98 \text{ g/mol}} = 7.487 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$
$$\Delta n(\text{H}_2) = \frac{3}{2}\Delta n(\text{Al}) = \frac{3}{2} \times 7.487 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 1.123 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$
$$\Delta V_{STD}(\text{H}_2) = \Delta n(\text{H}_2) \cdot V_0 = 1.123 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 22.711 \text{ L/mol} = 2.551 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

$$\Delta V(\text{H}_2) = \Delta V(_{STD}\text{H}_2) \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0} = 2.551 \cdot 10^{-2} \text{ L} \times \frac{750}{755} \cdot \frac{292}{273} = 2.710 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$
$$\Delta V(\text{Al}) = \Delta m(\text{Al})/\rho(\text{Al}) = 0.0202 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/2770 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 7.481 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$
$$\Delta h(\text{Al}) = \Delta V(\text{Al})/S(\text{Al}) = 7.481 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/2.585 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 2.894 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$
$$\Delta v(\text{Zn}) = \Delta h(\text{H}_2) \cdot \frac{60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \text{ s/an}}{\Delta t(\text{Al})} = 2.894 \cdot 10^{-6} \text{ m} \times \frac{31536000 \text{ s/an}}{454 \text{ s}} = 0.2010 \text{ m/an}$$



7. Nichelarea

7.1 Partea Teoretică

7.1.1 Introducere

Electrodepunerea este o acoperire a suprafeței în care un metal este depus pe o suprafață conductivă. Este utilizată pentru decorarea obiectelor, pentru inhibarea coroziunii, pentru întărire, pentru reducerea frecării, pentru a crește durabilitatea, pentru a crește adeziunea vopselelor, pentru a altera conductivitatea, pentru a crește reflexia IR, pentru captarea radiațiilor sau pentru alte scopuri.

În electrodepunere, un metal ionic primește electroni pentru a forma un substrat protector ne ionic. Un sistem obișnuit implică o soluție chimică cu forma ionică a metalului, un anod (încărcat pozitiv) care poate fi alcătuit din metalul care va fi depus (un anod solubil) sau un anod insolubil (de obicei carbon, platină, titan, plumb, sau oțel), și în final, un catod (încărcat negativ) cu surplus de electroni pentru a produce un film metalic ne ionic.

Cromarea este un tratament de finisare utilizat la depunerea electrolitică a cromului. Cea mai comună formă de cromare este forma subțire, cromul decorativ strălucitor, care este de obicei un strat cu grosimea de 10-µm depus peste unul de nichel. Când se efectuează depuneri pe fier sau oțel, o depunere anterioară de cupru, permite nichelului să adere la probă. Porii (găuri foarte mici) din straturile de nichel și crom funcționează ca atenuatori de stres cauzat de expansiunea termică dar de asemenea reduc rezistența la coroziune a stratului. Rezistența la coroziune rezultă din ceea ce se numește strat de pasivare, care este determinat de procesele și compoziția chimică, și este distrus de fisuri și pori. În caz special, microporii pot ajuta la distribuția potențialului electrochimic care accelerează coroziunea galvanică dintre straturile de nichel și crom. În funcție de aplicații, sunt necesare învelișuri de diferite grosimi, ce vor necesita diferite echilibre ale proprietăților menționate anterior. Cromul subțire strălucitor conferă un finisaj ca de oglindă, la elemente cum ar fi rame metalice de mobilier și tapițeriei auto. Depozitele groase, până la 1000 μm, se numesc crom greu și sunt utilizate la echipamente industriale pentru a reduce frecarea și uzura. Depunerea nichelului este de obicei efectuată pentru oțel, cupru și aliaje de cupru, zinc și aliaje de zinc.

Cel mai popular electrolit pentru placarea cu Ni este baia Watts, care conține sulfat de Ni, clorură și acid boric, ca agent de tamponare.

Calitatea nichelului depus depinde de densitatea de curent. La densități de curent prea mici depunerea este lentă, cristalele de nichel vor crește mari și stratul depus va fi moale și mat. La densități de curent prea mari, nichelul va fi depus sub formă de pulbere, legăturile dintre atomi fiind create neregulat, iar stratul va avea atunci o culoare neagră. Densitatea optimă de curent depinde de compoziția și de dimensiunile băii de depunere a nichelului. Determinarea densității de curent

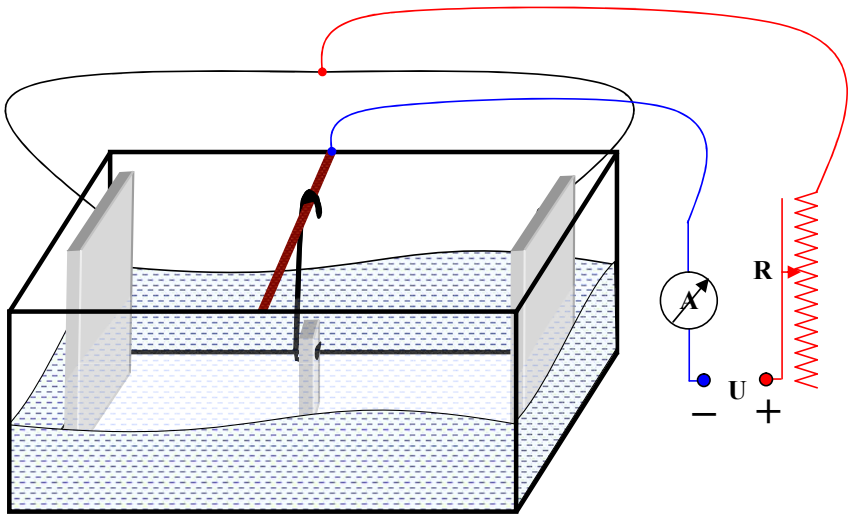
optime implică o serie de experimente preliminare cu celula Hull. Pentru baia care se utilizează în laborator pentru experiment densitatea optimă de curent este J_{id} = 0.5 A/dm^2.

7.1.2 Scop

Se va studia cantitativ procesul de nichelare a unei piese metalice (fier/oțel/alamă).

7.1.3 Experiment

Fig. 7.1: Baia de nichelare pentru analiza cantitativă



Experimentul de depunere a nichelului este efectuat utilizând o baie de electroliză conectată la o sursă de curent (U) și interconectată cu un reostat (R) și un ampermetru (A).

7.1.4 Reacții chimice

Semn	+	-
Electrod	Anod	Catod
Semi-reacție	Ni^0 - $2e^-$ $\rightarrow$ Ni^{2+}	Ni^{2+} + $2e^-$ $\rightarrow$ Ni^0
E conectat cu	Piesa de nichel	Piesa de nichelat
Proces	Este dizolvat Ni	Este depus Ni
	(de pe anod în soluție)	(din soluție pe catod)

7.1.5 Rețeta pentru soluția (electrolit) de sulfat de nichel

- 1 L H_2O;
- 200 g $NiSO_4$ (sulfat de nichel);
- 20 g H_3BO_3 (acid boric);
- 8 g NaCl (clorură de sodiu);
- 0.04 g $SC(NH_2)_2$ (tiouree);
- 0.4 g $C_{10}H_8O_3S$ (acid naftalen-sulfonic).

7.1.6 Procedura

- Se va lua proba (din două alternative se alege placa cea mai mare), se va curăța (cu hârtie abrazivă) și se va degresa (cu lapte de var $Ca(OH)_2$) dacă este necesar;

- Se va măsura suprafața probei (utilizând o riglă) și se va nota valoarea (S, în cm^2); pentru pasul următor se va exprima S și în dm^2;
- Se va calcula intensitatea de curent ideală (I_{id}, în A) ținând cont că densitatea de curent ideală este $J_{id} = 0.5\ A/dm^2$;
- Se va cântări proba cu ajutorul balanței; se va nota valoarea acesteia (m_1);
- Se va pune proba în baia de electroliză;
- Se va conecta sursa de curent la rețea și simultan se va porni cronometrul (t_1);
- Se va regla intensitatea curentului experimentală (I_{exp}) folosind potențiometrul (ilustrat cu **R** în figură) la o valoare cât mai aprope de valoarea ideală (I_{id}) anterior calculată; cum în general $I_{exp} \neq I_{id}$ se va nota de pe ampermetru această (nouă) valoare (I_{exp});
- După un timp (aproximativ 15 minute), se va deconecta sursa de curent de la rețea și simultan se va opri cronometrul; se va nota valoarea timpului (t_2);
- Se va usca (șterge de apă) și cântări (din nou) proba utilizând balanța; se va nota această valoare (m_2).

Date experimentale:

S	$I_1 = I_{id}$	$I_2 = I_{exp}$	m_1	m_2	t_1	t_2
cm^2	A	A	g	g	hh:mm:ss	hh:mm:ss

Date suplimentare:

M(Ni)	ρ(Ni)	n_{e^-}(Ni)	$E.g$(Ni) $\leftarrow M$(Ni)$/n_{e^-}$(Ni)	F
g/mol	g/L	-	g/mol	C/mol
58.69	8908	2		96485

7.1.7 Analiza datelor

Masa teoretică de nichel (Δm_t) se calculează cu ajutorul legii electrolizei.

Când Δt_{exp} este timpul în care s-a depus (nichelul) pe probă ($\Delta t_{exp} = t_2 - t_1$), $E.g$ este echivalentul-gram (al nichelului, $E.g$(Ni)), și F este constanta lui Faraday ($F = e^- \cdot N_A$), legea electrolizei este:

$$\Delta m_t = \frac{E.g \cdot I_{exp} \cdot \Delta t_{exp}}{F}$$

Randamentul depunerii (nichelului) este:

$$\eta = 100 \cdot \frac{m_{exp}}{m_t}\ \%$$

Rezultate:

S	I_{exp}	Δt_{exp}	Δm_{exp}	Δm_t	η	Δh	Grad
cm^2	A	A	g	g	-	μm	-

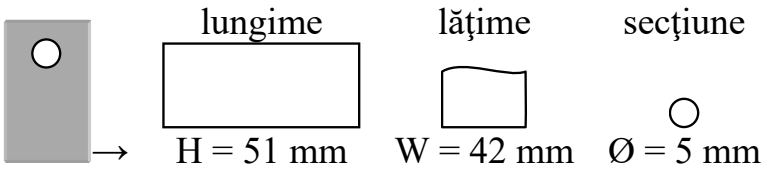
Pentru a evalua grosimea medie a stratului de nichel depus (Δh), masa practică a nichelului depus (Δm_{exp}) este transformată în unități de volum (ΔV_{exp}) prin utilizarea densității nichelului ($\Delta m_{exp} =$

$\Delta V_{exp} \cdot \rho$), și grosimea stratului de nichel este obținută din volumului de nichel depus la suprafață ($\Delta V_{exp} = \Delta h \cdot S$). Pentru aprecierea gradului depunerii se folosește următoarea corespondență:

Grad	A	B	C	D	E	F	G
Grosime (μm)	40.6	30.5	25.4	20.3	15.2	10.2	5.1

7.2 Exemplu de calcul

Fig. 7.2: Măsurători pentru arie la depunerea nichelului



$$S = 2 \cdot H \cdot W - 2 \cdot \pi \cdot \Phi^2/4 = 2 \times 51 \text{ mm} \times 42 \text{ mm} - 2 \times \pi \times (5 \text{ mm})^2/4 =$$
$$= 4284 \text{ mm}^2 - 39 \text{ mm}^2 = 4245 \text{ mm}^2 = 42.45 \text{ cm}^2 = 0.4245 \text{ dm}^2 = 4.245 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_{id} = J_{id} \cdot S = 0.5 \text{ A/dm}^2 \times 0.4245 \text{ dm}^2 = 0.2123 \text{ A}$$

S	$I_1 = I_{id}$	$I_2 = I_{exp}$	m_1	m_2	t_1	t_2
cm^2	A	A	g	g	hh:mm:ss	hh:mm:ss
42.45	0.2123	0.2	20.2121	20.2626	12:12:12	12:27:27

M(Ni)	ρ(Ni)	n_{e^-}(Ni)	$E.g$(Ni) $\leftarrow M$(Ni)$/n_{e^-}$(Ni)	F
g/mol	g/L	-	g/mol	C/mol
58.69	8908	2	29.345	96485

S	I_{exp}	Δt_{exp}	Δm_{exp}	Δm_t	η	Δh	Grad
cm^2	A	A	g	g	-	μm	-
42.45	0.2	0.0505	915	0.0559	90.33	1.335	G

$$\Delta m_{exp} = m_2 - m_1 = 20.2626\ \mathrm{g} - 20.2121\ \mathrm{g} = 0.0505\ \mathrm{g}$$

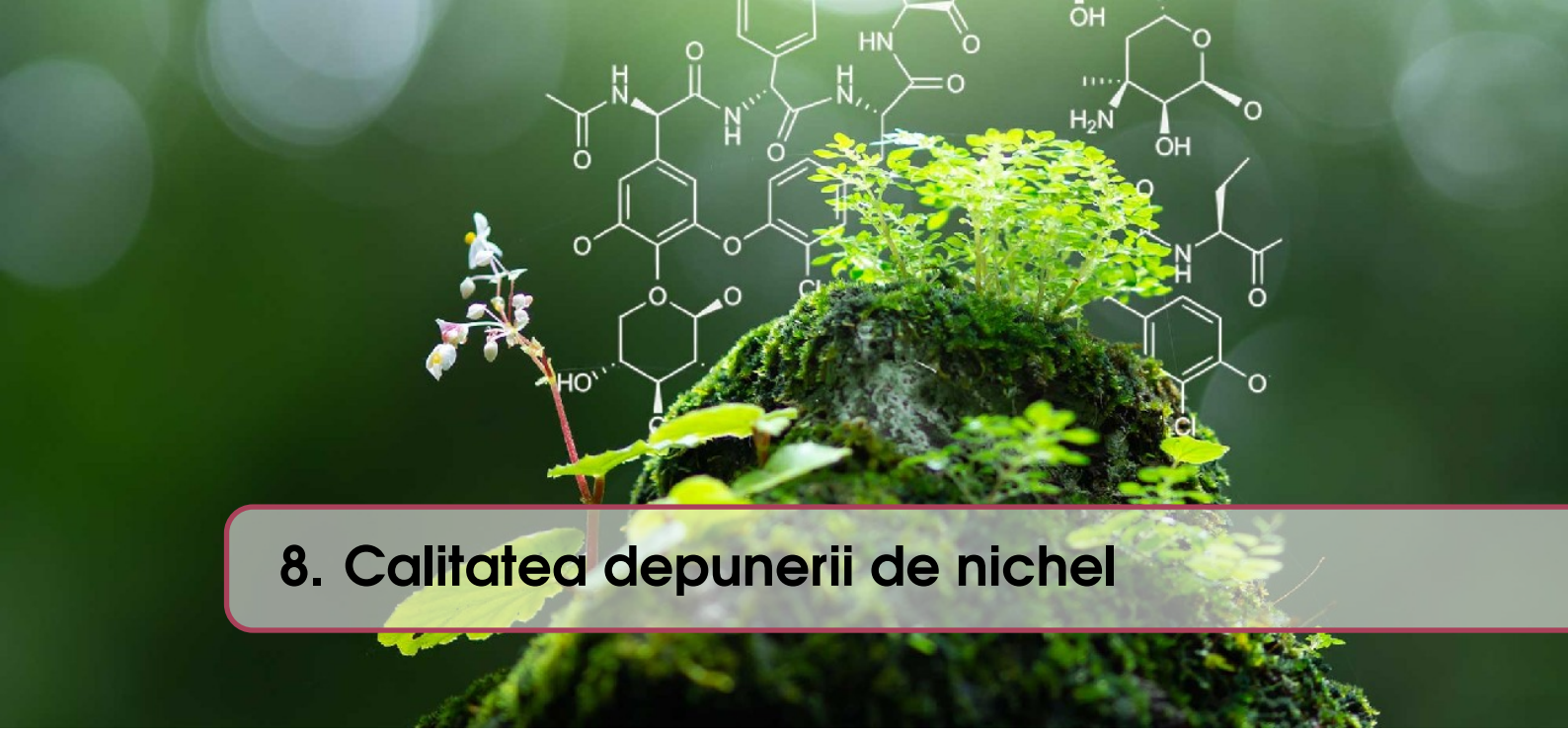
$$\Delta t_{exp} = t_2 - t_1 = 12.27 : 27 - 12 : 12 : 12 = 15 \times 60 + 15\ \mathrm{s} = 915\ \mathrm{s}$$

$$\Delta m_t = \frac{E.g \cdot I_{exp} \cdot \Delta t_{exp}}{\mathrm{F}} = \frac{29.345\ \mathrm{g/mol} \times 0.2\ \mathrm{A} \times 915\ \mathrm{s}}{96485\ \mathrm{C/mol}} = 0.05592\ \mathrm{g}$$

$$\eta = 100 \cdot \frac{m_{exp}}{m_t}\ \% = 100 \times \frac{0.0505}{0.05592}\ \% = 85.3\ \%$$

$$\Delta V_{exp}(\mathrm{Ni}) = \frac{\Delta m_{exp}(\mathrm{Ni})}{\rho(\mathrm{Ni})} = \frac{0.0505\ \mathrm{g}}{8908\ \mathrm{g/L}} = 5.669 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{L} = 5.669 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}^3$$

$$\Delta h_{exp}(\mathrm{Ni}) = \frac{\Delta V_{exp}(\mathrm{Ni})}{S(\mathrm{Ni})} = \frac{5.669 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}^3}{4.245 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^2} = 1.335 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m} = 1.335 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mm} = 1.335\ \mu\mathrm{m}$$



8. Calitatea depunerii de nichel

8.1 Partea Teoretică

8.1.1 Introducere

Placarea cu nichel este printre cele mai comune procese de electrodepunere și este folosită în principal ca parte a unui sistem multistrat conceput pentru a crește rezistența la uzură și coroziune și, de asemenea, poate funcționa ca o barieră de difuzie. Ni este mai nobil decât fierul, și astfel oferă protecție sacrificială pieselor din oțel.

Doi factori sunt importanți în legătură cu stratul de nichel depus: grosimea și uniformitatea acestuia. Grosimea stratului se poate estima din legea electrolizei când se cunoaște suprafața, dar pentru o depunere de calitate (uniformă și omogenă) densitatea de curent joacă un factor determinant. O prea mare valoare a intensității curentului electric produce o depunere neregulată.

În absența curentului electric nu se întâmplă nimic. Pentru ca să treacă cationii de nichel din soluție la catod (și să treacă atomii de nichel de pe piesa metalică în soluție ca și cationi) este necesar să se asigure minimul de diferență de potențial dintre cei doi electrozi. Potențialul standard de electrod pentru reducerea Ni2+ este -0.25V, și astfel este asigurată o diferență mai mare decât acest potențial, având loc reacțiile chimice următoare:

Semn	+	-
Electrod	Anod	Catod
Semi-reacție	Ni^0 - $2e^- \rightarrow Ni^{2+}$	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni^0$
E conectat cu	Piesa de nichel	Piesa de nichelat
Proces	Este dizolvat Ni	Este depus Ni
	(de pe anod în soluție)	(din soluție pe catod)

Densitățile mari de curent trebuie evitate, deoarece la densități mari de curent anionii de oxigen (O^{2-}) au tendința de a se descărca la anod ($O^{2-} \xrightarrow{-2e^-} O^0$ iar Oxigenul atomic format se combină cu nichelul de pe suprafața piesei de nichel, formând un strat de oxid de nichel (NiO) care previne dizolvarea nichelului în soluția de electrodepunere. Ca și consecință, soluția devine puternic acidă, cu cationi de nichel dizolvați din ce în ce mai puțini. Soluția de electrodepunere pentru depunerea nichelului este sensibilă la pH. pH-ul ar trebui să fie între 5.4 și 6 iar pentru a asigura acest pH, alături de sarea de nichel este dizolvat de asemenea un acid (sulfuric, boric sau citric).

Conductivitatea electrică a soluțiilor sărurilor de nichel este relativ mică. Pentru a îmbunătăți conductivitatea sunt adăugate săruri conductibile. Aceste săruri ar trebui să aibă cationi care

se descarcă la catod la potențiale mai mari (pentru a preveni depunerea acestor cationi în locul cationilor de nichel) dar cu grade de disociere mai mari pentru a oferi purtători pentru sarcinile electrice. Exemple de astfel de săruri includ $(NH_4)_2SO_4$, NH_4Cl, Na_2SO_4 și NaCl.

Clorurile ajută la dizolvarea nichelului de la anod, dar în același timp densitatea mare de cationi de nichel în soluție oferă de asemenea o depunerea prea rapidă a nichelului pe catod, creând cristale mici de nichel la suprafața piesei metalice, cu rezistență redusă la coroziune, și cu toate acestea sarea de sulfat de nichel este alternativa preferată.

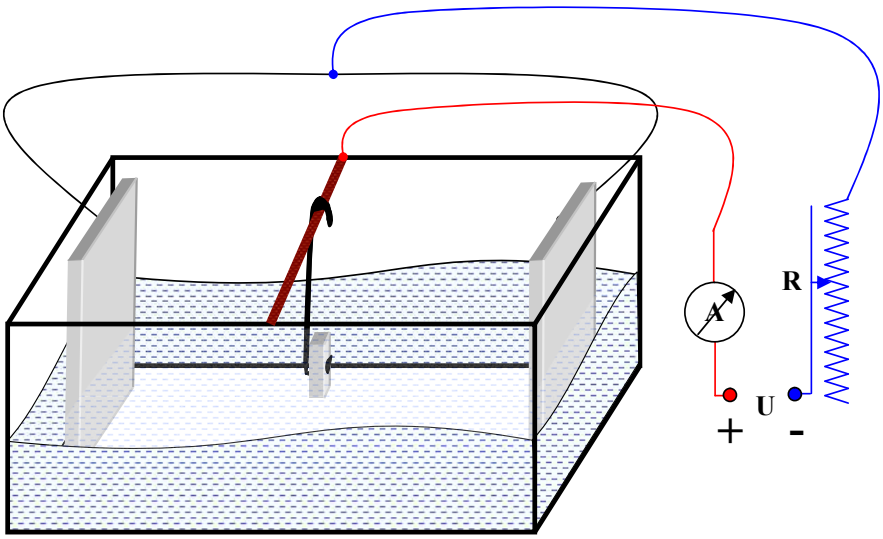
Pentru a avea multe puncte de cristalizare este adăugată o sare de magneziu, oferind astfel o depunere uniformă a nichelului. Astfel o atenție specială trebuie oferită la prepararea soluției de electroliză. Rețeta de preparare a soluției de electroliză este dată în tabelul următor (vezi Tabelul 3; se va dizolva în 0.3 L de apă și după dizolvarea componenților se va completa cu apă până la 0.5 L).

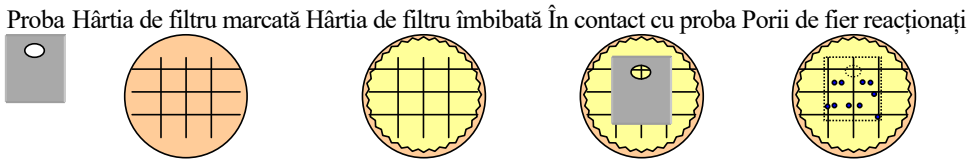
8.1.2 Scop

Se va studia calitatea depunerii de nichel pe o piesă metalică (fier/oțel).

8.1.3 Experiment

Fig. 8.1: Baia de nichelare în experimentul de analiză calitativă





8.1.4 Reacții chimice

$$2K_3Fe(CN)_6 + 3Fe^{2+} \rightarrow \quad 1Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + 6K^+$$

(por de fier) (spot albastru)

8.1.5 Procedura

- Se va lua proba (cea mai mică), se va curăța (cu hârtie abrazivă) și se va degresa (cu lapte de var, $Ca(OH)_2$) dacă este necesar;
- Se va pune proba în baia de electroliză;
- Se va conecta sursa de curent la rețea; intensitatea curentului nu se mai ajustează (se va folosi aceeași intensitate de curent ca pentru proba mai mare);
- După un timp (în jur de 5 minute), se va deconecta sursa de curent de la rețea;
- Se va curăța proba cu apă;
- Se va împărți cu un creion o hârtie de filtru în pătrățele de 1 cm^2;
- Se va îmbiba hârtia de filtru cu $K_3Fe(CN)_6$;
- Se va pune proba pe hârtia de filtru (timp de un minut); fierul de pe suprafața probei ce există reacționează cu K3Fe(CN)6 rezultând spoturi de culoare albastră intensă ($Fe_3[Fe(CN)_6]_2$), ca urmare a reacției;
- Se va îndepărta proba de pe hârtia de filtru;
- Fiecare student va număra porii din fiecare pătrățel, și se vor completa ulterior rezultatele în tabelul următor.

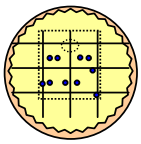
Date:

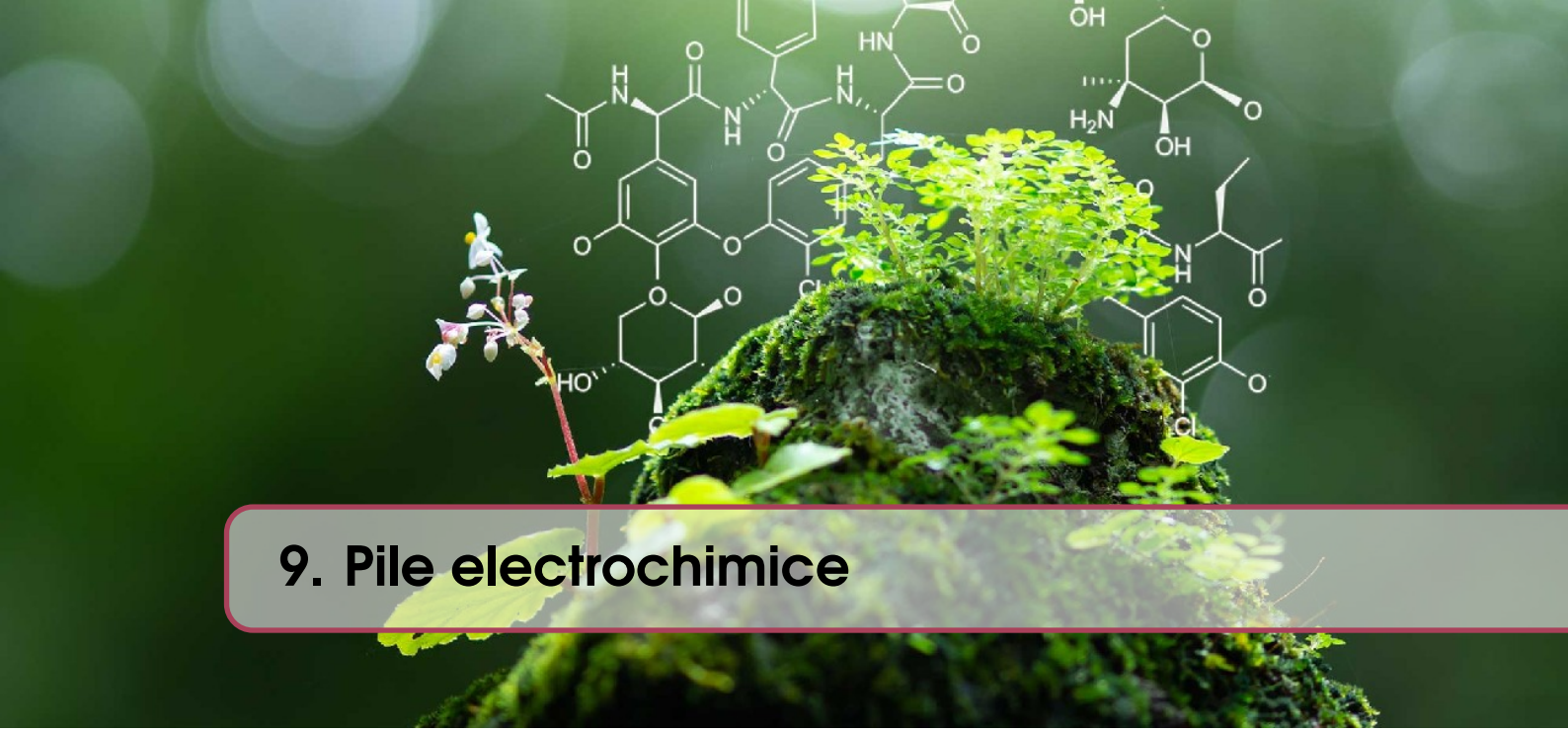
	Pori	S11	S12	S21	S22	Moda
S11 S12 S21 S22	Stud. 1					
	Stud. 2					
	Stud. 3					

8.1.6 Analiza datelor

Moda este cea mai frecventă valoare a unui set de date.

8.2 Exemplu de calcul

	Pori	S11	S12	S21	S22	Moda
	Stud. 1	2	2	2	2	2
	Stud. 2	2	3	3	3	
	Stud. 3	2	2	3	3	



9. Pile electrochimice

9.1 Partea Teoretică

9.1.1 Introducere

O celulă electrochimică este un dispozitiv capabil fie să genereze energie electrică în urma unor reacții chimice fie să faciliteze reacțiile chimice prin introducerea de energie electrică.

O celulă electrochimică poate fi creată prin plasarea electrozilor într-un electrolit unde o reacție chimică fie folosește fie generează un curent electric. Celulele electrochimice care generează un curent electric sunt numite celule voltaice sau celule galvanice în timp ce celelalte celule electrochimice în care se folosește o sursă externă de curent electric pentru a conduce reacția chimică care nu ar avea loc în mod spontan, poartă denumirea de celule electrolitice sau de electroliză.

Reacțiile redox (reducere și oxidare) au loc în celule electrochimice. Reacțiile spontane au loc în celulele galvanice (voltaice) unde ulterior se poate produce în urma lor curent electric, în timp ce reacțiile care nu sunt spontane au loc în celulele electrolitice unde este necesar curent electric pentru producerea lor. Ambele tipuri de celule conțin doi electrozi (anod și catod) unde au loc reacțiile de oxidare și reducere. Conform convenției, oxidarea are loc la electrodul numit anod și reducerea are loc la electrodul numit catod. Astfel, în ambele tipuri de celule galvanice și electrolitice, oxidarea are loc la anod, reducerea are loc la catod, iar electronii circulă de la anod la catod.

Bateriile obișnuite sunt alcătuite din una sau mai multe celule galvanice. O celulă galvanică poate fi creată utilizând ca electrozi oricare două metale diferite din moment ce metalele diferă în tendința lor de a pierde electroni. Zincul pierde mai ușor electroni decât cuprul, așa că plasarea metalelor ca zincul și cuprul în soluții de săruri ale acestora poate provoca "curgerea" electronilor printr-un fir extern de la zinc la cupru. În momentul în care atomul de zinc cedă electroni, el devine ion pozitiv și trece în soluția apoasă, micșorându-se astfel masa electrodului de zinc. De partea cuprului, cei doi electroni primiți permit transformarea ionului de cupru din soluție într-un atom de cupru neutru care se va depune pe electrodul de cupru și va conduce la creșterea masei acestuia.

Celulele solare produc energie electrică din lumina soarelui. O celulă fotovoltaică (celula PV) este o diodă semiconductoare specializată care transformă lumina vizibilă (VIS), radiația infraroșu (IR) sau ultravioletă (UV) în curent. Siliciul este amestecat cu cupru și acid clorhidric pentru a produce gaz triclorosilan, care este apoi redus cu hidrogen pentru a face gaz silan. Gazul silan este încălzit în siliciu topit, ceea ce duce la cristale de Siliciu care pot fi reformate și utilizate pentru celule fotovoltaice și microcipuri.

9.1.2 Scop

Se va determina potențialul electrochimic (forța electromotoare) pentru o celulă Daniel, o baterie, și o celulă fotovoltaică.

9.1.3 Experiment

Fig. 9.1: Circuitul electrochimic cu celula Daniel

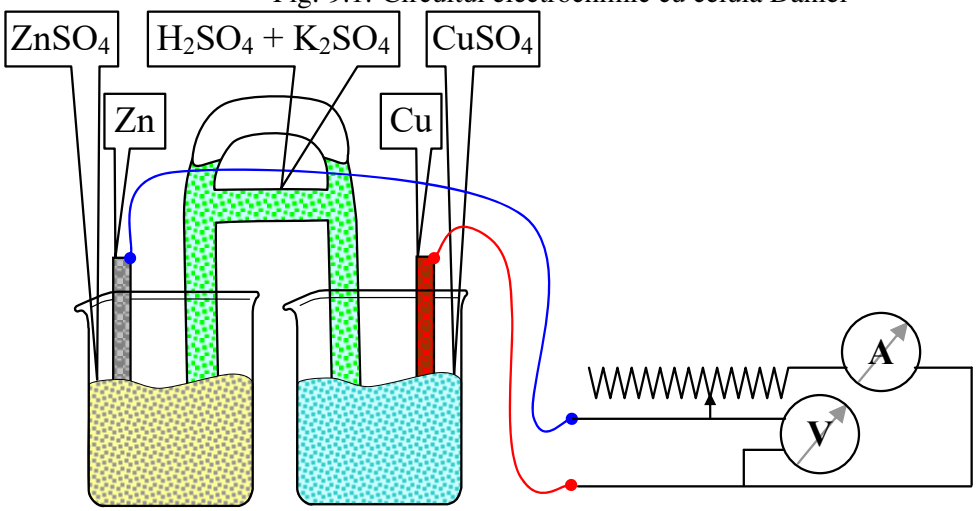


Fig. 9.2: Circuitul electrochimic cu bateria

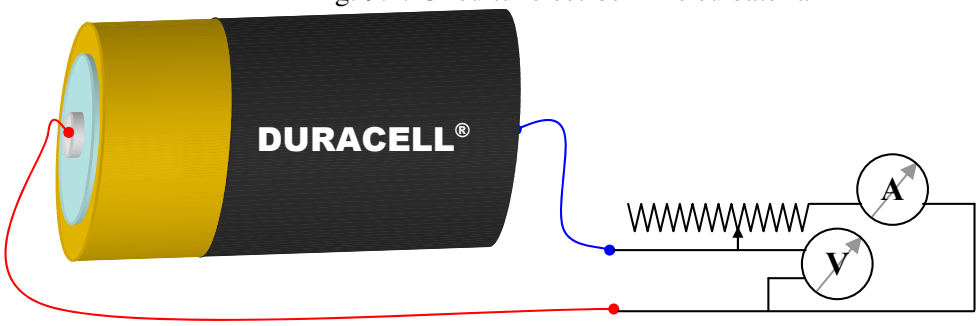


Fig. 9.3: Circuitul electrochimic cu celula fotovoltaică

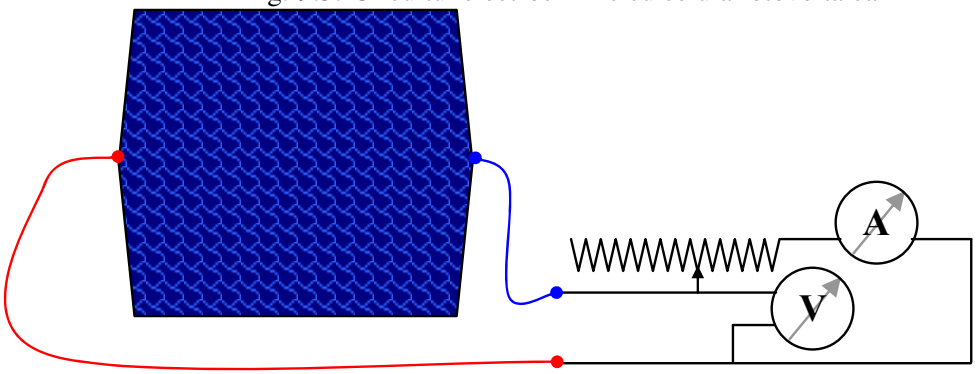
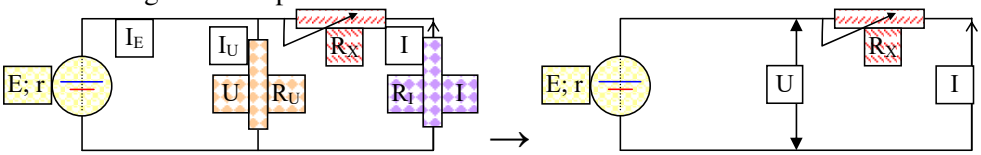
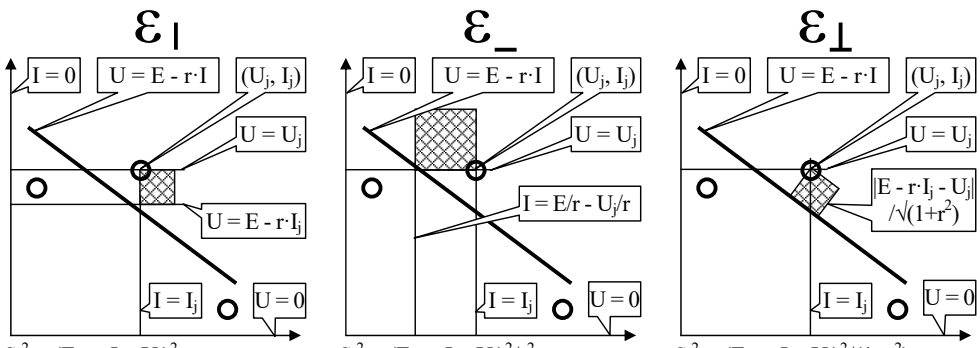


Fig. 9.4: Simplificarea circuitului electric la studiul celulelor electrochimice



$$E = (I + U/R_U)r + U; R_U \gg R_X, r \gg R_I \implies I_E, I \gg I_U, I_E \approx I, E \approx I \cdot r + U$$
$$\implies E \approx I_i \cdot r + U_i \implies \sum_{i=1}^{n} (I_i \cdot r + U_i - E)^2 \to \min.$$

Fig. 9.5: Erori verticale, orizontale și ortogonale și tratarea acestora



$S_j^2 = (E - r \cdot I_j - U_j)^2$
$y \leftarrow U;\ x \leftarrow I$
$a_| = \dfrac{M(x)M(y) - M(xy)}{M(x)M(x) - M(xx)}$
$b = M(y) - a \cdot M(x)$
$b_| = M(y) - a_| M(x)$

$S_j^2 = (E - r \cdot I_j - U_j)^2 / r^2$
$a_- = \dfrac{M(y)M(y) - M(yy)}{M(x)M(y) - M(xy)}$
$b_- = M(y) - a_- M(x)$

$S_j^2 = (E - r \cdot I_j - U_j)^2 / (1 + r^2)$
$c = \dfrac{a_|^{-1} - a_-}{2},\ a_\perp = c \pm \sqrt{c^2 + 1}$
$b_\perp = M(y) - a_\perp M(x)$

9.1.4 Reacții chimice

În celula Daniel:

$$\begin{aligned} (+)\ \mathrm{Zn(s)} &\to \mathrm{Zn^{2+}(aq)} + 2\mathrm{e}^-, & E^\Theta &= -0.7618\ \mathrm{V}; \\ (-)\ \mathrm{Cu^{2+}(aq)} + 2\mathrm{e}^- &\to \mathrm{Cu(s)}, & E^\Theta &= +0.340\ \mathrm{V}; \\ (+)\ \mathrm{Zn(s)} \mid \mathrm{Zn^{2+}(aq)} &\ \|\ \mathrm{Cu^{2+}(aq)} \mid \mathrm{Cu(s)}\ (-), & E^\Theta &= 1.1\ \mathrm{V}. \end{aligned}$$

În baterie:

$$\begin{aligned} (+)\ \mathrm{Zn(s)} + 2\mathrm{OH^-(aq)} &\to \mathrm{ZnO(s)} + \mathrm{H_2O(l)} + 2\mathrm{e}^-, & E^\Theta &= -1.28\ \mathrm{V}; \\ (-)\ 2\mathrm{MnO_2(s)} + \mathrm{H_2O(l)} + 2\mathrm{e}^- &\to \mathrm{Mn_2O_3(s)} + 2\mathrm{OH^-(aq)}, & E^\Theta &= +0.15\ \mathrm{V}; \\ (+)\ \mathrm{Zn(s)} \mid \mathrm{ZnO(s)} &\ \|\ \mathrm{MnO_2(s)} \mid \mathrm{Mn_2O_3(s)}\ (-), & E^\Theta &= 1.43\ \mathrm{V}. \end{aligned}$$

În celula fotovoltaică:

$$(+)\ \mathrm{PGe}_\infty(\mathrm{s}) \xrightarrow[-1e^-]{+\gamma} \mathrm{PGe}_\infty^+(\mathrm{s}), \qquad E^\Theta = -0.28\ \mathrm{V};$$

$$(-)\ \mathrm{AlGe}_\infty(\mathrm{s}) \xrightarrow[+1e^-]{+\gamma} \mathrm{AlGe}_\infty^-(\mathrm{s}), \qquad E^\Theta = +0.47\ \mathrm{V};$$

$$(+)\ \mathrm{PGe}_\infty(\mathrm{s}) \mid \mathrm{PGe}_\infty^+(\mathrm{s} \ \|\ \mathrm{AlGe}_\infty^-(\mathrm{s}) \mid \mathrm{AlGe}_\infty(\mathrm{s})\ (-), \qquad E^\Theta = 0.75\ \mathrm{V}.$$

9.1.5 Procedura

- Se vor conecta dispozitivele exterioare (rezistență variabilă, ampermetru și voltmetru) în circuit;
- Se va regla sarcina (utilizând o rezistență variabilă R) pentru a avea valorile de pe ambele aparate în interiorul scalei de măsură;
- Se va lua o primă măsurătoare de tensiune (U_1) și de intensitate (I_1);
- Se va regla sarcina (utilizând rezistența variabilă R) până când ambele aparate indică o schimbare sesizabilă a valorilor măsurate;
- Se va lua o a doua măsurătoare a tensiunii (U_2) și intensității (I_2);
- Se va continua (în aceeași direcție) reglarea sarcinii (utilizând rezistența variabilă R) până când ambele aparate vor indica o schimbare sesizabilă a valorilor măsurate;
- Se va lua o a treia măsurătoare a tensiunii (U_3) și intensității (I_3);
- Pentru celulele fotovoltaice este de preferat să se efectueze încă două măsurători ((U_4, I_4) și (U_5, I_5)).

Celula Daniel	
Tensiune (U)	Intensitate (I)
$U_1 =$	$I_1 =$
$U_2 =$	$I_2 =$
$U_3 =$	$I_3 =$

Fotocelula	
Tensiune (U)	Intensitate (I)
$U_1 =$	$I_1 =$
$U_2 =$	$I_2 =$
$U_3 =$	$I_3 =$
$U_4 =$	$I_4 =$
$U_5 =$	$I_5 =$

Bateria	
Tensiune (U)	Intensitate (I)
$U_1 =$	$I_1 =$
$U_2 =$	$I_2 =$
$U_3 =$	$I_3 =$

9.1.6 Analiza datelor

- Să se calculeze rezistența internă (r) și potențialul (E) fiecărei surse chimice de electricitate prin cele 3 metode ("|", "_" și "⊥") și să se discute rezultatele obținute;
- Știind că pentru $\mathrm{Zn(s)} + \mathrm{Cu^{2+}(aq)} \rightarrow \mathrm{Zn^{2+}(aq)} + \mathrm{Cu(s)}$, $K = \dfrac{a(\mathrm{Zn^{2+}})}{a(\mathrm{Cu^{2+}})}$ și $\ln K = \dfrac{\mathrm{F}}{\mathrm{R}} \cdot \dfrac{n_{e^-} \cdot E}{T}$ unde $n_{e^-} = 2$, $\mathrm{F} \approx 96500\ \mathrm{C/mol}$, $\mathrm{R} \approx 8.314\ \mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$ și T temperatura din laborator (în K) să se calculeze raportul activităților celor 2 ioni ($a(\mathrm{Zn^{2+}})/a(\mathrm{Cu^{2+}})$);
- Știind că capacitatea bateriei (C, în %) este o funcție sigmoidală de potențialul său (E) și $E = 1.3 - 0.05 \times \ln(100/C - 1)$ să se calculeze capacitatea acesteia;
- Știind că celula solară este cu Germaniu, funcția de temperatură a potențialului acesteia este $E(T) = 0.7 - T/770$. Să se obțină numărul de unități în celula solară (n_u) și temperatura în laborator (T) în momentul determinărilor;
- PGe_∞ și AlGe_∞ sunt semiconductori de tip "p" sau de tip "n"?

Parametru	Celula Daniel	Fotocelula	Bateria
$M(U) = \sum_{j=1}^{n} U_j/n =$			

$M(I) = \sum_{j=1}^{n} I_j/n =$			
$M(U^2) = \sum_{j=1}^{n} U_j^2/n =$			
$M(I^2) = \sum_{j=1}^{n} I_j^2/n =$			
$M(UI) = \sum_{j=1}^{n} U_j I_j/n =$			
$r_{\vert} = \dfrac{M(U)M(I) - M(UI)}{M(I^2) - M^2(I)} =$			
$E_{\vert} = M(U) + M(I) r_{\vert} =$			
$r_{-} = \dfrac{M(U^2) - M^2(U)}{M(U)M(I) - M(UI)} =$			
$E_{-} = M(U) + M(I) r_{-} =$			
$r_{+} = \dfrac{r_{-} - r_{\vert}^{-1}}{2} =$			
$r_{\perp,1} = r_{+} - \sqrt{1 + r_{+}^2} =$			
$r_{\perp,2} = r_{+} + \sqrt{1 + r_{+}^2} =$			
$E_{\perp} = M(U) + M(I) r_{\perp} =$			

9.2 Exemplu de calcul

Date experimentale:

Celula Daniel	
Tensiune (U)	Intensitate (I)
$U_1 = 0.72$ V	$I_1 = 1.27$ mA
$U_2 = 0.71$ V	$I_2 = 1.32$ mA
$U_3 = 0.70$ V	$I_3 = 1.34$ mA

Fotocelula	
Tensiune (U)	Intensitate (I)
$U_1 = 1.55$ V	$I_1 = 1.27$ mA
$U_2 = 1.54$ V	$I_2 = 1.32$ mA
$U_3 = 1.53$ V	$I_3 = 1.34$ mA
$U_4 = 1.52$ V	$I_4 = 1.38$ mA
$U_5 = 1.50$ V	$I_5 = 1.41$ mA

Bateria	
Tensiune (U)	Intensitate (I)
$U_1 = 1.55$ V	$I_1 = 1.21$ mA
$U_2 = 1.54$ V	$I_2 = 1.32$ mA
$U_3 = 1.53$ V	$I_3 = 1.39$ mA

Calcule:

Parametru	Celula Daniel	Fotocelula	Bateria
$M(U) =$	0.710 V	1.528 V	1.540 V
$M(I) =$	1.31 mA	1.344 mA	1.30(6) mA
$M(U^2) =$	0.504V^2	1.8087 V ^{2}	2.073(6) V^2
$M(I^2) =$	1.717 (mA)^2	2.335 (mA) ^{2}	1.7128(6) (mA)^2
$M(UI) =$	0.930 mW	2.053 mW	2.012 mW
$r_{\vert} =$	269.231 Ω	346.416 Ω	109.312 Ω
$E_{\vert} =$	1.0627 V	1.9936 V	1.6828 V
$r_{-} =$	285.714 Ω	364.532 Ω	111.11(1) Ω
$E_{-} =$	1.0843 V	2.0179 V	1.6852 V

$r_+ =$	142.8853 Ω	182.265 Ω	55.551 Ω
$r_{\perp,1} =$	~~-0.0035~~ Ω	~~-0.0027~~ Ω	~~-0.009~~ Ω
$r_{\perp,2} =$	285.714 Ω	364.532 Ω	111.111 Ω
$E_\perp =$	1.0843 V	2.0179 V	1.6822 V

Celula Daniel:

$$M(U) = \sum_{j=1}^{n} U_j/n = \frac{0.72+0.71+0.70}{3}\ \mathrm{V} = 0.71\ \mathrm{V}$$

$$M(I) = \sum_{j=1}^{n} I_j/n = \frac{1.27+1.32+1.34}{3}\ \mathrm{mA} = 1.31\ \mathrm{mA}$$

$$M(U^2) = \sum_{j=1}^{n} U_j^2/n = \frac{0.72^2+0.71^2+0.70^2}{3}\ \mathrm{V}^2 = 0.5041(6)\ \mathrm{V}^2$$

$$M(I^2) = \sum_{j=1}^{n} I_j^2/n = \frac{1.27^2+1.32^2+1.34^2}{3}\ (\mathrm{mA})^2 = 1.7169(6)\ (\mathrm{mA})^2$$

$$M(UI) = \sum_{j=1}^{n} U_j I_j/n = \frac{0.72\times1.27+0.71\times1.23+0.70\times1.34}{3}\ \mathrm{mA}\times\mathrm{V} = 0.9299\ \mathrm{mW}$$

$$r_| = \frac{M(U)M(I)-M(UI)}{M(I^2)-M^2(I)} = \frac{0.710\ \mathrm{V}\times1.310\ \mathrm{mA}-0.9299\ \mathrm{mW}}{1.7169(6)\ (\mathrm{mA})^2-1.310^2\ (\mathrm{mA})^2} = 269.231\ \Omega$$

$$E_| = M(U)+M(I)r_| = 0.710\ \mathrm{V}+1.310\ \mathrm{mA}\times269.231\ \Omega = 1.0627\ \mathrm{V}$$

$$r_- = \frac{M(U^2)-M^2(U)}{M(U)M(I)-M(UI)} = \frac{0.5041(6)\ \mathrm{V}^2-0.710^2\ \mathrm{V}^2}{0.710\ \mathrm{V}\times1.31\ \mathrm{mA}-0.9299\ \mathrm{mW}} = 285.714\ \Omega$$

$$E_- = M(U)+M(I)r_- = 0.710\ \mathrm{V}+1.310\ \mathrm{mA}\times285.714\ \Omega = 1.0843\ \mathrm{V}$$

$$r_+ = \frac{r_- - r_|^{-1}}{2} = \frac{285.714-269.231^{-1}\ \Omega}{2} = 142.855\ \Omega$$

$$r_{\perp,1} = r_+ - \sqrt{1+r_+^2} = 142.855-\sqrt{1+142.855^2}\ \Omega = -0.0035\ \Omega$$

$$r_{\perp,2} = r_+ + \sqrt{1+r_+^2} = 142.855+\sqrt{1+142.855^2}\ \Omega = 285.714\ \Omega$$

$$E_\perp = M(U)+M(I)r_\perp = 0.710\ \mathrm{V}+1.310\ \mathrm{mA}\times285.714\ \Omega = 1.0843\ \mathrm{V}$$

Temperatura din laborator $t = 20\ ^\circ\mathrm{C} \implies T = 293.15\ \mathrm{K}$

$$\ln K = \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{R}}\cdot\frac{n_{e^-}\cdot E}{T} = \frac{96485\ \mathrm{C/mol}}{8.31446\ \mathrm{J/mol/K}}\times\frac{2\times1.0843\ \mathrm{V}}{293.15\ \mathrm{K}} = \frac{209237}{2437.38} = 85.845$$

$$\implies K = \mathrm{e}^{85.845} = 1.914\cdot10^{37} = \frac{a(\mathrm{Zn}^{2+})}{a(\mathrm{Cu}^{2+})}$$

Fotocelula:

$$M(U) = \sum_{j=1}^{n} U_j/n = \frac{1.55+1.54+1.53+1.52+1.50}{5}\ \mathrm{V} = 1.528\ \mathrm{V}$$

$$M(I) = \sum_{j=1}^{n} I_j/n = \frac{1.27+1.32+1.34+1.38+1.41}{5} = 1.344\ \mathrm{mA}$$

$$M(U^2) = \sum_{j=1}^{n} U_j^2/n = \frac{1.55^2+1.54^2+1.53^2+1.52^2+1.50^2}{5}\ \mathrm{V} = 2.3351\ \mathrm{V}^2$$

$$M(I^2) = \sum_{j=1}^{n} I_j^2/n = \frac{1.27^2+1.32^2+1.34^2+1.38^2+1.41^2}{5}\ (\mathrm{mA})^2 = 1.8087\ (\mathrm{mA})^2$$

$$M(UI) = \sum_{j=1}^{n} U_j I_j/n = \frac{1.969+2.033+2.050+2.098+2.115}{5}\ \mathrm{mW} = 2.053\ \mathrm{mW}$$

$$r_| = \frac{M(U)M(I)-M(UI)}{M(I^2)-M^2(I)} = \frac{1.528\ \mathrm{V}\times 1.344\ \mathrm{mA} - 2.053\ \mathrm{mW}}{1.8087\ (\mathrm{mA})^2 - 1.344^2\ (\mathrm{mA})^2} = 346.416\ \Omega$$

$$E_| = M(U)+M(I)r_| = 1.528\ \mathrm{V} + 1.344\ \mathrm{mA}\times 346.416\ \Omega = 1.9936\ \mathrm{V}$$

$$r_- = \frac{M(U^2)-M^2(U)}{M(U)M(I)-M(UI)} = \frac{2.3351\ \mathrm{V}^2 - 1.528^2\ \mathrm{V}^2}{1.528\ \mathrm{V}\times 1.344\ \mathrm{mA} - 2.053\ \mathrm{mW}} = 364.532\ \Omega$$

$$E_- = M(U)+M(I)r_- = 1.528\ \mathrm{V} + 1.344\ \mathrm{mA}\times 364.532\ \Omega = 2.0179\ \mathrm{V}$$

$$r_+ = \frac{r_- - r_|^{-1}}{2} = \frac{364.532 - 346.416^{-1}}{2}\ \Omega = 182.265\ \Omega$$

$$r_{\perp,1} = r_+ - \sqrt{1+r_+^2} = 182.265 - \sqrt{1+182.265^2}\ \Omega = -0.0027\ \Omega$$

$$r_{\perp,2} = r_+ + \sqrt{1+r_+^2} = 182.265 + \sqrt{1+182.265^2}\ \Omega = 364.532\ \Omega$$

$$E_\perp = M(U)+M(I)r_\perp = 1.528\ \mathrm{V} + 1.344\ \mathrm{mA}\times 364.532\ \Omega = 2.0179\ \mathrm{V}$$

$$E(T) = 0.7 - T/770 \implies T/770 = 0.7 - E(T) \implies T = 539 - 770\times E(T)$$

Potențialul unui sistem cu n_u unități legate în serie care fiecare produce potențialul E este $n_u \cdot E$. Căutăm soluția prin încercări succesive, urmărind o valoare rezonabilă pentru temperatura ambiantă:

Nr. unități	E/unitate	T (K)	Observații	Concluzie
1	2.0179 V	—-	E/unitate > 0.7 V (Ge)	×
2	1.0090 V	—-	E/unitate > 0.7 V (Ge)	×
3	0.6726 V	539 - 770 × 0.6726 = 21.1	E/unitate < 0.7 V (Ge)	×
4	0.5045 V	539 - 770 × 0.5045 = 150.6	E/unitate > 0.7 V (Ge)	×
5	0.4036 V	539 - 770 × 0.6726 = 228.2	E/unitate > 0.7 V (Ge)	× (t = - 45 °C)
6	0.3363 V	539 - 770 × 0.6726 = 280.0	E/unitate > 0.7 V (Ge)	✓ (t = 7 °C)
7	0.2883 V	539 - 770 × 0.6726 = 317.0	E/unitate > 0.7 V (Ge)	× (t = 44 °C)

Bateria:

$$M(U) = \sum_{j=1}^{n} U_j/n = \frac{1.55+1.54+1.53}{3}\ \mathrm{V} = 1.54\ \mathrm{V}$$

$$M(I) = \sum_{j=1}^{n} I_j/n = \frac{1.21+1.32+1.39}{3}\ \mathrm{mA} = 1.30(6)\ \mathrm{mA}$$

$$M(U^2) = \sum_{j=1}^{n} U_j^2/n = \frac{1.55^2+1.54^2+1.53^2}{3}\ \mathrm{V}^2 = 2.371(6)\ \mathrm{V}^2$$

$$M(I^2) = \sum_{j=1}^{n} I_j^2/n = \frac{1.21^2+1.32^2+1.39^2}{3}\ (\mathrm{mA})^2 = 1.7128(6)\ (\mathrm{mA})^2$$

$$M(UI) = \sum_{j=1}^{n} U_j I_j/n = \frac{1.55\times 1.21+1.54\times 1.32+1.53\times 1.39}{3}\ \mathrm{V}\times\mathrm{mA} = 2.011(6)\ \mathrm{mW}$$

$$r_| = \frac{M(U)M(I)-M(UI)}{M(I^2)-M^2(I)} = \frac{1.54\times 1.30(6)\ \mathrm{mW}-2.011(6)\ \mathrm{mW}}{1.7128(6)\ (\mathrm{mA})^2-1.30(6)^2\ (\mathrm{mA})^2} = 109.312\ \Omega$$

$$E_| = M(U)+M(I)r_| = 1.540\ \mathrm{V}+1.30(6)\ \mathrm{mA}\times 109.312\ \Omega = 1.6828\ \mathrm{V}$$

$$r_- = \frac{M(U^2)-M^2(U)}{M(U)M(I)-M(UI)} = \frac{2.371(6)\ \mathrm{V}^2-1.540^2\ \mathrm{V}^2}{1.540\ \mathrm{V}\times 1.30(6)\ \mathrm{mA}-2.011(6)\ \mathrm{mW}} = 111.(1)\ \Omega$$

$$E_- = M(U)+M(I)r_- = 1.540\ \mathrm{V}+1.30(6)\ \mathrm{mA}\times 111.(1)\ \Omega = 1.6(851)\ \mathrm{V}$$

$$r_+ = \frac{r_- - r_|^{-1}}{2} = \frac{111.(1)-109.312^{-1}}{2}\ \Omega = 55.551\ \Omega$$

$$r_{\perp,1} = r_+ - \sqrt{1+r_+^2} = 55.551-\sqrt{1+55.551^2}\ \Omega = -0.009\ \Omega$$

$$r_{\perp,2} = r_+ + \sqrt{1+r_+^2} = 55.551+\sqrt{1+55.551^2}\ \Omega = 111.111\ \Omega$$

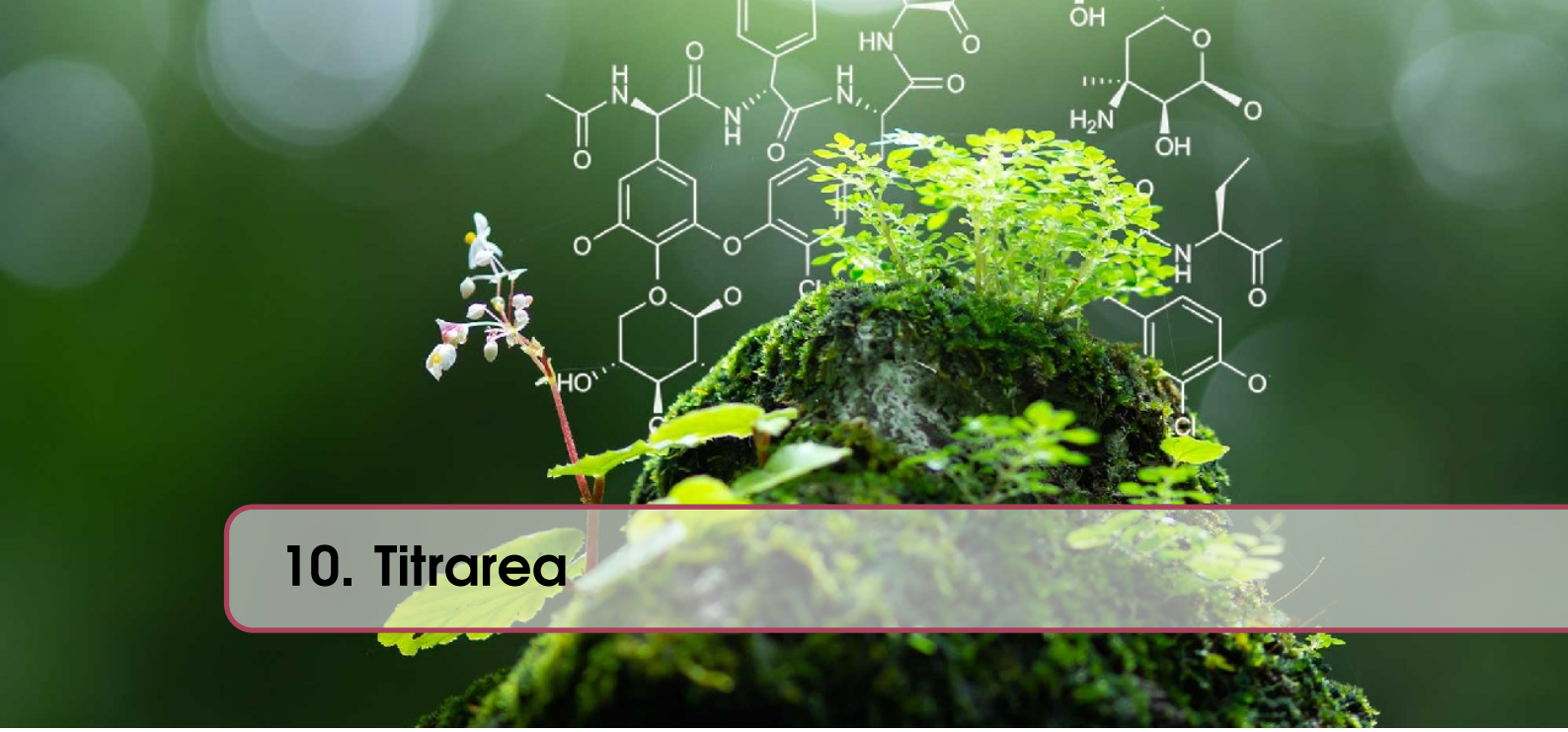
$$E_\perp = M(U)+M(I)r_\perp = 1.540\ \mathrm{V}+1.30(6)\ \mathrm{mA}\times 111.111\ \Omega = 1.6852\ \mathrm{V}$$

Capacitatea bateriei:

$$E = 1.3-0.05\cdot\ln(100/C-1) \implies 0.05\cdot\ln(100/C-1) = 1.3-E$$

$$\implies \ln(100/C-1) = 20\cdot(1.3-E) \implies 100/C-1 = \mathrm{e}^{20\cdot(1.3-E)}$$

$$100/C = 1+\mathrm{e}^{20\cdot(1.3-E)} \implies C = \frac{100}{1+\mathrm{e}^{20\cdot(1.3-E)}} = \frac{100}{1+\mathrm{e}^{20\cdot(1.3-1.6852)}}\ \% = 99.95\ \%$$



10. Titrarea

10.1 Partea Teoretică

10.1.1 Introducere

În general o reacție chimică se poate defini ca un proces care conduce la transformarea unui set de substanțe chimice (numiți reactanți sau reactivi) în alt set (numiți produși), în care modificările implică numai poziția electronilor în formarea sau ruperea legăturilor chimice dintre atomi (cu nici o schimbare a nucleelor).

Un concept legat de conceptul de reacție chimică este echilibrul chimic. Teoretic toate reacțiile chimice evoluează către un echilibru între reactanți și produși dar în unele cazuri acest echilibru poate fi deplasat către stânga (către reactanți) sau către dreapta (către produși), și depinde de o serie de factori inclusiv temperatură, presiune, mediu înconjurător (de exemplu catalizatorii).

O reacție chimică este 'totală' dacă echilibrul acesteia este puternic deplasat către dreapta, asta însemnând că la sfârșitul reacției o cantitate foarte mică de reactanți (neglijabilă) mai este prezentă în sistem (cel de reacție). Reacțiile totale sunt:

- Reacțiile acido-bazice ce implică un transfer de protoni (H^+, H_3O^+) de la o specie (acid) la o alta (bază). Un caz special de reacție acido-bazică este neutralizarea unde un acid și o bază formează sare și apă.
- Precipitarea, adică formarea unui solid într-o soluție (sau în interiorul unui alt solid) în timpul unei reacții chimice; are loc atunci când concentrația ionilor dizolvați depășește limita de solubilitate și formează o sare insolubilă.
- Complexarea, când câțiva liganzi (aceștia pot fi ioni și molecule neutre cum ar fi monoxidul de carbon, amoniac sau apă) reacționează cu unul (sau mai mulți) atomi 'centrali' (de obicei unul metalic) pentru a forma o combinație coordinativă sau complexă (liganzii înconjoară atomii centrali). Reacțiile de complexare includ de asemenea schimbul de liganzi, în care unul sau mai mulți liganzi sunt înlocuiți de către alții, și procese redox.

Un moment important pentru reacțiile 'totale' este punctul de echivalență, definit ca momentul, în care (cel puțin o parte din) reactanți reacționează în întregime, când, bazându-ne pe ecuația reacției chimice este posibil să obținem cantitatea de reactanți consumată când unul dintre ei este cunoscut (de exemplu prin adăugarea lui în cantități mici până când este atins punctul de echivalență).

Când se folosesc reacții chimice pentru a obține masa reactanților, trebuie luate precauții cu privire la precizie. Astfel, nu toți reactivii chimici sunt suficienți de stabili în timp (în stare solidă sau lichidă) pentru a putea fi folosiți ca și referință. Pentru a se clasifica ca și referință, un reactiv chimic

trebuie să aibă puritate mare, reactivitate scăzută (legat de stabilitatea lui), higroscopicitate scăzută (adică umiditatea nu îl afectează foarte mult), înălțime echivalentă mare ($E.g(\cdot) = M(\cdot)/e(\cdot)$, pentru minimizarea erorilor de cântărire), precum și toxicitate scăzută și disponibilitate.

Când este dizolvat în apă, acidul oxalic (în stare solidă cristalizează cu două molecule de apă, $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$) poate fi utilizat ca și standard analitic și prin urmare, prin utilizarea unei soluții de concentrație cunoscută de acid oxalic se poate obține cantitatea corespunzătoare a celorlalți reactanți care reacționează cu acesta.

Titrarea este o metodă comună de analiză chimică cantitativă pentru a determina concentrația unui analit cunoscut. Un reactiv ("titrant"), este preparat ca o soluție standard de concentrație și volum cunoscute. Titrantul reacţionează cu o soluţie ("titrat") pentru a determina concentraţia acestuia.

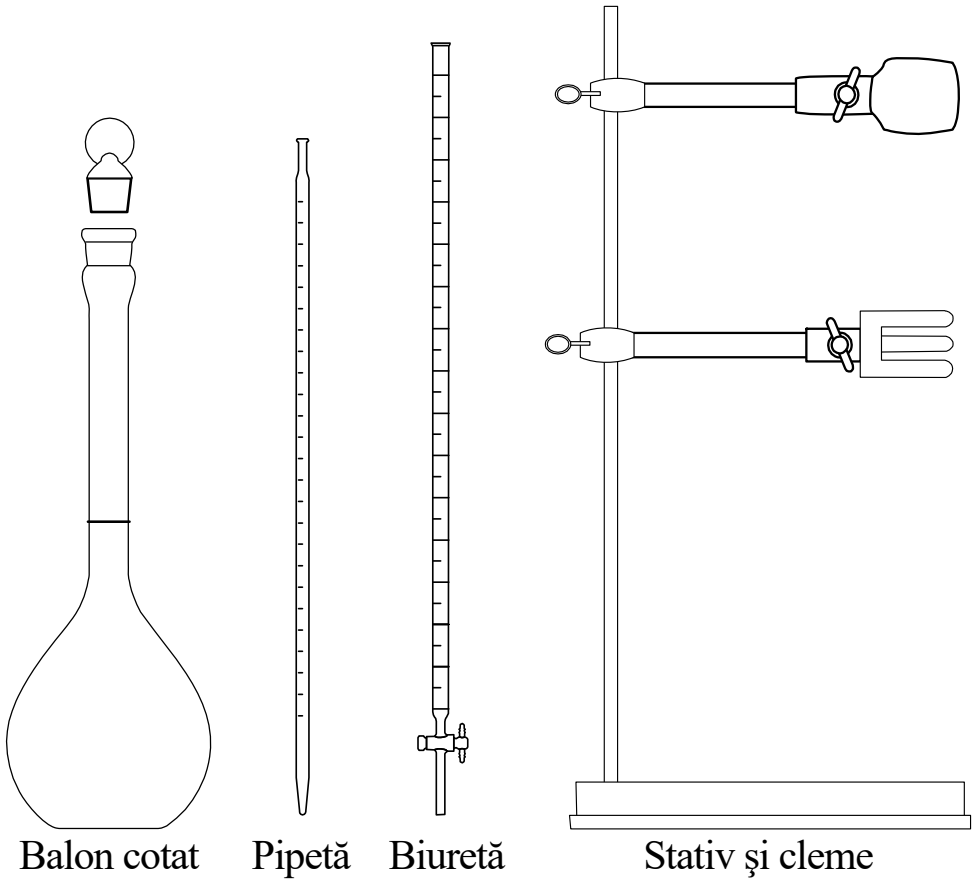
O titrare tipică începe cu un pahar sau un balon Erlenmeyer care conține o cantitate foarte precisă de analit și o cantitate mică de indicator (cum ar fi fenolftaleina) plasate sub o biuretă calibrată care conține titrant. Volume mici de titrant sunt apoi adăugate la soluţia de analit și indicator până când indicatorul își schimbă culoarea, indicând sosirea la punctul final al titrarii, când cantitatea de titrant echilibrează cantitatea de analit prezent, conform reacției dintre cei doi.

10.1.2 Scop

O serie de trei experimente vor fi efectuate pentru determinarea cantitativă a concentrației a trei soluții (NaOH (aq), H_2SO_4 (aq) și $KMnO_4$ (aq)) folosind o soluție ($(COOH)_2$ (aq)) de concentrație cunoscută.

10.1.3 Sticlăria

Fig. 10.1: Sticlăria de laborator pentru titrare



Baloanele sau flacoane cotate sunt în forma unui tub (gât) lung în dezvoltare provenit din partea de sus a unei sfere și prezentând o incizie pe gât (o linie de umplere în formă circulară), care definește cu precizie volumul acestuia. Sunt folosite pentru prepararea soluțiilor de concentrații cunoscute și la măsurarea cu precizie a volumului lichidelor; prezintă un fund plat și au volumul cuprins între 25 mL și 3000 mL (indicat pe acestea).

Pipeta folosește la măsurarea și transferul volumelor de lichid. Pot avea scală gradată (cu volumul cuprins între 1 și 25 mL) sau semne indicând volumul (cu volumul cuprins între 5 și 250 mL). Lichidele volatile ale căror vapori sunt toxici fluidele corozive și toxice sunt aspirate în pipetă utilizând o pară de cauciuc.

Biuretele sunt tuburi cilindrice prevăzute în partea de jos cu un robinet (sau supapă) urmată de un tub de evacuare, fiind folosite la titrări volumetrice cu diferiți reactivi chimici pentru măsurători precise de volum. Este fixată în poziție verticală pe un stativ cu ajutorul unor cleme, se umple prin partea superioară cu ajutorul unei pâlnii și se golește prin partea inferioară.

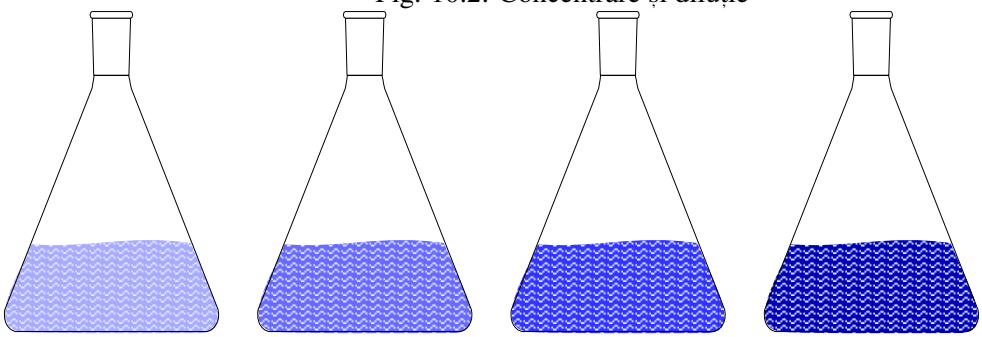
10.1.4 Concentrații

O soluție este un amestec omogen (de constituenți) obținut în urma dizolvării a una sau mai multe substanțe (fiecare numită solut) în o altă substanță (numită solvent).

Soluție (de $k+1$ constituenți)			
Constituent 0	Constituent 1	...	Constituent k
Solvent	Solut 1	...	Solut k

De obicei solventul este substanța majoritară și un solvent frecvent este apa (caz în care soluția este numită soluție apoasă - aq). Pentru a concentra o soluție trebuie să se adauge solut sau să se reducă cantitatea de solvent și prin contrast pentru a dilua o soluție trebuie să se adauge solvent sau să se reducă cantitatea de solut [10]. Dizolvarea poate fi însoțită și de disociere, caz în care ionii disociați se înconjură cu molecule de apă [11].

Fig. 10.2: Concentrare și diluție



Concentrația exprimă abundența unui constituent (de obicei acesta este un solut) în soluție. Există mai multe modalități de a exprima concentrația (unui constituent C):

Nume	Formulă	Cantități implicate	Unități de măsură
Concentrație molară	$c(C_i) = \frac{n(C_i)}{V}$	$c(C_i)$ concentrația molară a C_i $n(C_i)$ cantitatea în moli a C_i	$\frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = 10^{-3} \cdot \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

Concentrație masică	$\gamma(C_i) = \dfrac{m(C_i)}{V}$	$\gamma(C_i)$ concentrația masică a C_i $m(C_i)$ masa C_i	$\dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \dfrac{\text{g}}{\text{L}}$
Concentrație volumică	$\phi(C_i) = \dfrac{V(C_i)}{V}$	$\phi(C_i)$ fracția volumică a C_i $V(C_i)$ volumul C_i	$\dfrac{\text{m}^3}{\text{m}^3} = \dfrac{\text{L}}{\text{L}} = 10^6 \cdot \text{ppm}$
Fracție molară	$x(C_i) = \dfrac{n(C_i)}{n}$	$c(C_i)$ fracția molară a C_i $n(C_i)$ cantitatea în moli a C_i	$\dfrac{\text{mol}}{\text{mol}} = 10^6 \cdot \text{ppm}$
Fracție masică	$w(C_i) = \dfrac{m(C_i)}{m}$	$w(C_i)$ fracția masică a C_i $m(C_i)$ masa C_i	$\dfrac{\text{kg}}{\text{kg}} = \dfrac{\text{g}}{\text{g}} = 10^6 \cdot \text{ppm}$
Raport molar	$r(C_i) = \dfrac{n(C_i)}{n - n(C_i)}$	$c(C_i)$ raport molar al C_i $n(C_i)$ cantitatea în moli a C_i	$\dfrac{\text{mol}}{\text{mol}} = 10^6 \cdot \text{ppm}$
Raport masic	$\xi(C_i) = \dfrac{m(C_i)}{m - m(C_i)}$	$\xi(C_i)$ raport masic al C_i $m(C_i)$ masa C_i	$\dfrac{\text{kg}}{\text{kg}} = \dfrac{\text{g}}{\text{g}} = 10^6 \cdot \text{ppm}$
Molalitate	$b(C_i) = \dfrac{n(C_i)}{m}$	$b(C_i)$ molalitatea C_i $n(C_i)$ cantitatea în moli a C_i	$\dfrac{\text{mol}}{\text{kg}} = 10^{-3}\dfrac{\text{mol}}{\text{g}}$
Normalitate	$\nu(C_i) = c(C_i) \cdot n_{\text{e}^-}(C_i)$	$\nu(C_i)$ normalitatea C_i $n_{\text{e}^-}(C_i)$ nr. e^- la disocierea C_i	$\dfrac{\text{Eq}}{\text{m}^3} = 10^{-3}\dfrac{\text{Eq}}{\text{L}}$
Titru	$T(C_i) = \gamma(C_i) \cdot f(C_i)$	$T(C_i)$ titrul lui C_i $f(C_i)$ factorul lui C_i	$\dfrac{\text{Eq}}{\text{m}^3} = 10^{-3}\dfrac{\text{Eq}}{\text{L}}$

$k+1$ este numărul de constituenți din soluție și $i = 0, 1, \ldots, k$ pentru constituentul C_i

$n = \sum_{i=0}^{k} n(C_i)$ este numărul de moli din soluție (numărul total de moli)

$m = \sum_{i=0}^{k} m(C_i)$ este masa soluției (masa totală)

V este volumul soluției; $V \neq \sum_{i=0}^{k} V(C_i) \approx V$ este o aproximație $\left(V = \sum_{i=0}^{k} V(C_i)\dfrac{\rho(C_i)}{\rho}\right)$

$\rho(C_i) = \dfrac{m(C_i)}{V(C_i)}$ este densitatea constituentului C_i și $\rho = \dfrac{m}{V}$ este densitatea soluției

$f(C_i)$ este factor de corecție (subunitar) ce compensează degradarea în timp a lui C_i în soluție

Consecința introducerii numărului de echivalenți (Eq) este că numărul de electroni schimbați în disociere și reacție n_{e^-} are ca unitate de măsură Eq/mol.

Solubilitatea este capacitatea unei substanțe ("dizolvată"), de a forma o soluție cu o altă substanță ("solvent") iar insolubilitatea este proprietatea opusă. Atât solubilitatea cât și insolubilitatea sunt proprietăți foarte importante pentru chimie, atâta timp cât marea majoritate a reacțiilor chimice se desfășoară în soluții. Stabilirea de relații cantitative care să exprime solubilitatea de alți parametrii este de interes [12, 13, 14, 15].

10.1.5 Experimente

Titrarea (sau titrimetrie sau analiză volumetrică) este metoda de determinare a concentrației (unui "analit"). Un reactiv (sau titrant sau titrator) este preparat ca o soluție de concentrație cunoscută. Titrantul este adăugat peste soluția de analit (sau titrand), reacționează cu acesta și consumă analitul. Momentul când se consumă analitul de obicei este indicat de o schimbare de culoare obținută prin adăugarea unui indicator. Volumul de titrant care a reacționat cu analitul este denumit volum de titrare.

Se titrează succesiv:

- NaOH cu $H_2C_2O_4$ (în prezență de fenolftaleină);

- H_2SO_4 cu NaOH (în prezență de fenolftaleină);
- $(COOH)_2$ și H_2SO_4 cu $KMnO_4$ ($KMnO_4$ acționează și ca indicator în acest caz).

10.1.6 Reacții chimice

$$1(COOH)_2(aq) + 2NaOH(aq) \rightleftharpoons 1(COONa)_2(aq) + 2H_2O(l)$$

$$2NaOH(aq) + 1H_2SO_4(aq) \rightleftharpoons 1Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

$$2KMnO_4(aq) + 5(COOH)_2(aq) + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow$$
$$\rightarrow 1K_2SO_4(aq) + 2MnSO_4(aq) + 8H_2O(l) + 10CO_2(g, \uparrow)$$

10.1.7 Proceduri

10.1.7.1 Procedura 1

Pentru titrarea NaOH cu $H_2C_2O_4$ succesiunea de pași este după cum urmează:

- Trei probe de volume cunoscute de NaOH (în jur de 5 mL, măsurat cu biureta) sunt luate în (trei) pahare Erlenmeyer, rezultatele se vor trece în tabel. Pentru fiecare din cele trei probe:
  - Se notează volumul inițial de pe biureta care conține NaOH (în coloana V_{ini} în tabel);
  - Biureta se utilizează pentru a lua volumul aproximativ de NaOH dat mai sus;
  - Se notează volumul final de pe biureta care conține NaOH (în coloana V_{fin} în tabel);
  - Se adaugă o picătură de indicator (de obicei indicatorul este fenolftaleină) (pentru a oferi schimbarea culorii soluției când este atins punctul de echivalență); se adaugă apă distilată;
  - Prin utilizarea soluției de acid oxalic (din biureta care o conține) este efectuată titrarea hidroxidului de sodiu pentru fiecare din cele trei probe, rezultatele se vor nota în tabel. Pentru fiecare din cele trei probe:
  - Se notează volumul inițial de pe biureta care conține $H_2C_2O_4$ (în coloana cu V_{ini} în tabel);
  - Reacția dintre NaOH și $H_2C_2O_4$ este efectuată până în momentul în care indicatorul arată punctul de echivalență (schimbând culoarea soluției);
  - Se notează volumul final de pe biureta care conține $H_2C_2O_4$ (în coloana V_{fin} în tabel);
- Se calculează și se notează în tabel diferențele dintre volumele inițiale și finale (ΔV), raportul lor precum și media acestora pentru probe.

$1(COOH)_2 + 2NaOH \rightleftharpoons 1(COONa)_2 + 2H_2O$								
Proba	NaOH			$H_2C_2O_4$			$\frac{\Delta V(H_2C_2O_4)}{\Delta V(NaOH)}$	$a_1 \leftarrow med\left(\frac{\Delta V(H_2C_2O_4)}{\Delta V(NaOH)}\right)$
	V_{ini}	V_{fin}	ΔV	V_{ini}	V_{fin}	ΔV		
	mL	mL	mL	mL	mL	mL	-	-
1								
2								$a_1 =$
3								

10.1.7.2 Procedura 2

Pentru titrarea H_2SO_4 cu NaOH succesiunea de pași este după cum urmează:

- Trei probe de volume cunoscute de H_2SO_4 (în jur de 5mL, măsurat cu biureta) sunt pregătite în trei pahare Erlenmeyer, rezultatele se notează în tabel. Pentru fiecare din cele trei probe:
  - Se notează volumul inițial de pe biureta care conține H_2SO_4 (în coloana V_{ini} din tabel);

  - Biureta se folosește pentru a lua volumul aproximativ de H_2SO_4 dat mai sus;
  - Se notează volumul final de pe biureta care conține H_2SO_4 (în coloana V_{fin} din tabel);
  - Se adaugă o picătură de indicator (de obicei indicatorul este fenolftaleina) (pentru a oferi schimbul de culoare al soluției când se atinge punctul de echivalență); se adaugă apă distilată;
- Prin utilizarea soluției de hidroxid de sodiu (din biureta care îl conține) este efectuată titrarea acidului sulfuric pentru fiecare din cele trei probe, rezultatele se notează în tabel. Pentru fiecare din cele trei probe:
  - Se notează volumul inițial de pe biureta care conține NaOH (în coloana V_{ini} din tabel);
  - Se efectuează reacția dintre H_2SO_4 și NaOH până în momentul în care indicatorul arată punctul de echivalență (schimbul de culoare al soluției);
  - Se notează volumul final de pe biureta care conține NaOH (în coloana V_{fin} din tabel);
- Se calculează și se notează în tabel diferența dintre volumele inițiale și finale (ΔV), rapoartele lor precum și media dintre aceste probe.

$2NaOH + 1H_2SO_4 \rightleftharpoons 1Na_2SO_4 + 2H_2O$								
Proba	H_2SO_4			NaOH			$\frac{\Delta V(NaOH)}{\Delta V(H_2SO_4)}$	$a_2 \leftarrow med\left(\frac{\Delta V(NaOH)}{\Delta V(H_2SO_4)}\right)$
	V_{ini}	V_{fin}	ΔV	V_{ini}	V_{fin}	ΔV		
	mL	mL	mL	mL	mL	mL	-	-
1								$a_2 =$
2								
3								

10.1.7.3 Procedura 3

Pentru titrarea $(COOH)_2$ și H_2SO_4 cu $KMnO_4$ succesiunea de pași este după cum urmează:

- Se efectuează calculele preliminare pentru titrarea $(COOH)_2$ și H_2SO_4 cu $KMnO_4$. Se vor lua volume cunoscute de $(COOH)_2$ (≈ 5 mL, măsurat cu biureta). Se vor adăuga cantități suficiente de H_2SO_4 (cantități corespunzătoare, utilizând biureta). Cantitățile corespunzătoare de H_2SO_4 (y în mL) sunt calculate din echivalența cu $(COOH)_2$ (x în mL) și este $y = (3/5) \cdot x/(a_1 \cdot a_2)$ mL, unde a_1 este din tabelul primei proceduri și a_2 este din tabelul celei de-a doua proceduri.
- În trei pahare Erlenmeyer, succesiunea de etape este după cum urmează (repetată pentru fiecare pahar):
  - Se vor pregăti în pahare probe de x (mL) ca volum aproximativ de $(COOH)_2$;
  - Se vor nota volumul inițial $V_{ini}((COOH)_2)$, volumul final $V_{fin}((COOH)_2)$ și diferența acestora ($x \leftarrow \Delta V((COOH)_2)$) în tabel;
  - Se adaugă un volum aproximativ $\Delta V(H_2SO_4)$ de $y+1$ (mL) de H_2SO_4 ($V_{calc}(H_2SO_4) = V_{ini}(H_2SO_4) + (y+1)$);
  - Se notează volumul inițial $V_{ini}(H_2SO_4)$, volumul final $V_{fin}(H_2SO_4)$ și diferența acestora $\Delta V(H_2SO_4)$ în tabel;

$5(COOH)_2 + 3H_2SO_4$								
Proba	$(COOH)_2$			H_2SO_4				
	V_{ini}	V_{fin}	$x \leftarrow \Delta V$	$y+1$	V_{ini}	V_{calc}	V_{fin}	ΔV
	mL	mL	mL	mL	mL	mL	mL	mL
1								
2								
3								

- Paharul este încălzit cu ajutorul unui bec de gaz; reacția necesită căldură pentru a se desfășura rapid; în jur de 60 °C este suficient; din acest punct cu paharul cu reactiv încălzit este efectuată titrarea cu $KMnO_4$ manipulând paharul cu o panglică de hârtie:
- Se notează volumul inițial de pe biureta cu $KMnO_4$ (în coloana V_{ini} din tabel);
- Se efectuează reacția dintre $KMnO_4$ (din biuretă) cu amestecul de H_2SO_4 și $H_2C_2O_4$ (din pahar) până în momentul în care culoarea amestecului din pahar devine identică cu culoarea $KMnO_4$ (roz sau purpuriu), indicând atingerea punctului de echivalență;
- Se notează volumul final de pe biureta cu $KMnO_4$ (în coloana V_{fin} din tabel);

- Se calculează și se notează în tabel diferențele dintre volumele inițiale și finale (ΔV), rapoartele lor precum și media dintre probe.

$$2KMnO_4 + 5(COOH)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 1K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 10CO_2$$

Proba	$KMnO_4$		
	V_{ini}	V_{fin}	ΔV
	mL	mL	mL
1			
2			
3			

10.1.8 Analiza datelor

Concentrațiile soluțiilor sunt exprimate în diferite unități de măsură utilizând diferite referințe prin completarea tabelului următor.

Nume, unități și formule	$H_2C_2O_4$	NaOH	H_2SO_4	$KMnO_4$
Numărul de electroni schimbați (Eq/mol), n_{e^-} =	2	1	2	5
Masă moleculară (g/mol), M =	90.03	40.00	98.08	158.03
Volum utilizat, $((\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3)/3$ =				
Concentrație masică (g/L), γ =				
Concentrația molară (mol/L), c =				
Concentrația (fracția) volumică (L/L), ϕ =				
Normalitate (Eq/L), ν =				
Molalitate (mol/kg), b =				
Fracție molară (mol/mol), x =				
Raport molar (mol/mol), r =				
Fracție masică (g/g), w =				
Raport masic (g/g), ζ =				
Titru (Eq/mL), T =				
Densitatea soluției (kg/m^3), ρ =				
Masa soluției (kg), m =				

Pentru a efectua acest lucru, se utilizează:

- Concentrația soluției de $H_2C_2O_4$, de pe sticla cu reactiv (alături de unitățile acesteia de măsură!);
- Valorile medii din experimente;
- Formulele de calcul care exprimă diferite tipuri de concentrații;
- Densitatea (ρ) ca funcție de concentrație (c):
  - $H_2C_2O_4 : \rho(c) = 1.411_{\pm 0.031} - \dfrac{3.811_{\pm 0.605}}{9.24_{\pm 0.77} + c}$
  - $NaOH : \rho(c) = 0.9882_{\pm 0.0001} + 4.739_{\pm 0.072} \cdot 10^{-2} \cdot c^{1.001_{\pm 0.008}} - 4.479_{\pm 0.083} \cdot 10^{-3} \cdot c^{1.51_{\pm 0.03}}$
  - $H_2SO_4 : \rho(c) = 0.9977_{\pm 0.007} + \dfrac{c \cdot e^{-0.1069_{\pm 0.021} \cdot c}}{15.3_{\pm 0.1} - 1.17_{\pm 0.01} \cdot c + 2.75_{\pm 0.04} \cdot 10^{-2} \cdot c^2}$

– $KMnO_4 : 0.9986_{\pm 0.0002} + 0.1029_{\pm 0.0008} \cdot c$

- Densitatea (ρ, în kg/L) ca funcție de temperatură (t, în °C), pentru apă: $\rho(t) \approx \dfrac{0.9982}{1+t/5000}$

Indicii pentru completarea tabelului:

- Se va începe cu completarea concentrației de $H_2C_2O_4$ dată pe sticla cu reactiv (în locul potrivit ei luând în considerare unitățile sale de măsură);
- Se va calcula densitatea de $H_2C_2O_4$ din concentrația acesteia (utilizând formula corespunzătoare);
- Se va calcula media volumelor de $H_2C_2O_4$ utilizat (aici sunt de fapt trei 'volume medii' utilizate, una pentru fiecare reacție; aici este pentru $H_2C_2O_4$: $(\Delta V_1(H_2C_2O_4) + \Delta V_2(H_2C_2O_4) + \Delta V_3(H_2C_2O_4))/3$; cu ajutorul densității rezultă masa acesteia, $m = V \times \rho$;
- Prin utilizarea celorlalte valori date (masă molară, număr de electroni schimbați), este numai o chestiune de înlocuire a acestor date cu valori în formule pentru a obține toate celelalte concentrații;
- Punctul cheie de trecere de la o coloană la alta (de la prima la a doua dată aici) este de a exprima concentrația molară $c(H_2C_2O_4)$, dacă această concentrație nu este cea dată pe sticla cu reactiv; atunci, numărul de moli este $n(H_2C_2O_4) = c(H_2C_2O_4) \times V(H_2C_2O_4)$;
- Utilizând reacțiile chimice egalate se va calcula numărul de moli pentru celorlalte:

$1(COOH)_2 + 2NaOH \rightleftharpoons 1(COONa)_2 + 2H_2O$	$n(NaOH)/1 = n(H_2C_2O_4)/2$
$2NaOH + 1H_2SO_4 \rightleftharpoons 1Na_2SO_4 + 2H_2O$	$n(H_2SO_4)/2 = n(NaOH)/1$
$2KMnO_4 + 5(COOH)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 1K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 10CO_2$	$n(KMnO_4)/2 = n(H_2C_2O_4)/5$

- Se va calcula media volumelor utilizate în fiecare reacție, $\Delta V(\cdot) = (\Delta V_1(\cdot) + \Delta V_2(\cdot) + \Delta V_3(\cdot))/3$ pentru toți reactanții (aici volumul de $H_2C_2O_4$ este subiectul de schimb de la o reacție la alta și ar trebui considerat volumul de $H_2C_2O_4$ implicat în reacția aceea din care se calculează cantitatea corespunzătoare a altui reactant);
- Utilizând aceste volume și numărul de moli calculați concentrațiile molare ($c = n/V$);
- Utilizând concentrațiile molare, calculați densitățile (folosind formulele corespunzătoare din Tabelul 2);
- Având densitatea imediat rezultă masele, $m(\cdot) = V(\cdot) \times \rho(\cdot)$;
- Prin utilizarea celorlalte valori date (masă molară, electronii schimbați), este numai o chestiune de înlocuire a acestor date cu valori în formule pentru a obține toate celelalte concentrații.

10.2 Exemplu de calcul

$1(COOH)_2 + 2NaOH \rightleftharpoons 1(COONa)_2 + 2H_2O$								
Proba	NaOH			$H_2C_2O_4$			$\dfrac{\Delta V(H_2C_2O_4)}{\Delta V(NaOH)}$	$a_1 \leftarrow med\left(\dfrac{\Delta V(H_2C_2O_4)}{\Delta V(NaOH)}\right)$
	V_{ini}	V_{fin}	ΔV	V_{ini}	V_{fin}	ΔV		
	mL	mL	mL	mL	mL	mL	-	-
1	6.2	10.4	4.2	8.1	10.2	2.1	0.500	$a_1 = 0.507$
2	10.4	15.5	5.1	10.2	12.8	2.6	0.510	
3	15.5	20.4	4.9	12.8	15.3	2.5	0.510	

$2NaOH + 1H_2SO_4 \rightleftharpoons 1Na_2SO_4 + 2H_2O$								
Proba	H_2SO_4			NaOH			$\dfrac{\Delta V(NaOH)}{\Delta V(H_2SO_4)}$	$a_2 \leftarrow med\left(\dfrac{\Delta V(NaOH)}{\Delta V(H_2SO_4)}\right)$
	V_{ini}	V_{fin}	ΔV	V_{ini}	V_{fin}	ΔV		
	mL	mL	mL	mL	mL	mL	-	-
1	10.6	15.1	4.5	2.2	12.0	9.8	2.178	$a_2 = 2.072$
2	15.1	20.3	5.2	12.0	22.6	10.6	2.038	

3	20.3	25.2	4.9	22.6	32.4	9.8	2.000	

$x = 5.1 \implies y+1 = (3/5)\times 5.1/(0.507\times 2.072)+1 = 3.91 \implies V_{calc,1} = 25.2+3.9 = 29.1$
$x = 5.0 \implies y+1 = (3/5)\times 5.0/(0.507\times 2.072)+1 = 3.86 \implies V_{calc,2} = 29.2+3.9 = 33.1$
$x = 4.5 \implies y+1 = (3/5)\times 4.5/(0.507\times 2.072)+1 = 3.57 \implies V_{calc,3} = 33.1+3.6 = 36.7$

$5(COOH)_2 + 3H_2SO_4$								
Proba	$(COOH)_2$			H_2SO_4				
	V_{ini}	V_{fin}	$x \leftarrow \Delta V$	$y+1$	V_{ini}	V_{calc}	V_{fin}	ΔV
	mL	mL	mL	mL	mL	mL	mL	mL
1	15.3	20.4	5.1	3.9	25.2	29.1	29.2	4.0
2	20.4	25.4	5.0	3.9	29.2	33.1	33.1	3.9
3	25.4	29.9	4.5	3.6	33.1	36.7	36.8	3.7

$2KMnO_4 + 5(COOH)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 1K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 10CO_2$			
Proba	$KMnO_4$		
	V_{ini}	V_{fin}	ΔV
	mL	mL	mL
1	1.1	3.8	2.7
2	3.8	6.4	2.6
3	6.4	8.9	2.5

Concentrația $H_2C_2O_4$ se citește de pe sticla de reactiv $\implies$ pentru $H_2C_2O_4(aq)$:

$$T = 0.05\ \frac{\text{g}}{\text{mL}},\ f \approx 1,\ \gamma = \frac{T}{f} = \frac{0.05}{1}\ \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 50\ \frac{\text{g}}{\text{L}},\ c = \frac{\gamma}{\text{M}} = \frac{50\ \text{g/L}}{90.03\ \text{g/mol}} = 0.5537\ \frac{\text{mol}}{\text{L}} \tag{10.1}$$

$$\nu = c\cdot n_{e^-} = 0.5537\ \text{mol/L}\cdot 2\ \text{Eq/mol} = 1.1074\ \text{Eq/L} \tag{10.2}$$

$$\rho(c) = 1.411 - \frac{3.811}{9.24+c}\ \frac{\text{g}}{\text{mL}} \implies \rho = 1.411 - \frac{3.811}{9.24+0.5537}\ \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 1.022\ \frac{\text{g}}{\text{mL}} \tag{10.3}$$

$$V \leftarrow \overline{\Delta V} = \frac{\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3}{3} = \frac{2.1+2.6+2.5}{3}\ \text{mL} = 2.4\ \text{mL} \tag{10.4}$$

$$n = c\cdot V = 0.5537\ \frac{\text{mol}}{\text{L}}\cdot 2.4\ \text{mL} = 1.329\ \text{mmol} \tag{10.5}$$

$$m = V\cdot\rho = 2.4\ \text{mL}\cdot 1.022\ \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 2.453\ \text{g},\ b = \frac{n}{m} = \frac{1.329\ \text{mmol}}{2.453\ \text{g}} = 0.5418\ \frac{\text{mol}}{\text{kg}} \tag{10.6}$$

$$w = b\cdot M = 0.5418\ \frac{\text{mmol}}{\text{g}}\cdot 90.03\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0.04878\ \frac{\text{g}}{\text{g}} = 4.878\ \%_{\text{m}} = 4878\ \text{ppm}_{\text{m}} \tag{10.7}$$

$$\zeta = \frac{w}{1-w} = \frac{0.04878\ \text{g/g}}{1-0.04878\ \text{g/g}} = 0.05128\ \frac{\text{g}}{\text{g}} = 5.128\ \%_{\text{m}} = 5128\ \text{ppm}_{\text{m}} \tag{10.8}$$

$$m(H_2C_2O_4) = n \cdot M \underset{(10.5)}{\overset{\text{Eq.}}{=}} 1.329 \text{ mmol} \cdot 90.03 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0.1196 \text{ g} \tag{10.9}$$

$$m(H_2O) = m - m(H_2C_2O_4) = 2.453 - 0.1196 \text{ g} = 2.333 \text{ g} \tag{10.10}$$

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{2.333 \text{ g}}{18.015 \text{ g/mol}} = 0.1295 \text{ mol} \tag{10.11}$$

$$r = \frac{n}{n(H_2O)} \underset{(10.5)}{\overset{\text{Eq.}}{=}} \frac{1.329 \text{ mmol}}{0.1295 \text{ mol}} = 0.01026 \frac{\text{mol}}{\text{mol}}, \; x = \frac{r}{1+r} = 0.01016 \frac{\text{mol}}{\text{mol}} \tag{10.12}$$

$$\rho(H_2O) \approx \frac{0.9982}{1+t/5000}, \; t \approx 21 \text{ °C} \implies \rho(H_2O) = \frac{0.9982}{1+21/5000} = 0.994 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$
$$V(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{\rho(H_2O)} = \frac{2.333 \text{ g}}{0.994 \text{ g/mL}} = 2.347 \text{ mL}$$
$$\phi = \frac{V - V(H_2O)}{V} \underset{(10.4)}{\overset{\text{Eq.}}{=}} \frac{2.4 - 2.2347}{2.4} \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = 0.02208 \frac{\text{L}}{\text{L}} = 2.208 \text{ \%}_\text{v} = 2208 \text{ ppm}_\text{v} \tag{10.13}$$

$$\begin{aligned}
&NaOH(aq): \; V = (\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3)/3 = (4.2 + 5.1 + 4.9)/3 \text{ mL} = 4.7 \text{ mL} \\
&H_2SO_4(aq): \; V = (\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3)/3 = (4.5 + 5.2 + 4.9)/3 \text{ mL} = 4.9 \text{ mL} \\
&KMnO_4(aq): \; V = (\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3)/3 = (2.7 + 2.6 + 2.5)/3 \text{ mL} = 2.6 \text{ mL}
\end{aligned} \tag{10.14}$$

$$\begin{aligned}
n(NaOH) &= \frac{n_{e^-}(H_2C_2O_4)}{n_{e^-}(NaOH)} \cdot n(H_2C_2O_4) = \frac{2 \text{ e}^-}{1 \text{ e}^-} \cdot 1.329 \text{ mmol} = 2.658 \text{mmol} \\
n(H_2SO_4) &= \frac{n_{e^-}(H_2C_2O_4)}{n_{e^-}(H_2SO_4)} \cdot n(H_2C_2O_4) = \frac{2 \text{ e}^-}{2 \text{ e}^-} \cdot 1.329 \text{ mmol} = 1.329 \text{ mmol} \\
n(KMnO_4) &= \frac{n_{e^-}(H_2C_2O_4)}{n_{e^-}(KMnO_4)} \cdot n(H_2C_2O_4) = \frac{2 \text{ e}^-}{5 \text{ e}^-} \cdot 1.329 \text{ mmol} = 0.532 \text{ mmol}
\end{aligned} \tag{10.15}$$

$$\begin{aligned}
&NaOH(aq): \; c = n(NaOH)/V = 2.658 \text{ mmol}/4.7 \text{ mL} = 0.5665 \text{ mol/L} \\
&H_2SO_4(aq): \; c = n(H_2C_2O_4)/V = 1.329 \text{ mmol}/4.9 \text{ mL} = 0.2712 \text{ mol/L} \\
&KMnO_4(aq): \; c = n(KMnO_4)/V = 0.532 \text{ mmol}/2.6 \text{ mL} = 0.2046 \text{ mol/L}
\end{aligned} \tag{10.16}$$

$$\begin{aligned}
&NaOH(aq): \; \gamma = c \cdot M = 0.5665 \text{ mol/L} \cdot 40.00 \text{ g/mol} = 22.62 \text{ g/L} \\
&H_2SO_4(aq): \; \gamma = c \cdot M = 0.2712 \text{ mol/L} \cdot 98.08 \text{ g/mol} = 26.60 \text{ g/L} \\
&KMnO_4(aq): \; \gamma = c \cdot M = 0.2046 \text{ mol/L} \cdot 158.03 \text{ g/mol} = 32.34 \text{ g/L}
\end{aligned} \tag{10.17}$$

$$\begin{aligned}
&NaOH(aq): \; \nu = \gamma \cdot n_{e^-} = 22.62 \text{ g/L} \cdot 1 \text{ Eq/mol} = 22.62 \text{ Eq/L} \\
&H_2SO_4(aq): \; \nu = \gamma \cdot n_{e^-} = 53.20 \text{ g/L} \cdot 2 \text{ Eq/mol} = 53.20 \text{ Eq/L} \\
&KMnO_4(aq): \; \nu = \gamma \cdot n_{e^-} = 32.34 \text{ g/L} \cdot 5 \text{ Eq/mol} = 161.68 \text{ Eq/L}
\end{aligned} \tag{10.18}$$

Considerând $f(NaOH(aq)) \approx 1$, $f(H_2SO_4(aq)) \approx 1$, $f(KMnO_4(aq)) \approx 1$ și Eq. (10.17):

$$\begin{aligned}
&NaOH(aq): \; T = f \cdot \gamma = 1 \cdot 22.62 \text{ g/L} = 0.02262 \text{ g/mL} \\
&H_2SO_4(aq): \; T = f \cdot \gamma = 1 \cdot 26.60 \text{ g/L} = 0.02660 \text{ g/mL} \\
&KMnO_4(aq): \; T = f \cdot \gamma = 1 \cdot 32.34 \text{ g/L} = 0.03234 \text{ g/mL}
\end{aligned} \tag{10.19}$$

Folosind Eq. (10.16):

$$\begin{aligned}
\mathrm{NaOH(aq)}:\ \rho(c) &= 0.9882 + 4.739\cdot 10^{-2}\cdot c^{1.001} - 4.479\cdot 10^{-3}\cdot c^{1.51} = 0.9882 \\
&\quad + 4.739\cdot 10^{-2}\cdot 0.5665^{1.001} - 4.479\cdot 10^{-3}\cdot 0.5665^{1.51} = 1.0131\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mL}} \\
\mathrm{H_2SO_4(aq)}:\ \rho(c) &= 0.9977 + \frac{c\cdot \mathrm{e}^{-0.1069\cdot c}}{15.3 - 1.17\cdot c + 2.75\cdot 10^{-2}\cdot c^2} = 0.9977 \\
&\quad + \frac{0.2712\cdot \mathrm{e}^{-0.1069\cdot 0.2712}}{15.3 - 1.17\cdot 0.2712 + 2.75\cdot 10^{-2}\cdot 0.2712^2} = 1.0146\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mL}} \\
\mathrm{KMnO_4(aq)}:\ \rho(c) &= 0.9986 + 0.1029\cdot c = 0.9986 + 0.1029\cdot 0.2046 = 1.0197\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mL}}
\end{aligned} \tag{10.20}$$

Folosind Eq. (10.14):

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH(aq)}:\ m = V\cdot\rho = 4.7\ \mathrm{mL}\cdot 1.0131\ \mathrm{g/mL} = 4.762\ \mathrm{g} \\
&\mathrm{H_2SO_4(aq)}:\ m = V\cdot\rho = 4.9\ \mathrm{mL}\cdot 1.0146\ \mathrm{g/mL} = 4.971\ \mathrm{g} \\
&\mathrm{KMnO_4(aq)}:\ m = V\cdot\rho = 2.6\ \mathrm{mL}\cdot 1.0197\ \mathrm{g/mL} = 2.651\ \mathrm{g}
\end{aligned} \tag{10.21}$$

Folosind Eq. (10.15):

$$\begin{aligned}
&m(\mathrm{NaOH}) = n(\mathrm{NaOH})\cdot M = 2.658\ \mathrm{mmol}\cdot 40.00\ \mathrm{g/mol} = 0.1063\ \mathrm{g} \\
&m(\mathrm{H_2SO_4}) = n(\mathrm{H_2SO_4})\cdot M = 1.329\ \mathrm{mmol}\cdot 98.08\ \mathrm{g/mol} = 0.1303\ \mathrm{g} \\
&m(\mathrm{KMnO_4}) = n(\mathrm{KMnO_4})\cdot M = 0.532\ \mathrm{mmol}\cdot 158.03\ \mathrm{g/mol} = 0.084\ \mathrm{g}
\end{aligned} \tag{10.22}$$

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH(aq)}:\ w = m(\mathrm{NaOH})/m = 0.1063\ \mathrm{g}/4.762\ \mathrm{g} = 0.02233\ \mathrm{g/g} \\
&\mathrm{H_2SO_4(aq)}:\ w = m(\mathrm{H_2SO_4})/m = 0.1303\ \mathrm{g}/4.971\ \mathrm{g} = 0.02622\ \mathrm{g/g} \\
&\mathrm{KMnO_4(aq)}:\ w = m(\mathrm{KMnO_4})/m = 0.084\ \mathrm{g}/2.651\ \mathrm{g} = 0.03171\ \mathrm{g/g}
\end{aligned} \tag{10.23}$$

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH(aq)}:\ \zeta = w/(1-w) = 0.02233/(1-0.02233)\ \mathrm{g/g} = 0.02284\ \mathrm{g/g} \\
&\mathrm{H_2SO_4(aq)}:\ \zeta = w/(1-w) = 0.02622/(1-0.02622)\ \mathrm{g/g} = 0.02693\ \mathrm{g/g} \\
&\mathrm{KMnO_4(aq)}:\ \zeta = w/(1-w) = 0.03171/(1-0.03171)\ \mathrm{g/g} = 0.03275\ \mathrm{g/g}
\end{aligned} \tag{10.24}$$

Folosind Eq. (10.15) & (10.21):

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH(aq)}:\ b = n(\mathrm{NaOH})/m = 2.658\ \mathrm{mmol}/4.762\ \mathrm{g} = 0.558\ \mathrm{mol/kg} \\
&\mathrm{H_2SO_4(aq)}:\ b = n(\mathrm{H_2SO_4})/m = 1.329\ \mathrm{mmol}/4.971\ \mathrm{g} = 0.267\ \mathrm{mol/kg} \\
&\mathrm{KMnO_4(aq)}:\ b = n(\mathrm{KMnO_4})/m = 0.532\ \mathrm{mmol}/2.651\ \mathrm{g} = 0.201\ \mathrm{mol/kg}
\end{aligned} \tag{10.25}$$

Folosind Eq. (10.21) & (10.22):

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH}:\ m(\mathrm{H_2O}) = m - m(\mathrm{NaOH}) = 4.762\ \mathrm{g} - 0.106\ \mathrm{g} = 4.655\ \mathrm{g} \\
&\mathrm{H_2SO_4}:\ m(\mathrm{H_2O}) = m - m(\mathrm{H_2SO_4}) = 4.971\ \mathrm{g} - 0.130\ \mathrm{g} = 4.841\ \mathrm{g} \\
&\mathrm{KMnO_4}:\ m(\mathrm{H_2O}) = m - m(\mathrm{KMnO_4}) = 2.651\ \mathrm{g} - 0.084\ \mathrm{g} = 2.567\ \mathrm{g}
\end{aligned} \tag{10.26}$$

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH}:\ n(\mathrm{H_2O}) = m(\mathrm{H_2O})/M(\mathrm{H_2O}) = 4.655\ \mathrm{g}/18\ \mathrm{g/mol} = 0.259\mathrm{mol} \\
&\mathrm{H_2SO_4}:\ n(\mathrm{H_2O}) = m(\mathrm{H_2O})/M(\mathrm{H_2O}) = 4.841\ \mathrm{g}/18\ \mathrm{g/mol} = 0.269\ \mathrm{mol} \\
&\mathrm{KMnO_4}:\ n(\mathrm{H_2O}) = m(\mathrm{H_2O})/M(\mathrm{H_2O}) = 2.567\ \mathrm{g}/18\ \mathrm{g/mol} = 0.143\ \mathrm{mol}
\end{aligned} \tag{10.27}$$

Folosind Eq. (10.15):

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH(aq)}: \; r = n(\mathrm{NaOH})/n(\mathrm{H_2O}) = 2.658 \text{ mmol}/0.259 \text{ mol} = 1.026 \; \%_{\mathrm{mol}} \\
&\mathrm{H_2SO_4(aq)}: \; r = n(\mathrm{H_2SO_4})/n(\mathrm{H_2O}) = 1.329 \text{ mmol}/0.269 \text{ mol} = 0.494 \; \%_{\mathrm{mol}} \\
&\mathrm{KMnO_4(aq)}: \; r = n(\mathrm{KMnO_4})/n(\mathrm{H_2O}) = 0.532 \text{ mmol}/0.143 \text{ mol} = 0.372 \; \%_{\mathrm{mol}}
\end{aligned} \tag{10.28}$$

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH(aq)}: \; x = 1/(1+r^{-1}) = 100/(100+1.026 \; \%_{mol}) = 1.016 \; \%_{\mathrm{mol}} \\
&\mathrm{H_2SO_4(aq)}: \; x = 1/(1+r^{-1}) = 100/(100+0.494 \; \%_{mol}) = 0.492 \; \%_{\mathrm{mol}} \\
&\mathrm{KMnO_4(aq)}: \; x = 1/(1+r^{-1}) = 100/(100+0.372 \; \%_{mol}) = 0.371 \; \%_{\mathrm{mol}}
\end{aligned} \tag{10.29}$$

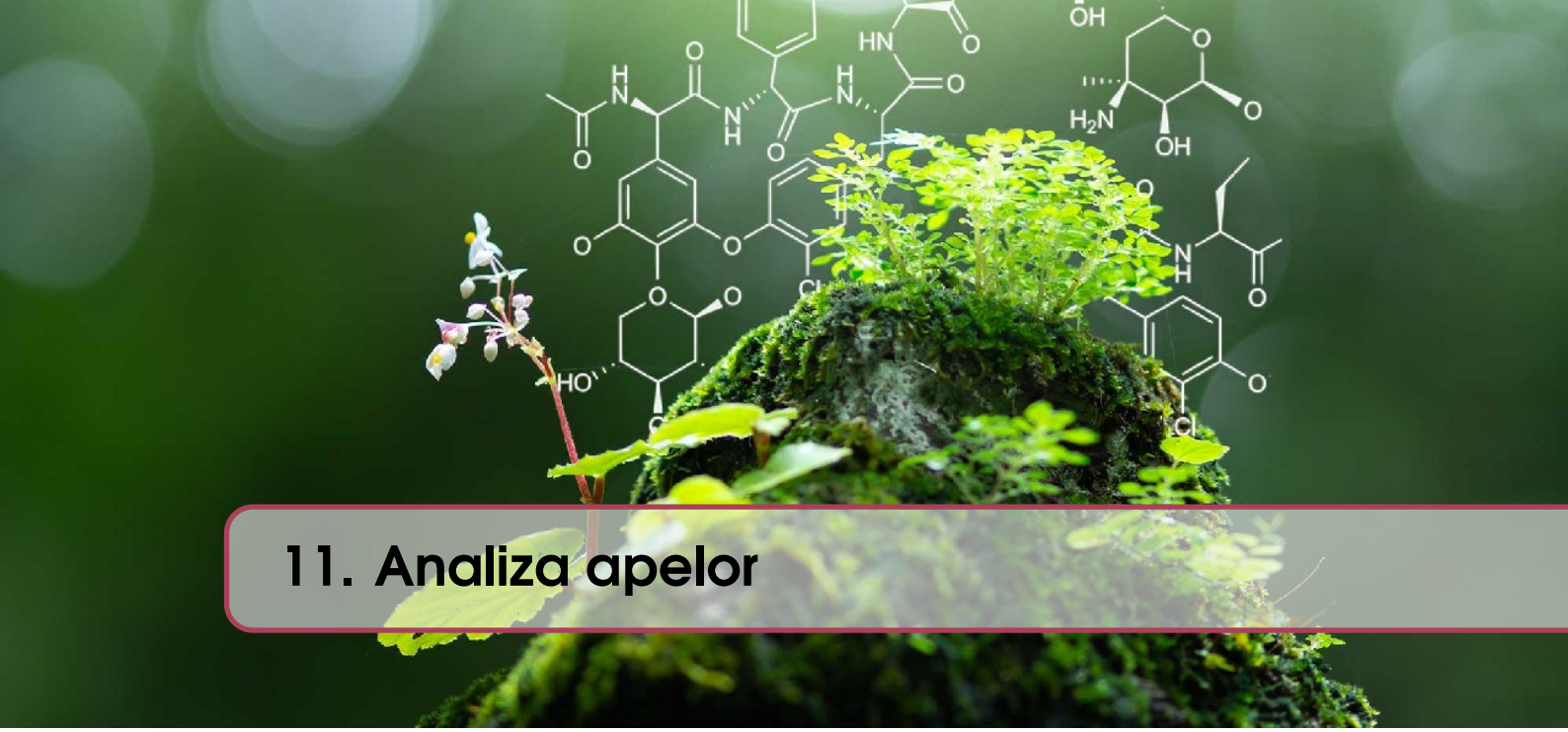
Folosind Eq. (10.13) & (10.26):

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH}: \; V(\mathrm{H_2O}) = m(\mathrm{H_2O})/\rho(\mathrm{H_2O}) = 4.655 \text{ g}/0.994 \text{ g/mL} = 4.68\text{mL} \\
&\mathrm{H_2SO_4}: \; V(\mathrm{H_2O}) = m(\mathrm{H_2O})/\rho(\mathrm{H_2O}) = 4.841 \text{ g}/0.994 \text{ g/mL} = 4.87 \text{ mL} \\
&\mathrm{KMnO_4}: \; V(\mathrm{H_2O}) = m(\mathrm{H_2O})/\rho(\mathrm{H_2O}) = 2.567 \text{ g}/0.994 \text{ g/mL} = 2.58 \text{ mL}
\end{aligned} \tag{10.30}$$

Folosind Eq. (10.14):

$$\begin{aligned}
&\mathrm{NaOH}: \; \phi = 1 - V(\mathrm{H_2O})/V = 1 - 4.68/4.70 \text{ mL/mL} = 3.51 \; ‰_{\mathrm{v}} \\
&\mathrm{H_2SO_4}: \; \phi = 1 - V(\mathrm{H_2O})/V = 1 - 4.87/4.90 \text{ mL/mL} = 6.06 \; ‰_{\mathrm{v}} \\
&\mathrm{KMnO_4}: \; \phi = 1 - V(\mathrm{H_2O})/V = 1 - 2.58/2.60 \text{ mL/mL} = 6.72 \; ‰_{\mathrm{v}}
\end{aligned} \tag{10.31}$$

Nume, unități și formule	$H_2C_2O_4$	NaOH	H_2SO_4	$KMnO_4$
Numărul de electroni schimbați (Eq/mol), n_{e^-} =	2	1	2	5
Masă moleculară (g/mol), M =	90.03	40.00	98.08	158.03
Volum utilizat, $((\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3)/3$ =	Eq. (10.4)	Eq. (10.14)		
Concentrație masică (g/L), γ =	Eq. (10.1)	Eq. (10.17)		
Concentrația molară (mol/L), c =	Eq. (10.1)	Eq. (10.16)		
Concentrația (fracția) volumică (L/L), ϕ =	Eq. (10.13)	Eq. (10.31)		
Normalitate (Eq/L), ν =	Eq. (10.2)	Eq. (10.18)		
Molalitate (mol/kg), b =	Eq. (10.6)	Eq. (10.25)		
Fracție molară (mol/mol), x =	Eq. (10.12)	Eq. (10.29)		
Raport molar (mol/mol), r =	Eq. (10.12)	Eq. (10.28)		
Fracție masică (g/g), w =	Eq. (10.7)	Eq. (10.23)		
Raport masic (g/g), ζ =	Eq. (10.8)	Eq. (10.24)		
Titru (g/mL), T =	Eq. (10.1)	Eq. (10.19)		
Densitatea soluției (kg/m^3), ρ =	Eq. (10.3)	Eq. (10.20)		
Masa soluției (kg), m =	Eq. (10.6)	Eq. (10.21)		



11. Analiza apelor

11.1 Partea Teoretică

11.1.1 Introducere

În starea ei lichidă, apa formează pânzele freatice a lumii, râuri, lacuri, oceane și ploaia fiind astfel constituentul major al fluidelor viețuitoarelor, procentul ei în corpul uman ajunge de la 50% la 80%.

Apa este un bun solvent polar (adesea este numit solvent universal) dizolvând multe substanțe în cantități mai mari decât orice alt lichid comun fiind importantă în procesele chimice, fizice și biologice.

Sursele de apă includ apa proaspătă (din pânzele freatice), apa sărată (din râuri și lacuri), apa marină (din mări și oceane) precum și icebergurile (din zona polară) și gheţarii (la altitudini mari în munți).

Apa pură (H2O) este esențial neexistentă în mediul natural. Apa naturală, din atmosferă, de la suprafața pământului, sau din subteran conține întotdeauna dizolvate minerale și gaze ca rezultat al interacțiunilor sale cu atmosfera, mineralele din roci, materia organică, și organismele vii. Unele substanțe sunt miscibile (se amestecă în orice proporție), altele sunt hidrofile (sunt atrase către și tind să fie dizolvate de către apă), altele sunt solubile (depinde de temperatură, presiune și de pH) în timp ce altele sunt nemiscibile (nu pot fi amestecate sau să prezinte omogenitate).

Purificarea apei este procesul de îndepărtare a contaminanților chimici, biologici, solidelor în suspensie și gazelor nedorite [16] iar scopul acestui proces este de a produce apă corespunzătoare unui proces specific, când majoritatea apei este dezinfectată pentru consumul uman (apa de băut) dar purificarea apei poate de asemenea să fie destinată pentru o varietate mare de alte scopuri (să corespundă cerințelor aplicațiilor medicale, farmaceutice, chimice și industriale).

Analiza chimică a apei este efectuată pentru a identifica și cuantifica componenții chimici și proprietăți incluzând pH, cationi anioni majoritari dar și elemente în urme, volatile instabile și izotopi, substanțe organice și nutrienți.

Probele de apă vor fi analizate în laborator și se va obține un buletin de analize. Pentru a putea efectua acestea, se vor lua probe de apă de la robinet și reacțiile de neutralizare se vor efectua pentru a cuantifica aciditatea și alcalinitatea apei, prin utilizarea biuretei și a indicatorilor de culoare pentru punctul de echivalență al reacțiilor.

Aciditatea apei este expresia cantitativă a capacității sale de a neutraliza o bază tare la un pH stabilit fiind un indicator al puterii de coroziune al acesteia. Aciditatea poate fi cauzată de dioxidul de carbon (sub forma acidului carbonic), acizi organici slabi (exemplele includ acizii acetic, citric, tanic și formic), și acizi minerali tari (exemplele includ acizii sulfuric și clorhidric). Alcalinitatea

apei este expresia cantitativă a capacității sale de a neutraliza acizi tari la un pH stabilit fiind un indicator la conținutului în săruri cu hidroliză bazică. Alcalinitatea poate fi cauzată de bicarbonați (HCO_3^-), carbonați (CO_3^{2-}), hidroxizi (HO^-), fosfați solubili ($H_2PO_4^-, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}$) și silicați ($HSiO_3^-$, SiO_3^{2-}).

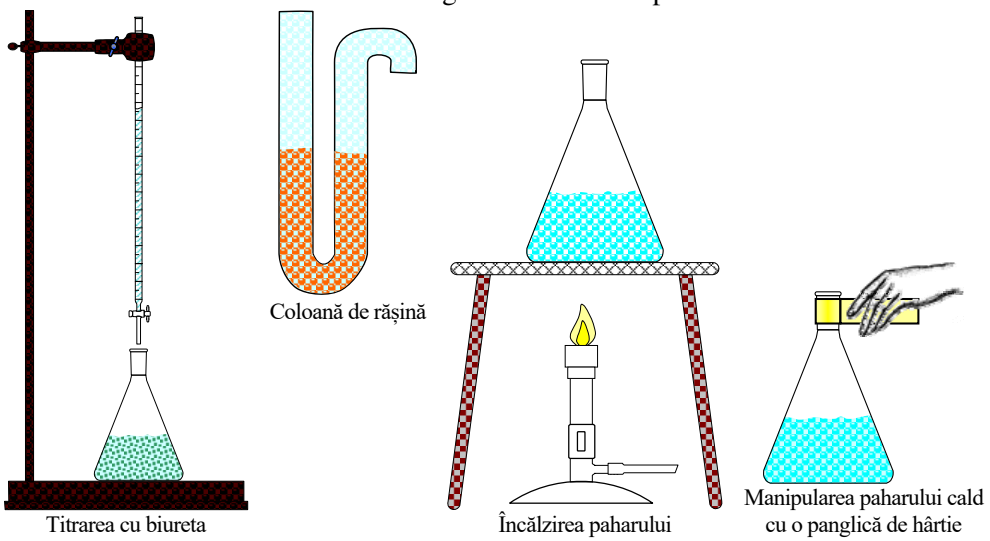
Duritatea apei este datorată prezenței ionilor de Ca^{2+} și Mg^{2+}. Metoda preferată pentru determinarea durității este de o calcula din rezultatele determinărilor separate a conținutului în calciu ([Ca^{2+}] în mg/L) și magneziu ([Mg^{2+}] în mg/L) și o alternativă este metoda titrimetrică cu EDTA - acidul etilendiamintetraacetic și sarea lui de sodiu (cu abrevierea EDTA) formează un complex chelatic solubil când este adăugat peste o soluție de ioni bivalenți (M^{2+}).

11.1.2 Scop

Se va determina aciditatea, alcalinitatea și duritatea totală a apei de la robinet.

11.1.3 Experiment

Fig. 11.1: Titrarea apelor



11.1.4 Concepte

[S] este o notație pentru concentrația speciei chimice S, exprimată mai jos în mg/L

- Aciditatea este determinată prin titrare cu hidroxid de sodiu (NaOH). Aciditatea determinată în prezența metil-orange-ului (punctul de sfârșit la pH de 3.7) corespunde la neutralizarea acizilor minerali, fiind numită aciditate minerală, în timp ce aciditatea determinată în prezența fenolftaleinei (punct de sfârșit la pH de 8.3) corespunde la neutralizarea acidului carbonic la bicarbonații fiind numită aciditate totală.
- Alcalinitatea este determinată prin titrare cu acid clorhidric (HCl). Alcalinitatea determinată în prezența fenolftaleinei (punct de sfârșit la pH de 8.3) corespunde la $[HO^-] + {}^1/_2[CO_3^{2-}] + {}^1/_3[PO_4^{3-}]$ fiind numită alcalinitate parțială, în timp ce alcalinitatea determinată în prezența metil-orange-lui (punct de sfârșit la pH de 3.7) corespunde la $[HO^-] + [CO_3^{2-}] + {}^2/_3[PO_4^{3-}]$, fiind numită alcalinitate totală.
- Pentru duritatea totală soluția împreună cu o cantitate mică de sare neutră de magneziu cu EDTA este titrată cu EDTA, când ionii de Ca^{2+} și alți M^{2+} vor fi complexați de EDTA; când toți ionii de M^{2+} sunt complexați, soluția își schimbă culoarea de la roșu-vișiniu la albastru, marcând punctul de final al titrării;
- Dedurizarea apei se efectuează cu coloane de rășini schimbătoare de ioni puternic acide (de obicei grupări ale acidului sulfonic, HSO_3R, cum ar fi polistiren-sulfonat de sodiu).

Dedurizarea are ca scop înlocuirea ionilor de Mg^{2+} și Ca^{2+} din apă cu ioni de Na^{+}: $NaSO_3R + Ca^{2+} \rightarrow Ca(SO_3R)_2 + 2Na^{+}$.

11.1.5 Reacții chimice

Fig. 11.2: Măsurători de aciditate a apei

Aciditatea apei cu conținut de anioni	
Apă cu conținut de anioni + NaOH Aciditate minerală (cu metil-orange, pH ~ 3.7)	Apă cu conținut de anioni + NaOH Aciditate totală (cu fenolftaleină, pH ~ 8.3)
De la acizi tari (SO_4^{2-}, Cl^-, NO_3^-, etc.) $2NaOH + SO_4^{2-} \rightarrow Na_2SO_4 + 2HO^-$ $NaOH + Cl^- \rightarrow NaCl + HO^-$ $NaOH + NO_3^- \rightarrow NaNO_3 + HO^-$	De la acizi slabi (CO_3^{2-}, CH_3COO^-, $HCOO^-$, etc.) $NaOH + CO_3^{2-} \rightarrow NaHCO_3^- + HO^-$ $NaOH + CH_3COO^- \rightarrow CH_3COONa + HO^-$ $NaOH + HCOO^- \rightarrow HCOONa + HO^-$
minerală	totală = minerală + slabă
Rezultatele sunt raportate în mg $CaCO_3$/L: Aciditate = $50000 \cdot c_{NaOH} \cdot V_{NaOH} / V_{proba}$	

Fig. 11.3: Măsurători de alcalinitate a apei

Alcalinitatea apei cu conținut de cationi	
Apă cu conținut de cationi + HCl Alcalinitate parțială (cu fenolftaleină, pH ~ 8.3)	Apă cu conținut de cationi + HCl Alcalinitate totală (cu metil-orange, pH ~ 3.7)
$HCl + HO^- \rightarrow H_2O + Cl^-$ $HCl + CO_3^{2-} \rightarrow HCO_3^- + Cl^-$ $HCl + PO_4^{3-} \rightarrow HPO_4^{2-} + Cl^-$	$HCl + HO^- \rightarrow H_2O + Cl^-$ $2HCl + CO_3^{2-} \rightarrow H_2CO_3 + 2Cl^-$ $2HCl + PO_4^{3-} \rightarrow H_2PO_4^- + 2Cl^-$
Parțială = $[HO^-] + ½[CO_3^{2-}] + {}^1/_3[PO_4^{3-}]$	Totală = $[HO^-] + [CO_3^{2-}] + {}^2/_3[PO_4^{3-}]$
Rezultatele sunt raportate în mg $CaCO_3$/L : Alcalinitate = $50000 \cdot c_{HCl} \cdot V_{HCl} / V_{proba}$	

Fig. 11.4: Măsurători de duritate a apei

Duritatea apei cu conținut de Mg^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{2+}, etc. (M^{2+})	
Apă cu conținut de M^{2+} + EDTA Duritate temporară ($Mg^{2+} + Ca^{2+} + M^{2+}$) $H_4EDTA + 4HCO_3^- \rightarrow EDTA^{4-} + 4H_2CO_3$	Apă cu conținut de M^{2+} + EDTA Duritate permanentă ($Mg^{2+} + M^{2+}$) $H_4EDTA + 2CO_3^{2-} \rightarrow EDTA^{4-} + 2H_2CO_3$
$H_2EDTA^{2-} + M(HCO_3)_2 \rightarrow [M(EDTA)]^{2-} + 2H_2CO_3$	$H_2EDTA^{2-} + M(CO_3) \rightarrow [M(EDTA)]^{2-} + H_2CO_3$
Duritate temporară = $[Ca^{2+}] + [M^{2+}]$	Duritate permanentă = $[M^{2+}]$
Rezultatele sunt raportate în mg $CaCO_3$/L : Duritate = $100000 \cdot c_{HCl} \cdot V_{HCl} / V_{proba}$	

11.1.6 Procedura

Pentru aciditatea minerală se vor parcurge etapele următoare (pentru două probe de aproximativ 100 ml apă de la robinet):

- Într-un pahar Erlenmeyer (cu volumul de 300 ml) se va lua o probă de apă; se notează volumul acesteia (V_{proba});
- Se adaugă o picătură de metil-orange ca și indicator;

- Se notează în tabelul următor volumul de NaOH de pe biuretă (V_{ini});
- Se titrează proba de apă cu NaOH până în momentul în care se observă o schimbare de culoare;
- Se notează volumul de NaOH pe biuretă (V_{fin}) în tabelul de date.

Pentru aciditatea totală se repetă etapele de la 'aciditatea minerală' înlocuind 'indicatorul metil-orange' cu 'indicatorul fenolftaleină'.

Pentru alcalinitatea totală se repetă etapele de la 'aciditatea minerală' înlocuind 'NaOH' cu 'HCl'.

Pentru alcalinitatea parțială se repetă etapele de la 'aciditatea minerală' înlocuind 'NaOH' cu 'HCl' și 'indicatorul metil-orange' cu 'indicatorul fenolftaleină'.

Pentru duritatea și dedurizarea apei două probe de apă de robinet cu volumul de 100 ml):

- Într-un pahar Erlenmeyer (cu volumul de 300 ml) se va lua o probă de apă; se notează volumul acesteia (V_{proba});
- Se adaugă cu 2 mL de HCl mai mult decât media volumelor ($V_{fin} - V_{ini}$) necesare pentru alcalinitatea parțială;
- Se fierbe proba din pahar timp de 5 minute;
- Se adaugă 2 ml NaOH;
- Se adaugă 2 ml soluție tampon (NH_4OH) (pentru a obține un pH de 10 ± 0.1);
- Se adaugă câteva cristale de indicator eriocrom negru T (până când soluția devine slab colorată);
- Se notează în tabelul următor volumul de EDTA de pe biuretă (V_{ini});
- Se titrează proba de apă cu EDTA până în momentul în care se observă o schimbare de culoare;
- Se notează în tabelul următor volumul de EDTA de pe biuretă (V_{fin}).

Pentru dedurizare se adaugă apă de la robinet peste coloana cu rășină pentru a colecta două probe și apoi se repetă procedura de determinare a durității cu apa dedurizată, valorile se completează în tabelul de date.

Date experimentale:

Analiza	Indicator	Titrat	V_{proba} mL	Titrant	V_{ini} mL	V_{fin} mL	$\frac{V_{fin}-V_{ini}}{V_{proba}}$	Med$\left(\frac{V_{fin}-V_{ini}}{V_{proba}}\right)$
aciditatea minerală	metil orange	Proba (apa)	1:	NaOH				$r_1 =$
			2:					
aciditatea totală	fenol-ftaleina	Proba (apa)	1:	NaOH				$r_2 =$
			2:					
alcalinitatea totală	metil orange	Proba (apa)	1:	HCl				$r_3 =$
			2:					
alcalinitatea parțială	fenol-ftaleina	Proba (apa)	1:	HCl				$r_4 =$
			2:					
duritate apa normală	eriocrom negru T	Proba (apa)	1:	EDTA				$r_5 =$
			2:					
duritate apa dedurizată	eriocrom negru T	Proba (apa)	1:	EDTA				$r_6 =$
			2:					

11.1.7 Analiza datelor

Dacă apa conține numai HO^-, HCO_3^- și CO_3^{2-} ca baze semnificative, atunci cantitatea de ioni H^+ necesară pentru atingerea punctului final al fenolftaleinei este egală cu cantitatea de ioni HO- plus cantitatea de ioni CO_3^{2-} prezenți în mod obișnuit ($H^+ + HO^- \rightleftharpoons H_2O; H^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons HCO_3^-$, deoarece la pH = 8.3 unde fenolftaleina își schimbă culoarea majoritatea alcalinității va fi sub formă de HCO_3^-. Orice ioni HO^- sau CO_3^{2-} rămași vor fi egalați exact prin cantitatea echivalentă de CO_2.

Pentru a atinge punctul final al metil-orange-lui, trebuie adăugată o cantitate suplimentară de H^+ cantității prezente de ioni HCO_3^- la punctul final al fenolftaleinei: $H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3$; $H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$. Aceasta va fi egală cu cantitatea de ioni HCO_3^- plus ionii CO_3^{2-} prezenți în mod obișnuit, din moment ce carbonatul a fost convertit în totalitate în bicarbonat în prima etapă, și astfel se poate efectua calculul concentrațiilor acestor specii.

Calculele aproximative din alcalinitatea apei:

Alcalinitate	Pentru $r_3/r_4 \leq 2$	Pentru $2 \leq r_3/r_4$
Din HO^-	2 · (parțială) - (totală)	0
Din CO_3^{2-}	2 · (totală - parțială)	2 · (parțială)
Din CO_3^{2-}	0	2 · (totală - parțială)

Spre deosebire de duritatea permanentă, duritatea temporară poate fi redusă prin fierberea apei, când se favorizează formarea de carbonat din bicarbonat și precipită carbonatul de calciu din soluție.

Astfel, pornind de la rezultatele experimentale trebuie efectuate calcule bazate pe formulele date, și rezultatele se vor trece în buletinul de analiza apei.

Buletin de analiză a apei:

Cantitatea	Valoarea	Unitatea de măsură
Soluții utilizate		
Concentrația soluției de NaOH		
Concentrația soluției de HCl		
Concentrația soluției de EDTA		
Aciditate și alcalinitate		
Aciditate minerală		mg/L $CaCO_3$
Aciditate totală		mg/L $CaCO_3$
Diferență (acizi slabi)		mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate parțială		mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate totală		mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din HO^-		mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din HCO_3^-		mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din CO_3^{2-}		mg/L $CaCO_3$
Duritatea permanentă a apei		
Apă normală		mg/L $CaCO_3$
Apă dedurizată		mg/L $CaCO_3$

11.2 Exemple de calcul

$M(CaCO_3)$ = 100 g/mol; $n_{e^-}(CaCO_3)$ = 2 Eq/mol; 1000 mg/g $\cdot M(CaCO_3)/n_{e^-}$ = 1000 $mg/g \cdot$ 100 g/mol/2 Eq/mol = 50000 mg/Eq; $< c. >_{SI}$= mol/L

11.3 Exemplul de calcul 1

Date experimentale:

Analiza	Indicator	Titrat	V_{proba} mL	Titrant	V_{ini} mL	V_{fin} mL	$\frac{V_{fin}-V_{ini}}{V_{proba}}$	Med$\left(\frac{V_{fin}-V_{ini}}{V_{proba}}\right)$
aciditatea minerală	metil orange	Proba (apa)	1: 105	NaOH	2.8	5.6	0.02667	$r_1 = 0.02652$
			2: 110		5.6	8.5	0.02636	

aciditatea totală	fenol-ftaleina	Proba (apa)	1:110	NaOH	8.5	11.5	0.02909	r_2 =0.02931
			2: 105		11.5	14.6	0.02952	
alcalinitatea totală	metil orange	Proba (apa)	1:100	HCl	1.9	4.6	0.02700	r_3 =0.02636
			2:105		4.6	7.3	0.02571	
alcalinitatea parțială	fenol-ftaleina	Proba (apa)	1: 105	HCl	7.3	9.6	0.02190	r_4 =0.02295
			2:100		9.6	12.0	0.02400	
duritate apa normală	eriocrom negru T	Proba (apa)	1:110	EDTA	6.6	8.9	0.02091	r_5 =0.02045
			2:120		8.9	11.3	0.02000	
duritate apa dedurizată	eriocrom negru T	Proba (apa)	1:110	EDTA	13.3	13.7	0.00364	r_6 =0.00348
			2:120		13.7	14.1	0.00333	

Buletin de analiză a apei:

Cantitatea	Valoarea	Unitatea de măsură
Soluții utilizate		
Concentrația soluției de NaOH	0.1	mol/L
Concentrația soluției de HCl	0.1	mol/L
Concentrația soluției de EDTA	0.1	mol/L
Aciditate și alcalinitate		
Aciditate minerală	132.6	mg/L $CaCO_3$
Aciditate totală	146.5	mg/L $CaCO_3$
Diferență (acizi slabi)	14.0	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate parțială	114.8	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate totală	131.8	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din HO^-	97.7	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din HCO_3^-	0.0	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din CO_3^{2-}	34.0	mg/L $CaCO_3$
Duritatea permanentă a apei		
Apă normală	204.5	mg/L $CaCO_3$
Apă dedurizată	34.8	mg/L $CaCO_3$

Aciditate minerală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{5.6-2.8}{105} + \frac{8.5-5.6}{110}}{2} = 0.02652\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}}$$

$$\begin{aligned} \textit{Aciditate minerală} &= 50000 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.02652\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ &= 132.6\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{aligned}$$

Aciditate totală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{11.5-8.5}{110} + \frac{14.6-11.5}{105}}{2} = 0.02931\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}}$$

$$\begin{aligned} \textit{Aciditate totală} &= 50000 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.02931\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ &= 146.5\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{aligned}$$

Alcalinitate parțială:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{9.6-7.3}{105} + \frac{12.0-9.6}{100}}{2} = 0.02295\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}}$$

$$\begin{aligned} \textit{Alcalinitate parțială} &= 50000 \cdot c_{\text{HCl}} \cdot \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.02295\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ &= 114.8\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{aligned}$$

Alcalinitate totală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{4.6-1.9}{100} + \frac{7.3-4.6}{105}}{2} = 0.02636\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}}$$

$$\begin{aligned} \textit{Alcalinitate totală} &= 50000 \cdot c_{\text{HCl}} \cdot \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.02636\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ &= 131.8\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{aligned}$$

Duritate apa normală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{8.9-6.6}{110} + \frac{11.3-8.9}{120}}{2} = 0.02045\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}}$$

$$\begin{aligned} \textit{Duritate apa normală} &= 100000 \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}} = 100000 \cdot 0.1 \cdot 0.02045\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ &= 204.5\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{aligned}$$

Duritate apa dedurizată:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{13.7-13.3}{110} + \frac{14.1-13.7}{120}}{2} = 0.00348\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}}$$

$$\begin{aligned} \textit{Duritate apa dedurizată} &= 100000 \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}} = 100000 \cdot 0.1 \cdot 0.00348\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ &= 34.8\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{aligned}$$

$$\frac{\textit{Alcalinitate totală}}{\textit{Alcalinitate parțială}} = \frac{r_3}{r_4} = \frac{2636}{2295} = 1.15 < 2 \implies$$

$$\begin{aligned} Alcalinitate(\text{HO}^-) &\approx 2 \cdot \textit{parțială} - \textit{totală} = 2 \cdot 114.8\ \text{mg/L CaCO}_3 - 131.8\ \text{mg/L CaCO}_3 = \\ &= 97.7\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ Alcalinitate(\text{CO}_3^{2-}) &\approx 2 \cdot (\textit{totală} - \textit{parțială}) = 2 \cdot (131.8 - 114.8)\ \text{mg/L CaCO}_3 = \\ &= 34.0\ \text{mg/L CaCO}_3 \\ Alcalinitate(\text{HCO}_3^-) &\approx 0\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{aligned}$$

11.4 Exemplul de calcul 2

Date experimentale:

Analiza	Indicator	Titrat	V_{proba} mL	Titrant	V_{ini} mL	V_{fin} mL	$\frac{V_{fin}-V_{ini}}{V_{proba}}$	Med$\left(\frac{V_{fin}-V_{ini}}{V_{proba}}\right)$
aciditatea minerală	metil orange	Proba (apa)	1: 105	NaOH	2.8	5.6	0.02667	$r_1 = 0.02652$
			2: 110		5.6	8.5	0.02636	
aciditatea totală	fenol-ftaleina	Proba (apa)	1:110	NaOH	8.5	11.5	0.02909	$r_2 = 0.02931$
			2: 105		11.5	14.6	0.02952	
alcalinitatea totală	metil orange	Proba (apa)	1:100	HCl	1.9	6.9	0.05000	$r_3 = 0.05167$
			2:105		6.9	12.5	0.05333	
alcalinitatea parțială	fenol-ftaleina	Proba (apa)	1: 105	HCl	12.5	14.8	0.02190	$r_4 = 0.02295$
			2:100		14.8	17.2	0.02400	
duritate apa normală	eriocrom negru T	Proba (apa)	1:110	EDTA	6.6	8.9	0.02091	$r_5 = 0.02045$
			2:120		8.9	11.3	0.02000	
duritate apa dedurizată	eriocrom negru T	Proba (apa)	1:110	EDTA	13.3	13.7	0.00364	$r_6 = 0.00348$
			2:120		13.7	14.1	0.00333	

Buletin de analiză a apei:

Cantitatea	Valoarea	Unitatea de măsură
Soluții utilizate		
Concentrația soluției de NaOH	0.1	mol/L
Concentrația soluției de HCl	0.1	mol/L
Concentrația soluției de EDTA	0.1	mol/L
Aciditate și alcalinitate		
Aciditate minerală	132.6	mg/L $CaCO_3$
Aciditate totală	146.5	mg/L $CaCO_3$
Diferență (acizi slabi)	14.0	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate parțială	114.8	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate totală	258.3	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din HO^-	0.0	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din HCO_3^-	229.5	mg/L $CaCO_3$
Alcalinitate aproximativă din CO_3^{2-}	143.6	mg/L $CaCO_3$
Duritatea permanentă a apei		
Apă normală	204.5	mg/L $CaCO_3$
Apă dedurizată	17.4	mg/L $CaCO_3$

Aciditate minerală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{5.6-2.8}{105} + \frac{8.5-5.6}{110}}{2} = 0.02652\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}}$$

$$\textit{Aciditate minerală} = 50000 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.02652\ \text{mg/L CaCO}_3$$
$$= 132.6\ \text{mg/L CaCO}_3$$

Aciditate totală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{11.5-8.5}{110} + \frac{14.6-11.5}{105}}{2} = 0.02931\ \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}}$$

$$\textit{Aciditate totală} = 50000 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.02931 \text{ mg/L CaCO}_3$$
$$= 146.5 \text{ mg/L CaCO}_3$$

Alcalinitate parțială:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{14.8-12.5}{105} + \frac{17.2-14.8}{100}}{2} = 0.02295 \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}}$$

$$\textit{Alcalinitate parțială} = 50000 \cdot c_{\text{HCl}} \cdot \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.02295 \text{ mg/L CaCO}_3$$
$$= 114.8 \text{ mg/L CaCO}_3$$

Alcalinitate totală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{6.9-1.9}{100} + \frac{12.5-6.9}{105}}{2} = 0.05167 \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}}$$

$$\textit{Alcalinitate totală} = 50000 \cdot c_{\text{HCl}} \cdot \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{proba}} = 50000 \cdot 0.1 \cdot 0.05167 \text{ mg/L CaCO}_3$$
$$= 258.3 \text{ mg/L CaCO}_3$$

Duritate apa normală:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{8.9-6.6}{110} + \frac{11.3-8.9}{120}}{2} = 0.02045 \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}}$$

$$\textit{Duritate apa normală} = 100000 \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}} = 100000 \cdot 0.1 \cdot 0.02045 \text{ mg/L CaCO}_3$$
$$= 204.5 \text{ mg/L CaCO}_3$$

Duritate apa dedurizată:

$$r_1 = \frac{\frac{V_{fin,1}-V_{ini,1}}{V_{proba,1}} + \frac{V_{fin,2}-V_{ini,2}}{V_{proba,2}}}{2} = \frac{\frac{13.7-13.3}{110} + \frac{14.1-13.7}{120}}{2} = 0.00348 \frac{\text{mL}}{\text{mL}} = \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}}$$

$$\textit{Duritate apa dedurizată} = 100000 \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot \frac{V_{\text{EDTA}}}{V_{proba}} = 100000 \cdot 0.1 \cdot 0.00348 \text{ mg/L CaCO}_3$$
$$= 34.8 \text{ mg/L CaCO}_3$$

$$\frac{\textit{Alcalinitate totală}}{\textit{Alcalinitate parțială}} = \frac{r_3}{r_4} = \frac{5167}{2295} = 2.25 > 2 \implies$$

$$\textit{Alcalinitate}(\text{HO}^-) \approx 0$$
$$\textit{Alcalinitate}(\text{CO}_3^{2-}) \approx 2 \cdot \textit{parțială} = 2 \cdot 114.8 \text{ mg/L CaCO}_3 =$$
$$= 229.5 \text{ mg/L CaCO}_3$$
$$\textit{Alcalinitate}(\text{HCO}_3^-) \approx \textit{totală} - \textit{parțială} = 258.3 \text{ mg/L CaCO}_3 - 114.8 \text{ mg/L CaCO}_3 =$$
$$= 143.6 \text{ mg/L CaCO}_3$$

II Întrebări

12 Prelevarea probelor 107

13 Analiza calitativă 109

14 Difuzia moleculară 113

15 Volumul molar 117

16 Coroziunea 119

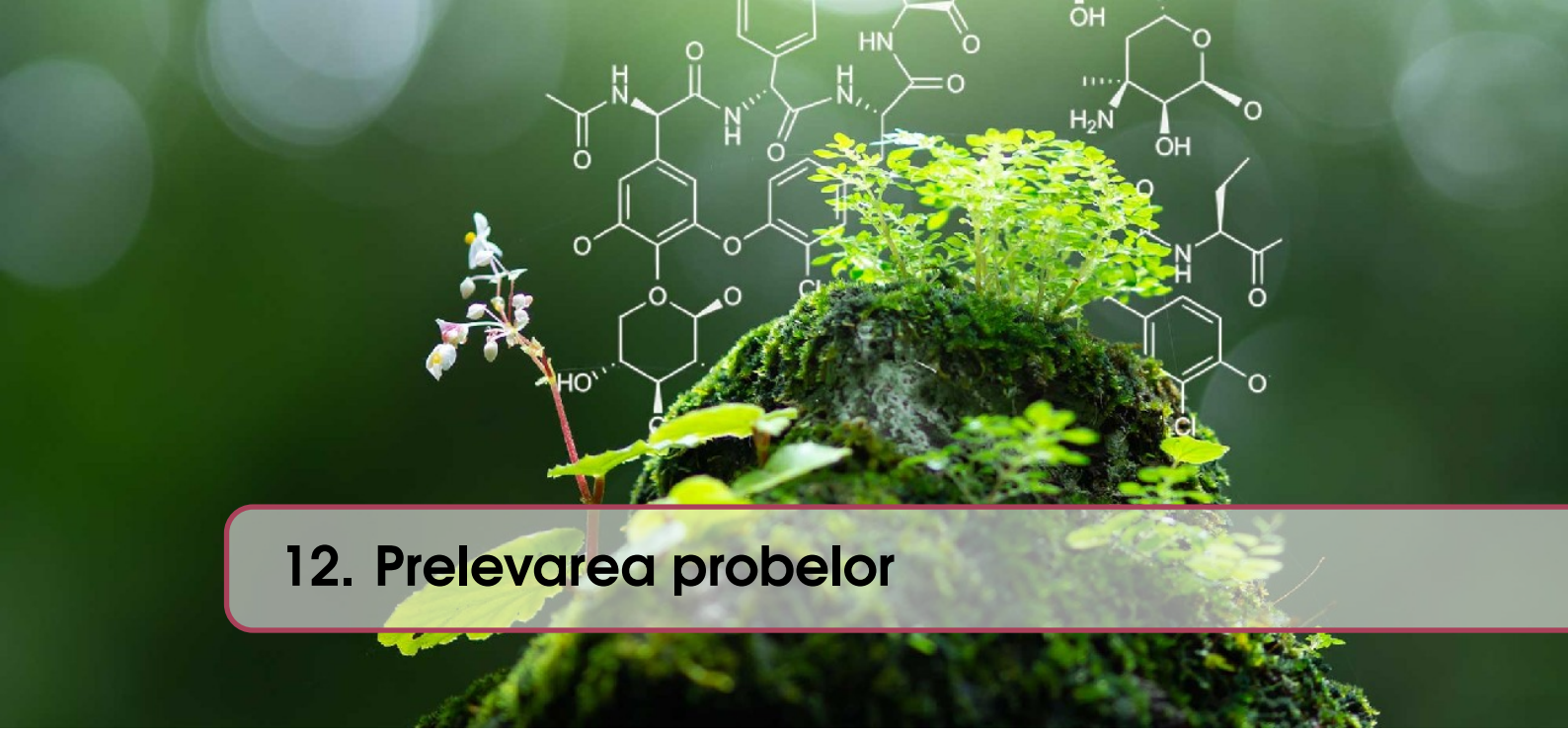
17 Nichelarea 121

18 Potențialul electrochimic 123

19 Soluții 125

20 Analiza apelor 127

În această secțiune sunt formulate o serie de întrebări din experimentele de mai sus. La fiecare întrebare există și o serie de răspunsuri. Dintre răspunsuri nu toate sunt adevărate!



12. Prelevarea probelor

1. Prelevarea probelor:
   - poate fi precedată de uscare
   - poate fi urmată de uscare
   - poate fi precedată de cântărire
   - poate fi urmată de cântărire
   - poate fi precedată de întocmirea unui plan statistic care să asigure reprezentativitate
   - poate fi urmată de întocmirea unui plan statistic care să asigure reprezentativitate
   - poate fi precedată de întocmirea unui plan statistic care să asigure șanse egale
   - poate fi urmată de întocmirea unui plan statistic care să asigure șanse egale
2. Metodele de prelevare a probelor gazoase includ:
   - extinderea într-un container
   - înlocuirea unui lichid
   - spălarea
   - uscarea
   - comprimarea într-un container
   - înlocuirea cu un lichid
3. La vasele colectoare de probe gazoase trebuie cunoscut:
   - volumul vasului
   - masa vasului
   - presiunea gazului
   - temperatura gazului
   - culoarea gazului
   - compoziția gazului
   - umiditatea mediului
   - gradul de uzură al vasului
4. Reacții posibile la determinarea cationilor și anionilor din aer sunt:
   - $X^{x+} + HO^- \rightleftharpoons X(OH)_x$ pentru anioni
   - $X^{x-} + H^+ \rightleftharpoons H_xX$ pentru anioni
   - $X^{x+} + HO^- \rightleftharpoons X(OH)_x$ pentru cationi
   - $X^{x-} + H^+ \rightleftharpoons H_xX$ pentru cationi
   - $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + HO^-$ în prezența NaOH
   - $NaOH \rightleftharpoons Na^- + HO^+$ în prezența NaOH

- $HCl \rightleftharpoons H^{+} + Cl^{-}$ în prezența HCl
- $HCl \rightleftharpoons H^{-} + Cl^{+}$ în prezența HCl

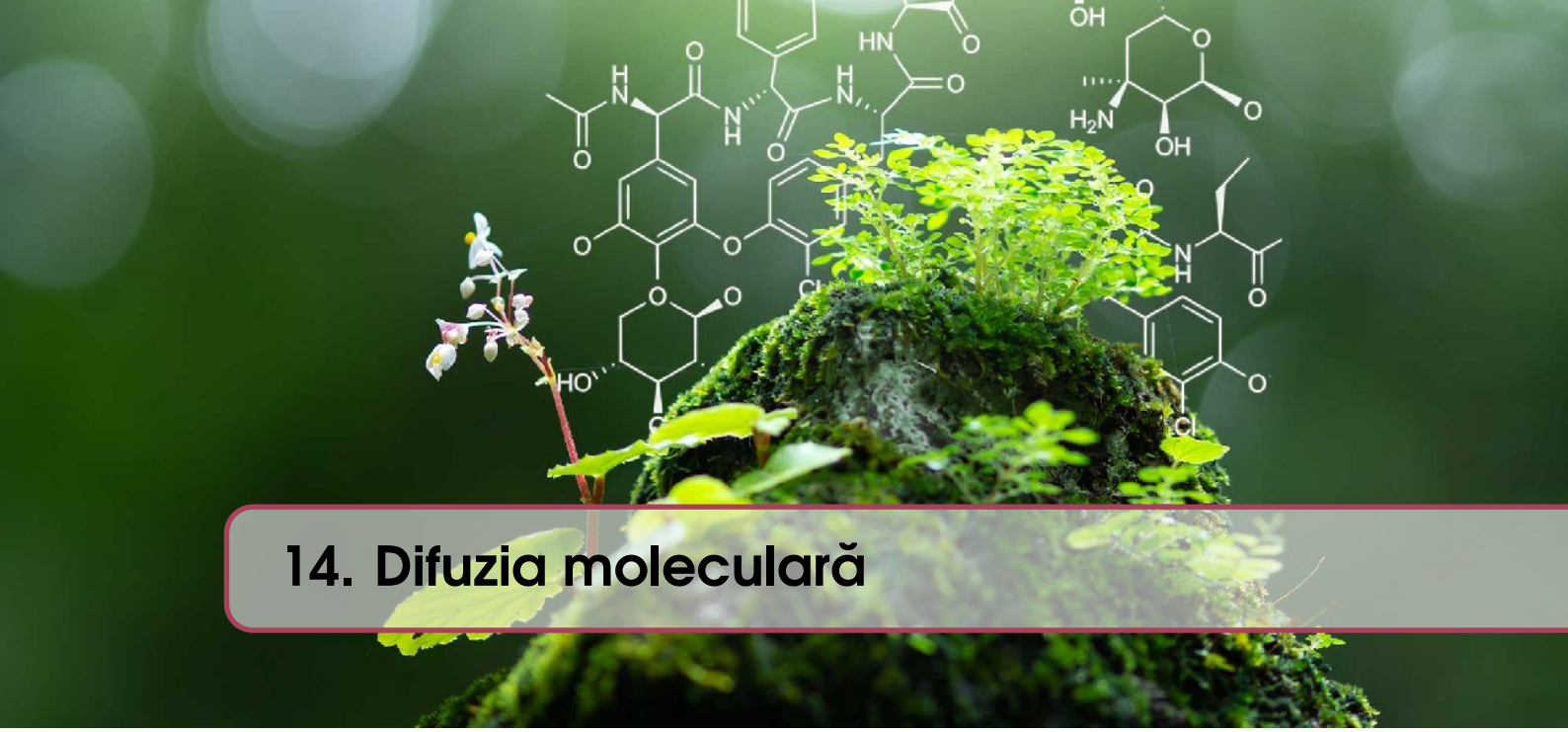
13. Analiza calitativă

1. De ce umezim hârtia cu soluție de azotat de sodiu?
    - să fie tăiată cu ușurință cu foarfeca
    - pentru ca hârtia să acționeze ca izolator
    - pentru oprirea după un timp reacției chimice care are loc
    - pentru a acționa ca un electrolit
    - pentru a avea ceva de a face în laborator
    - să ne acomodăm în a utiliza substanțe chimice
    - pentru furniza cationi pentru analiză
    - pentru a permite trecerea curentului electric prin hârtia umezită
2. Această metodă de analiză de metale și aliaje este:
    - o metodă distructivă de analiză
    - o metodă cantitativă de analiză
    - o metodă gravimetrică de analiză
    - o metodă nedistructivă de analiză
    - prea veche pentru a fi utilizată în prezent în laborator
    - utilă pentru metale pure, nu atât de utilă pentru aliaje
    - utilă pentru aliaje, nu atât de utilă pentru metale
    - utilă atât pentru metale și aliaje
    - nu este utilă nici pentru metale nici pentru aliaje
    - o metodă calitativă de analiză
3. Când circuitul electric este închis:
    - curentul electric trece prin probă și hârtie
    - curentul electric evită proba și hârtia
    - elementele din metalele sunt trecute în soluție sub formă de cationi
    - elemente din metalele sunt trecute în soluție sub formă de anioni
    - suprafața probei este cu rapiditate acoperită de un strat protector de electroni
    - disocierea apei este inhibată
    - elemente din soluție sunt trecute în probă ca metale
    - anionii din soluție sunt trecuți în probă ca metale
    - cationii din soluție sunt trecuți în probă ca metale
    - elementele din metalele sunt trecute în soluție sub formă de ioni
4. Când aluminiul este identificat:
    - folosirea hidroxidului de amoniu este suficientă pentru a avea indicii clare cu privire la

prezența aluminiului
- folosirea alizarinei, împreună cu hidroxidul de amoniu oferă un indiciu mai selectiv cu privire la prezența aluminiului
- folosirea alizarinei, împreună cu hidroxidul de amoniu oferă un complex colorat roșu
- ar trebui să fie luate măsuri de precauție suplimentare deoarece talerele sunt realizate de asemenea din aluminiu
- prezența altor ioni poate produce un rezultat fals pozitiv
- prezența altor ioni poate produce un rezultat fals negativ
- prezența altor ioni poate produce un rezultat adevărat negativ
- prezența altor ioni poate produce un rezultat adevărat pozitiv
- doar o reacție de identificare este posibilă
- există multe reacții posibile de identificare
- este identificat ca cationul Al^{3+}
- este identificat ca cationul Al^{2+}
- este identificat ca cationul Al^{1+}

5. Înainte de analiza probei, hârtia necesită ca:
   - să fie acidulată
   - să fie tăiată în bucăți mici
   - să fie uscată
   - să fie arsă
   - să fie testată
   - să fie cântarită
   - să i se măsoare suprafața
   - să fie umezită cu un electrolit
6. Când plumbul este identificat:
   - apare un complex albastru
   - apare un complex roșu-brun
   - apare un complex galben
   - apare un complex violet
   - se observă o eliberare de caldură
   - sunt utilizate substanțe periculoase
   - ar trebui să fie luate măsuri de precauție pentru deseurile toxice eliminate
   - interferența altor ioni poate afecta rezultatul
   - reacțiile utilizate în mod clar îi indică prezența
7. Sarcinile electrice ce apar la trecerea metalelor în soluție pot fi:
   - Fe^{3+}; Ni^{2+}; Cu^{2+}; Zn^{2+}; Co^{2+}; Cr^{3+}
   - Fe^{2+}; Ni^{2+}; Cu^{2+}; Zn^{2+}; Co^{2+}; Cr^{3+}
   - Fe^{2+}; Ni^{3+}; Cu^{1+}; Zn^{3+}; Co^{3+}; Cr^{2+}
   - Fe^{2+}; Ni^{1+}; Cu^{1+}; Zn^{3+}; Co^{2+}; Cr^{6+}
   - Fe^{2+}; Ni^{4+}; Cu^{1+}; Zn^{2+}; Co^{5+}; Cr^{6+}
   - Fe^{2+}; Pb^{2+}; Sn^{4+}; Zn^{2+}; Co^{5+}; Cr^{6+}
   - Fe^{2+}; Co^{2+}; Ni^{2+}; Cu^{2+}; Zn^{2+}; Al^{3+}
   - dependente de intensitatea curentului aplicat la electrograf și compoziția aliajului metalic
8. Electrograful:
   - trece metalele din probă pe hârtia de filtru plasată la catod
   - trece metalele din probă pe hârtia de filtru plasată la anod
   - trece ionii de pe hârtia de filtru în proba plasată la catod
   - trece ionii de pe hârtia de filtru în proba plasată la anod
   - folosește curentul electric pentru deplasarea atomilor metalici din probă în soluție

- folosește curentul electric pentru deplasarea atomilor metalici din soluție în probă
- are electrozii din aluminiu
- are electrozii din teflon



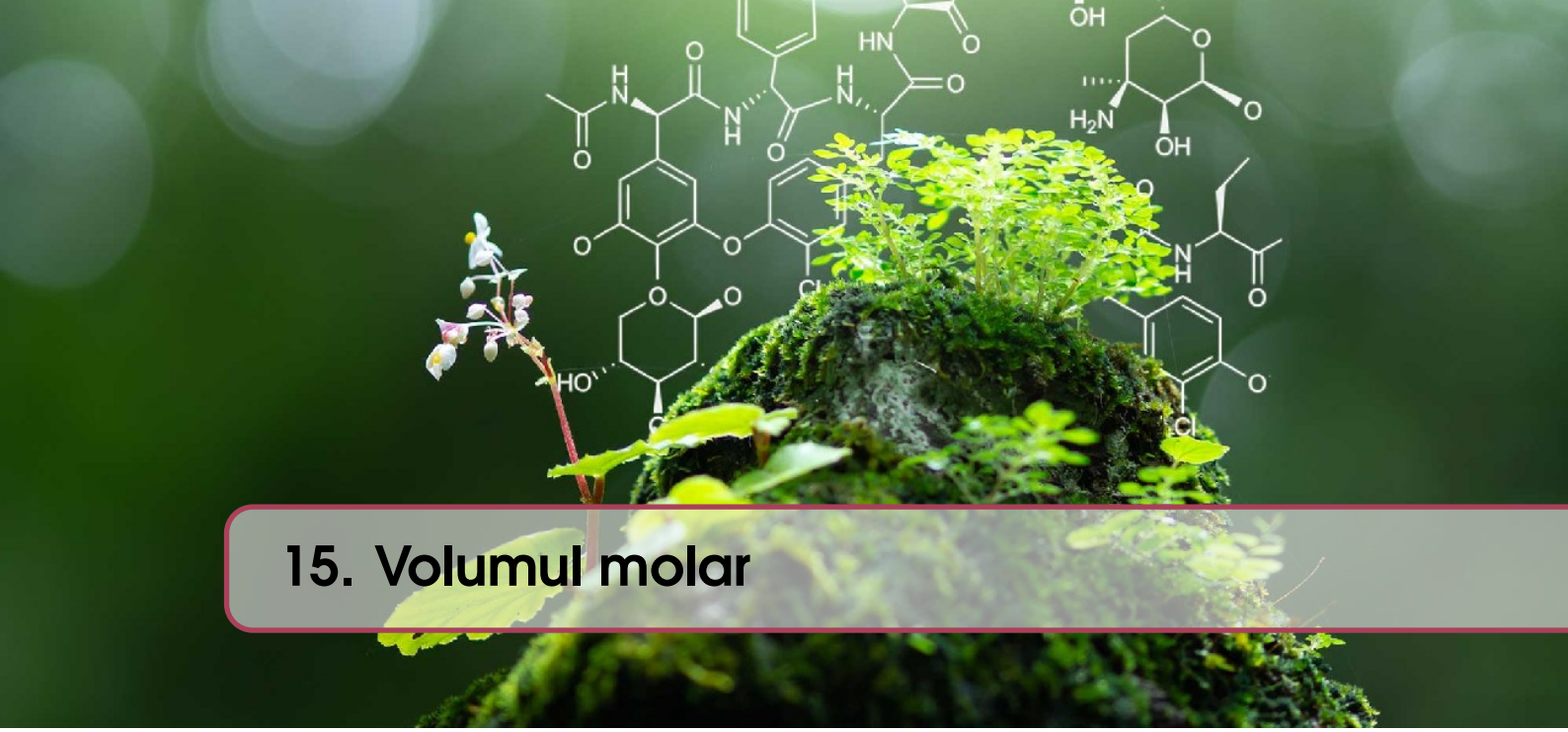
14. Difuzia moleculară

1. Vitezele de difuzie:
   - se calculează din raportul distanțelor măsurate și timp
   - se calculează din raportul coeficienților de difuzie și timp
   - se calculează din raportul vitezelor moleculare și energiilor medii
   - se calculează din raportul energiilor medii și timp
   - sunt mărimi adimensionale ce exprimă abilitatea moleculelor de a se mișca liber
   - sunt mărimi dimensionale ce exprimă mișcarea termică a tuturor particulelor (de lichid sau gaz) la temperaturi peste zero absolut
   - depind de temperatura mediului
   - depind de presiunea mediului
   - depind de volumul vasului
   - depind de densitatea mediului
   - depind de volumul particulelor
   - depind de masa particulelor
   - depind de numărul particulelor
2. Se pot spune următoarele:
   - moleculele au viteze numai în stare gazoasă
   - moleculele au viteze numai în stare gazoasă
   - moleculele au viteze în toate stările gazoasă, lichidă și solidă
   - moleculele au energie în toate stările gazoasă, lichidă și solidă
   - moleculele au energie numai în stare gazoasă
   - moleculele au energie numai în stare gazoasă și lichidă
   - proces de difuzie apare numai în stare gazoasă
   - proces de difuzie apare numai în stare gazoasă și lichidă
   - proces de difuzie apare în toate stările gazoasă, lichidă și solidă
   - energia cinetică a unei molecule este afectată numai de temperatură
   - energia cinetică a unei molecule este afectată de temperatură și presiune
   - energia cinetică a unei molecule este afectată de temperatură, presiune și dimensiunea moleculei
3. Timpul necesar pentru formarea inelului în experiment este dependent de:
   - viteza de difuzie a fiecărei specii implicate
   - viteza la modă sau energia la modă a fiecărei specii implicate
   - energia medie sau viteza medie a fiecărei specii implicate

- vitezele reale și nu vitezele virtuale ale fiecărei specii implicate
- vitezele virtuale și nu vitezele reale ale fiecărei specii implicate
- concentrațiile soluțiilor utilizate
- propagarea speciilor ca ionii și nu ca și molecule neutre
- propagarea speciilor ca și molecule neutre și nu ca și ioni
- lungimea tubului și nu lățimea tubului
- lățimea tubului și nu lungimea tubului
- lungimea tubului și lățimea tubului

4. Poziția inelului în experiment:
   - este dependentă de viteza de difuzie a fiecărei specii implicate
   - este dependentă de viteza la modă sau energia la modă a fiecărei specii implicate
   - este dependentă de energia medie sau viteza medie a fiecărei specii implicate
   - este dependentă de vitezele reale și nu vitezele virtuale ale fiecărei specii implicate
   - este dependentă de vitezele virtuale și nu vitezele reale ale fiecărei specii implicate
   - este influențată de concentrațiile soluțiilor utilizate
   - este dependentă de propagarea speciilor ca ionii și nu ca și molecule neutre
   - este dependentă de propagarea speciilor ca și molecule neutre și nu ca și ioni
   - este dependentă de lungimea tubului și nu de lățimea tubului
   - este dependentă de lățimea tubului și nu de lungimea tubului
   - este dependentă de lungimea tubului și lățimea tubului
   - nu este influențată de concentrațiile soluțiilor utilizate
5. La capetele tubului apar următoarele reacții de echilibru:
   - $HCl + H_2O \rightleftharpoons Cl^- + H_3O^+$
   - $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4{}^+ + HO^-$
   - $NH_3 + HCl \rightleftharpoons NH_4Cl$
   - $NH_4{}^+ + Cl^- \rightleftharpoons NH_4Cl$
   - $H_2O \rightleftharpoons H^+ + HO^-$
   - $H^+ + HO^- \rightleftharpoons H_2O$
6. Ceața observată în timpul experimentului se datorează:
   - iluminării necorespunzătoare în laborator și respirației noastre
   - iluminării necorespunzătoare în laborator sau respirației noastre
   - formării clorurii de amoniu
   - prezenței clorului
   - prezenței amoniacului
   - experimentului nostru proiectat pentru a captura produsul de reacție
7. Cronometrul este utilizat în experiment pentru:
   - să ne țină ocupați
   - măsurarea timpului de difuzie
   - sincronizarea timpilor de difuzie
   - indicarea momentului când trebuie să se acorde atenție experimentului
   - extragerea informațiilor necesare pentru a calcula coeficienții de difuzie
   - extragerea informațiilor necesare pentru calcularea raportului vitezelor
8. Așa cum s-a concluzionat din experiment, moleculele unui gaz la echilibru:
   - au toate aceeași energie
   - au toate aceeași viteză
   - au toate aceeași dimensiune
   - au toate aceeași culoare
   - se deplasează toate în aceeași direcție
   - sunt considerate a fi la aceeași temperatură, dar pot avea viteze diferite

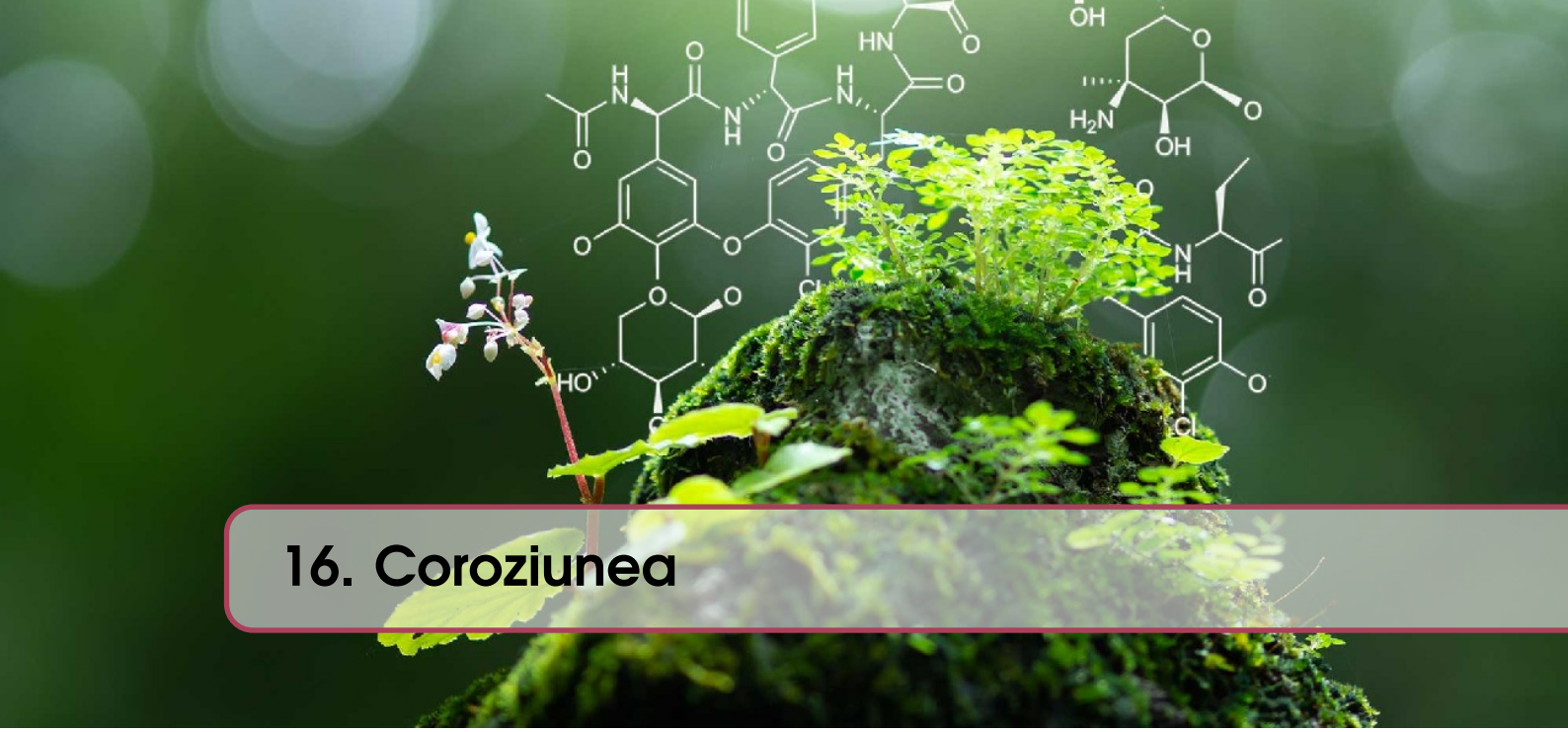
- sunt considerate a fi la aceeași temperatură, dar pot avea diferite energii
- se îndreaptă toate într-o direcție arbitrară



15. Volumul molar

1. Pentru starea gazoasă:
   - avem nevoie pentru a lua măsuri de precauție suplimentare în laborator
   - există o ecuație utilizabilă mereu, p·V = n·R·T
   - presiunea este neschimbată când apare o reacție chimică
   - presiunea se poate modifica atunci când apare o reacție chimică
   - presiunea depinde de modelul care este utilizat pentru o aproxima
   - presiunea este mult mai mare decât în stare lichidă
   - presiunea este mult mai mică decât în stare lichidă
   - presiunea este aproximativ aceeași ca și în stare lichidă
   - presiunea este exact la fel ca și în stare lichidă
   - presiunea se citește de pe barometru
2. O ecuație de stare pentru un gaz real este:
   - o relație între un număr nelimitat de parametri de stare
   - o relație între un anumit număr de parametri de stare
   - o relație derivată pentru a aproxima relația dintre parametrii de stare
   - o relație care este întotdeauna adevarată, independent de valorile parametrilor de stare
   - o relație care ține cont de anumite abateri de la modelul ideal
   - utilizabilă în laborator, dar nu este de a fi utilizată în altă parte
   - o relație care poate implica unele constante dependente de compoziția gazului
   - o relație obținută după efectuarea experimentului
3. În laborator s-a studiat:
   - obținerea de oxigen, folosind reacția $KClO_3 \xrightarrow[t^\circ C]{MnO_2} KCl + O_2$
   - obținerea de ozon, folosind reacția $KClO_3 \xrightarrow[t^\circ C]{MnO_2} KCl + O_3$
   - descompunerea cloratului de potasiu la clorura de potasiu când oxigenul este eliberat
   - descompunerea cloratului de potasiu la clorura de potasiu când ozonul este eliberat
   - descompunerea clorurii de potasiu la cloratul de potasiu când oxigenul este eliberat
   - descompunerea clorurii de potasiu la cloratul de potasiu când ozonul este eliberat
   - creșterea temperaturii unei mase solide la încălzire
   - creșterea presiunii unui gaz la încălzire
   - pierderea din masa unui solid ca urmare a producerii unor gaze
   - producerea unor gaze ca urmare a unei pierderi de masă a unui solid
   - magnitudinea abaterilor diferitelor modele de aproximare a stării gazoase

4. Valorile luate din experimentul efectuat în laborator au indicat că:
   - modelul ideal al unui gaz aproximează cel mai bine comportamentul gazului eliberat
   - modelul ideal al unui gaz aproximează cel mai rău comportamentul gazului eliberat
   - cu cât mai complex este modelul folosit pentru a aproxima comportamentul, cu atât este mai bun este agrementul
   - cu cât mai simplu este modelul folosit pentru a aproxima comportamentul, cu atât este mai bun este agrementul
   - a fost eliberat oxigen ca urmare a descompunerii
   - a fost eliberat ozon ca urmare a descompunerii
   - a fost eliberat aer ca urmare a descompunerii
   - nu avem suficiente informații pentru a decide ce gaz a fost eliberat din reacție
   - avem suficiente informații pentru a decide ce gaz a fost eliberat din reacție
5. Pe baza experienței noastre după efectuarea experimentului, putem spune că oxigenul poate fi obținut din:
   - $KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$
   - $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$
   - $Ag_2O \rightarrow Ag + O_2$
   - $KNO_3 \rightarrow KNO_2 + O_2$
   - $KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$
   - $K_2Cr_2O_7 \rightarrow K_2CrO_4 + Cr_2O_3 + O_2$
   - $KCl + O_2 \rightarrow KClO_3$
   - $H_2O + O_2 \rightarrow H_2O_2$
   - $Ag + O_2 \rightarrow Ag_2O$
   - $KNO_2 + O_2 \rightarrow KNO_3$
   - $K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2 \rightarrow KMnO_4$
   - $K_2CrO_4 + Cr_2O_3 + O_2 \rightarrow K_2Cr_2O_7$
   - distilarea aerului lichid
   - deschiderea unei sticle de apă cu bule

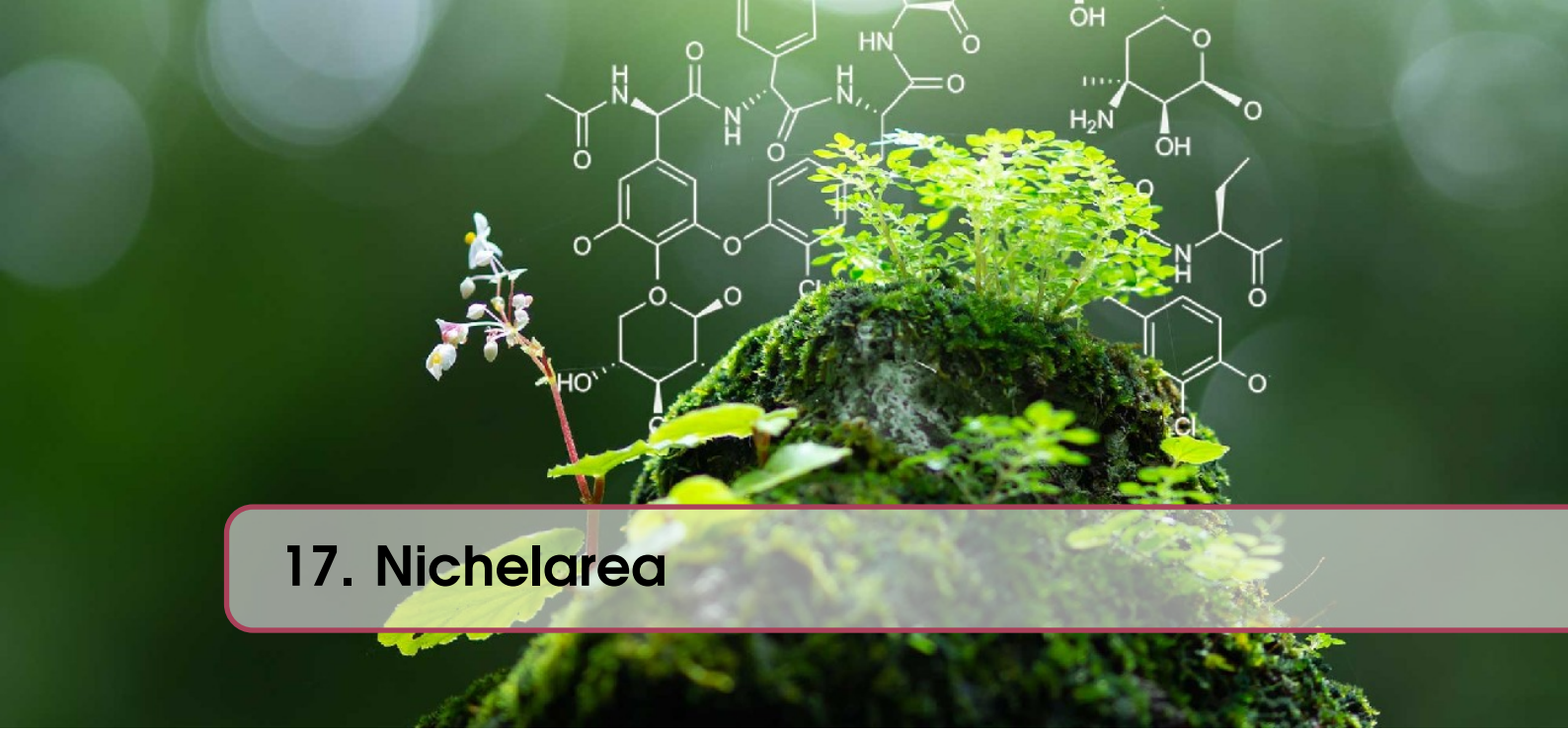


16. Coroziunea

1. Pentru placa de aluminiu:
   - masa este măsurată înainte și după imersia în NaOH
   - suprafața i se măsoară înainte și după imersia în NaOH
   - volumul i se măsoară înainte și după imersia în NaOH
   - a fost degresată în soluție de hidroxid de sodiu
   - a fost corodată în soluție de hidroxid de sodiu
   - este de așteptat să aibă aproximativ aceeasi masă la sfârșitul semestrului ca la începutul acestuia
   - a fost implicată în metoda gravimetrică de analiză a coroziunii
   - a fost implicată în metoda volumetrică de analiză a coroziunii
2. Pentru placa de zinc:
   - masa este măsurată înainte și după imersia în H_2SO_4
   - suprafața i se măsoară înainte și după imersia în H_2SO_4
   - volumul i se măsoară înainte și după imersia în H_2SO_4
   - a fost degresată în soluție de acid sulfuric
   - a fost corodată în soluție de acid sulfuric
   - este de așteptat sa aibă aproximativ aceeasi masă la sfârșitul semestrului ca la începutul acestuia
   - a fost implicată în metoda gravimetrică de analiză a coroziunii
   - a fost implicată în metoda volumetrică de analiză a coroziunii
3. Coroziunea metalelor:
   - este protecția de durată împotriva agenților chimici
   - este un proces benefic care arată stabilitatea metalelor
   - este distrugerea metalelor sub acțiunea factorilor externi
   - este de ajutor în procesul de curătare a suprafețelor metalelor
   - poate furniza materii prime utile pentru analiză
   - are loc pur și simplu prin expunerea la umiditate în aer
   - poate fi redusă prin pasivare
   - poate fi redusă prin galvanizare
4. Care dintre următoarele reacții pot fi numite ca fiind de coroziune:
   - $H^+ + Zn \rightarrow H_2 + Zn^{2+}$
   - $H_2O + HO^- + Al \rightarrow H_2 + Al(OH)_4{}^-$
   - $H^+ + Fe \rightarrow H_2 + Fe^{2+}$

- $H^+ + Ni \rightarrow H_2 + Ni^{2+}$
- $Al_2O_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2$
- $Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe + CO_2$
- $Ni(CO)_4 \rightarrow Ni + CO$
- $ZnO + CO \rightarrow Zn + CO_2$
- $ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$

5. În procesele de coroziune studiate:
   - atunci când un gaz este eliberat volumul său depinde de cantitatea de metal corodat
   - un gaz este eliberat numai la coroziunea zincului
   - un gaz este eliberat numai la coroziunea aluminiului
   - un gaz este eliberat la ambele coroziuni ale zincului și aluminiului
   - întotdeauna metalul își schimbă starea de oxidare
   - metalul își schimbă starea de oxidare pentru a deveni un cation
   - metalul își schimbă starea de oxidare pentru a deveni un anion
   - metalul nu își schimbă starea de oxidare
   - uneori metalul își schimbă starea de oxidare

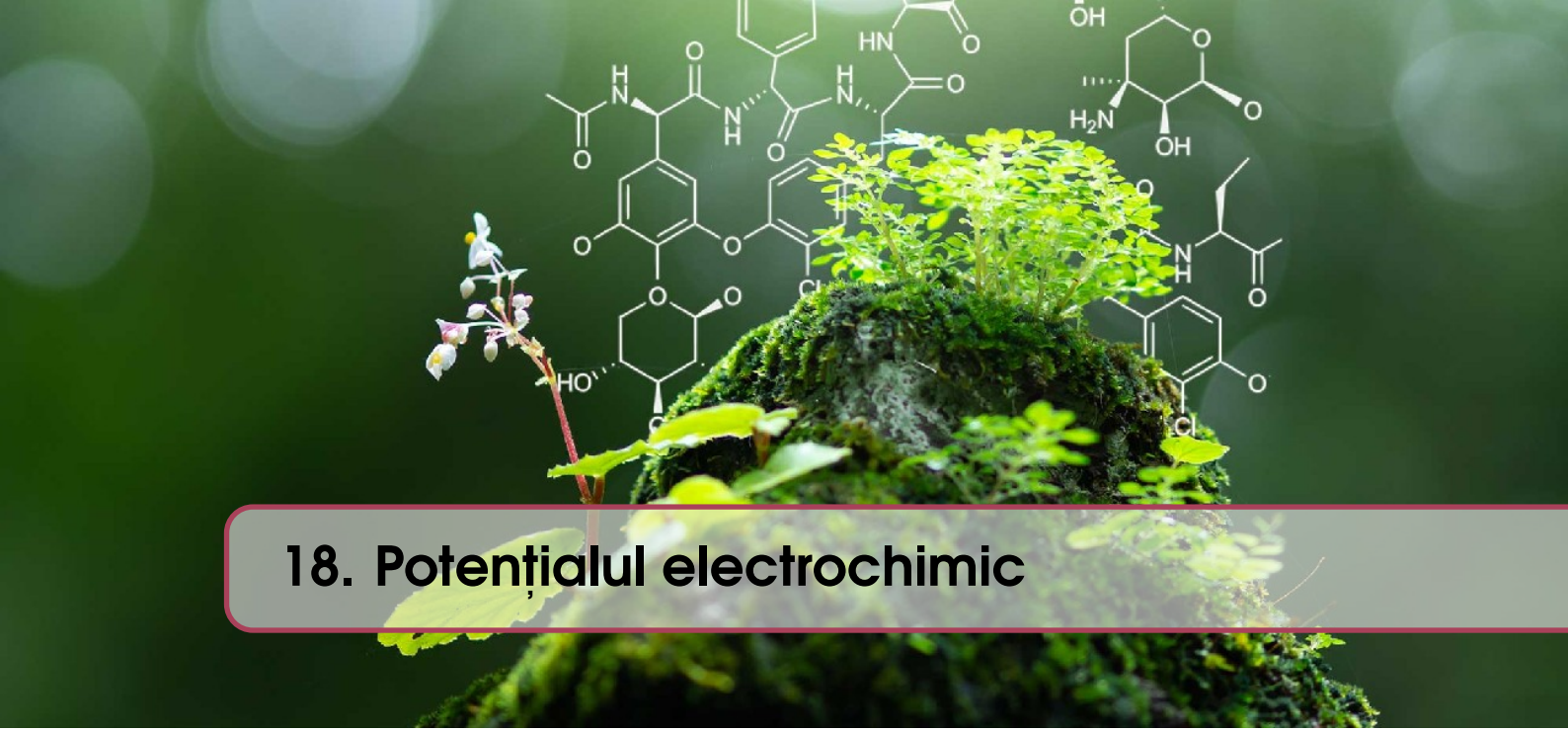


17. Nichelarea

1. La nichelare urmatoarele reacții au avut loc:
   - la catod (-), în contact cu piesa metalică, $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni^0$
   - la anod (+), în contact cu piesa de nichel, $Ni^0 - 2e^- \rightarrow Ni^{2+}$
   - la catod (-), în legatură cu piesa metalică, $Ni^0 - 2e^- \rightarrow Ni^{2+}$
   - la anod (+), în legatură cu piesa de nichel, $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni^0$
   - la densități mari de curent anionii de oxigen (O^{2-}) au tendința de a descărca la anod: $O^{2-} - 2e^- \rightarrow O_2{}^0$
   - la densități mari de curent anionii de oxigen (O^{2-}) au tendința de a descărca la catod: $O^{2-} - 2e^- \rightarrow O_2{}^0$
2. Conductivitatea electrică a soluțiilor de săruri de nichel:
   - este relativ mică
   - este relativ mare
   - este îmbunătățită prin adaosuri de săruri
   - este redusă prin adaosuri de săruri
   - depinde de intensitatea curentului utilizat
   - depinde de potențialul sursei utilizate
3. Intensitatea curentului:
   - trebuie sa fie ajustată când se începe experimentul
   - ar trebui sa fie ajustată de către tehnicieni, nu avem nimic de a face acolo
   - pentru o depunere de calitate depinde de suprafața probei
   - trebuie sa fie calculată înainte de a începe experimentul
   - se calculează după efectuarea experimentului
   - nu afectează nici calitatea nici cantitatea nichelului depus
   - afectează numai calitatea depunerii nichelului
   - afectează numai cantitatea de nichel depus
   - afectează atât calitatea cât și cantitatea nichelului depus
4. Este de așteptat ca masa de nichel depus să fie:
   - mai mare decât cea teoretică calculată
   - mai mică decât cea teoretică calculată
   - mult mai mare decât cea teoretică calculată
   - mult mai mică decât cea teoretică calculată
   - proporțională cu intensitatea curentului utilizat
   - proporțională cu lungimea probei

- proporțională cu timpul de nichelare
- invers proporțională cu intensitatea curentului utilizat
- invers proporțională cu suprafața probei
- invers proporțională cu timpul de nichelare

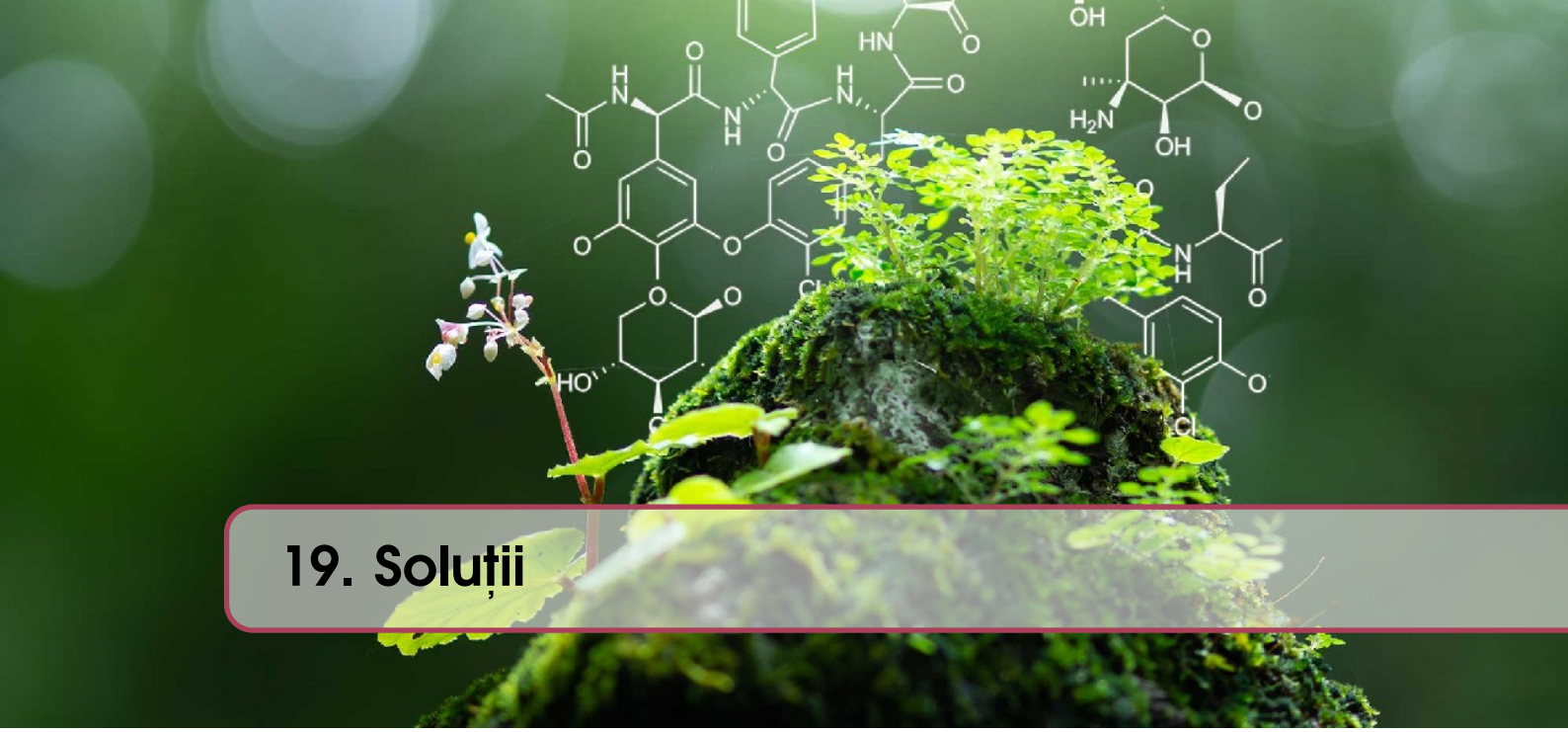
5. Masa teoretică de nichel depus:
    - se calculează folosind legea gazelor perfecte
    - se calculează folosind legea acțiunii maselor
    - se calculează folosind legea soluțiilor
    - se calculează folosind legea electrolizei
    - se calculează folosind conservarea numărului de atomi pentru fiecare element
    - se calculează folosind legea conservării energiei
    - este proporțională cu intensitatea curentului și timpul și invers proporțională cu numărul de electroni transferați în proces



18. Potențialul electrochimic

1. O celulă galvanică:
    - produce curent electric
    - consumă curent electric
    - se mai numește și celulă voltaică
    - se mai numește și celulă electrolitică
    - se mai numește și celulă de electroliză
    - conține un sistem chimic în care reacțiile au loc spontan
    - conține un sistem chimic în care reacțiile nu au loc spontan
    - conține un sistem chimic în care au loc reacții redox
    - conține un sistem chimic în care au loc reacții la cald
    - conține un sistem chimic în care au loc reacții de neutralizare
2. O celulă electrolitică:
    - produce curent electric
    - consumă curent electric
    - se mai numește și celulă voltaică
    - se mai numește și celulă galvalică
    - se mai numește și celulă de electroliză
    - conține un sistem chimic în care reacțiile au loc spontan
    - conține un sistem chimic în care reacțiile nu au loc spontan
    - conține un sistem chimic în care au loc reacții redox
    - conține un sistem chimic în care au loc reacții la cald
    - conține un sistem chimic în care au loc reacții de neutralizare
3. Pe baza activității chimice a metalelor:
    - zincul pierde mai ușor electroni decât cuprul
    - cuprul pierde mai ușor electroni decât zincul
    - fierul pierde mai ușor electroni decât argintul
    - argintul pierde mai ușor electroni decât cuprul
    - aluminiul pierde mai ușor electroni decât aurul
    - aurul pierde mai ușor electroni decât aluminiul
4. Celulele galvanice și cele electrolitice conțin:
    - doi electrozi
    - doi electroni
    - trei electrozi

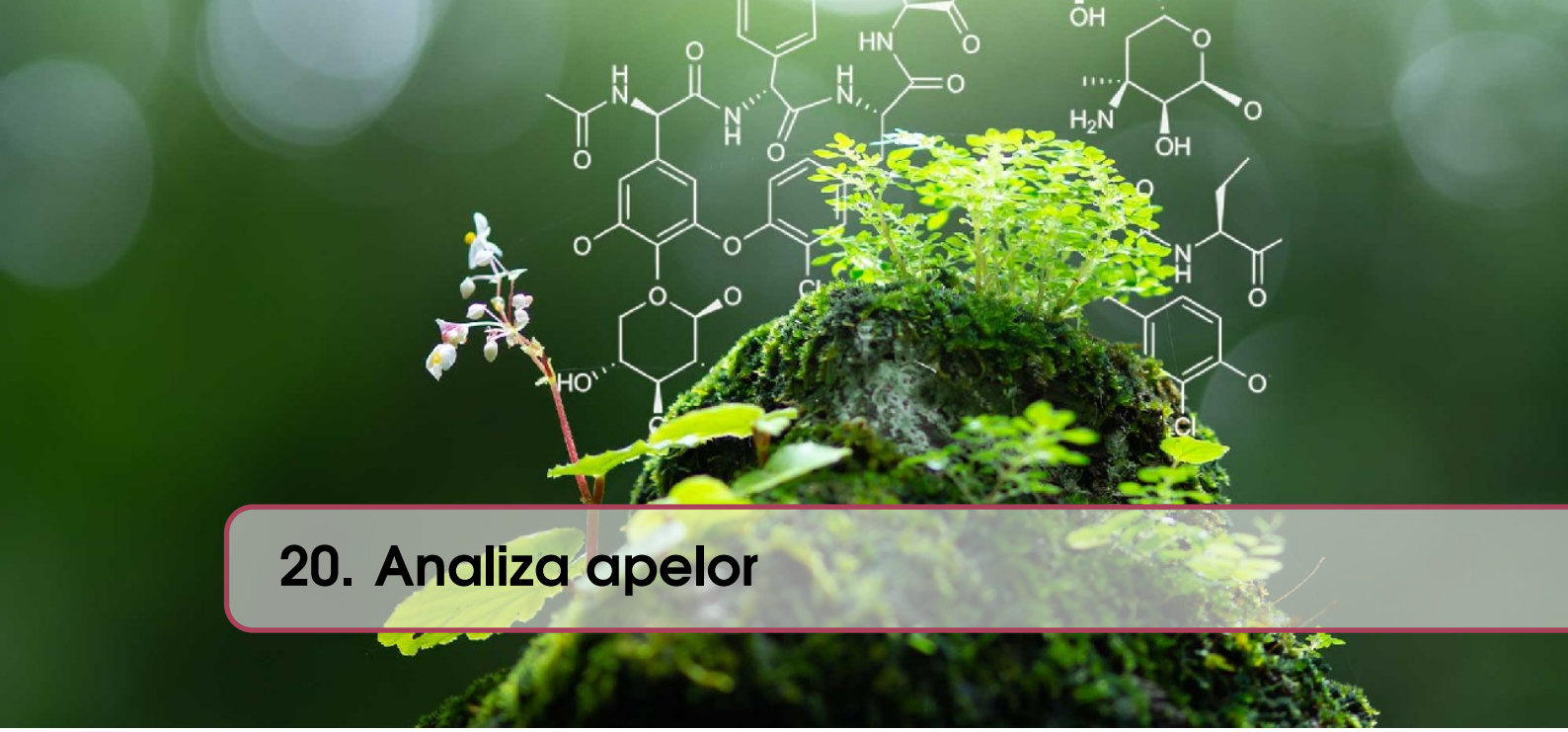
- anod și catod
- led care arată capacitatea celulei
- electrod neutru



19. Soluții

1. La calcularea factorului unei solutii de acid oxalic:
   - titrul real al acesteia este indicat în modul de lucru al lucrării de laborator
   - titrul real al acesteia se este indicat pe eticheta sticlei cu reactiv
   - titrul real al acesteia se citește înainte și după titrare de pe biuretă
   - este considerat ca fiind aproximativ 1
   - este considerat ca fiind aproximativ 0
   - nu este necesară citirea titrului real
2. Titrarea este operatia de laborator care se efectuează:
   - în prezența unui indicator de pH care îsi schimba culoarea în functie de pH-ul solutiei
   - cu hidroxid de potasiu
   - cu acid sulfuric
   - cu NaCl
   - cu un voltmetru
   - cu un ampermetru
   - cu un ohmetru
   - cu un pH-metru
3. Titrarea acido-bazică a celor trei probe de acid sulfuric cu hidroxid de sodiu, se efectueaza pâna la:
   - pauză
   - apariția culorii galben-pai
   - apariția culorii brun inchis
   - apariția culorii portocaliu
   - apariția culorii roz
   - punctul de echilibru
   - punctul de contact
   - sfârșitul timpului avut la dispoziție
4. La titrarea redox cu solutie de permanganat de potasiu probele de analizat se încălzesc pentru:
   - a declanșa și a mări viteza de reacție
   - a stopa reactia chimica care are loc la titrare
   - a inhiba procesele chimice secundare care au loc
   - a micsora viteza de reactie
   - evaporarea unei bune părți din amestec
   - o mai precisă determinare cantitativă

5. Schimbarea culorii indicatorului de pH indică:
    - continuarea procesului de titrare
    - nu are nici un efect asupra procesului de titrare
    - punctul de echivalență
    - reluarea procesului de titrare
    - o eroare strecurată în procesul de titrare
    - neutralizarea titratului cu titrantul
6. Oxidarea este procesul de:
    - cedare de electroni și cresterea numărului de oxidare
    - acceptare de electroni și cresterea numărului de oxidare
    - cedare de electroni și scaderea numărului de oxidare
    - acceptare de electroni și scaderea numărului de oxidare
    - reducere a numărului total de electroni al speciei chimice
    - creștere a numărului total de electroni al speciei chimice
7. Reacțiile între acizi și baze:
    - sunt totdeauna exoterme
    - sunt totdeauna rapide, avand loc aproape instantaneu
    - au drept consecință formarea unei cantități de apă
    - au drept consecință dizolvarea unei sări
    - pot cauza arsuri stomacale
8. Soluțiile sunt:
    - amestecuri omogene
    - păstrate totdeauna în maximă siguranță
    - amestecuri eterogene
    - obținute prin dizolvare
    - obținute prin fierbere



20. Analiza apelor

1. La determinarea durității temporare, titrarea probelor de apă se face:
   - cu hidroxid de sodiu în prezență de fenolftaleină până la apariția culorii roz
   - cu acid sulfuric în prezentă de ERIO T până la aparitia culorii brune
   - cu acid clorhidric în prezență de metiloranj până la apariția culorii roșu
   - cu acid clorhidric în prezență de metiloranj până la apariția culorii galben
   - cu hidroxid de potasiu
   - cu acid clorhidric în prezență de fenolftaleină până la dispariția culorii roz
2. La determinarea durității totale în probele de apă:
   - se formează un complex de culoare albastră după titrare
   - se titrează direct cu EDTA
   - se adaugă doar ERIO T și se titrează
   - se adaugă acid oxalic și se titrează cu permanganat de potasiu
   - se încălzesc la foc mic
   - nu se încălzesc
3. În vederea determinării acidității apei decationizate probele:
   - se titrează cu acid clorhidric în prezență de metiloranj
   - se titrează cu hidroxid de sodiu în prezență de fenolftaleină
   - se titrează cu acid sulfuric în prezență de ERIO T
   - se încălzesc la foc mic
   - nu se încălzesc
   - se prelevează din aceeași sursă
   - se prelevează din surse diferite
4. Dedurizarea apei se bazează pe trecerea acesteia pe coloane:
   - de distilare
   - schimbatoare de ioni
   - de fractionare
   - de racire
   - de cationiți
   - din piatră vânătă
5. La titrarea probelor de apă:
   - se citeste biureta înainte de începerea titrării și la sfârșitul titrării probei
   - nu trebuie citită biureta
   - se adauga acid sulfuric în probe

- se citeste biureta doar la începutul operației de titrare
- se citeste biureta doar la sfârșitul operației de titrare
- se prelevează din aceeași sursă
- se prelevează din surse diferite

6. Aciditatea apei se datorează:
   - hidroxizilor din apă
   - dioxidului de carbon liber, acizilor minerali și sarurilor acizilor tari cu baze slabe
   - tuturor mineralelor dizolvate în apă
   - numai sărurilor insolubile
   - prezenței ionilor de hidrogen (hidroniu)
   - prezenței ionilor de oxigen (oxoniu)
7. Experimentul de analiză a apei potabile:
   - a avut ca scop determinarea alcalinității
   - a avut ca scop purificarea apei
   - a avut ca scop conștientizarea riscurilor la care ne expunem bând apă de la robinet
   - a avut ca scop determinarea continutului in cationiti
   - a avut ca scop fierberea apei
   - a avut ca scop determinarea acidității
8. Biuretele sunt:
   - instrumente de măsurare a volumului
   - intrumente fabricate din sticlă sau plastic
   - gradate în unități de volum
   - instrumente de măsurare a masei
   - intrumente fabricate din metal sau lemn
   - gradate în unități de masă
   - vase de stocare a volumelor de lichide
   - folosite pentru a amesteca cantitativ soluții

II Probleme

28 Problema 8 147
28.1 Cerințe 147
28.2 Date 147
28.3 Rezolvare 147

29 Problema 9 149
29.1 Cerințe 149
29.2 Date 149
29.3 Rezolvare 149

30 Problema 10 151
30.1 Cerințe 151
30.2 Date 151
30.3 Rezolvare 151

31 Problema 11 153
31.1 Cerințe 153
31.2 Date 153
31.3 Rezolvare 153

32 Problema 12 155
32.1 Date 155
32.2 Rezolvare 155

33 Problema 13 157
33.1 Cerințe 157
33.2 Date 157
33.3 Rezolvare 157

34 Problema 14 159
34.1 Cerințe 159
34.2 Date 159
34.3 Rezolvare 159

35 Problema 15 161
35.1 Cerințe 161
35.2 Date 161
35.3 Rezolvare 161

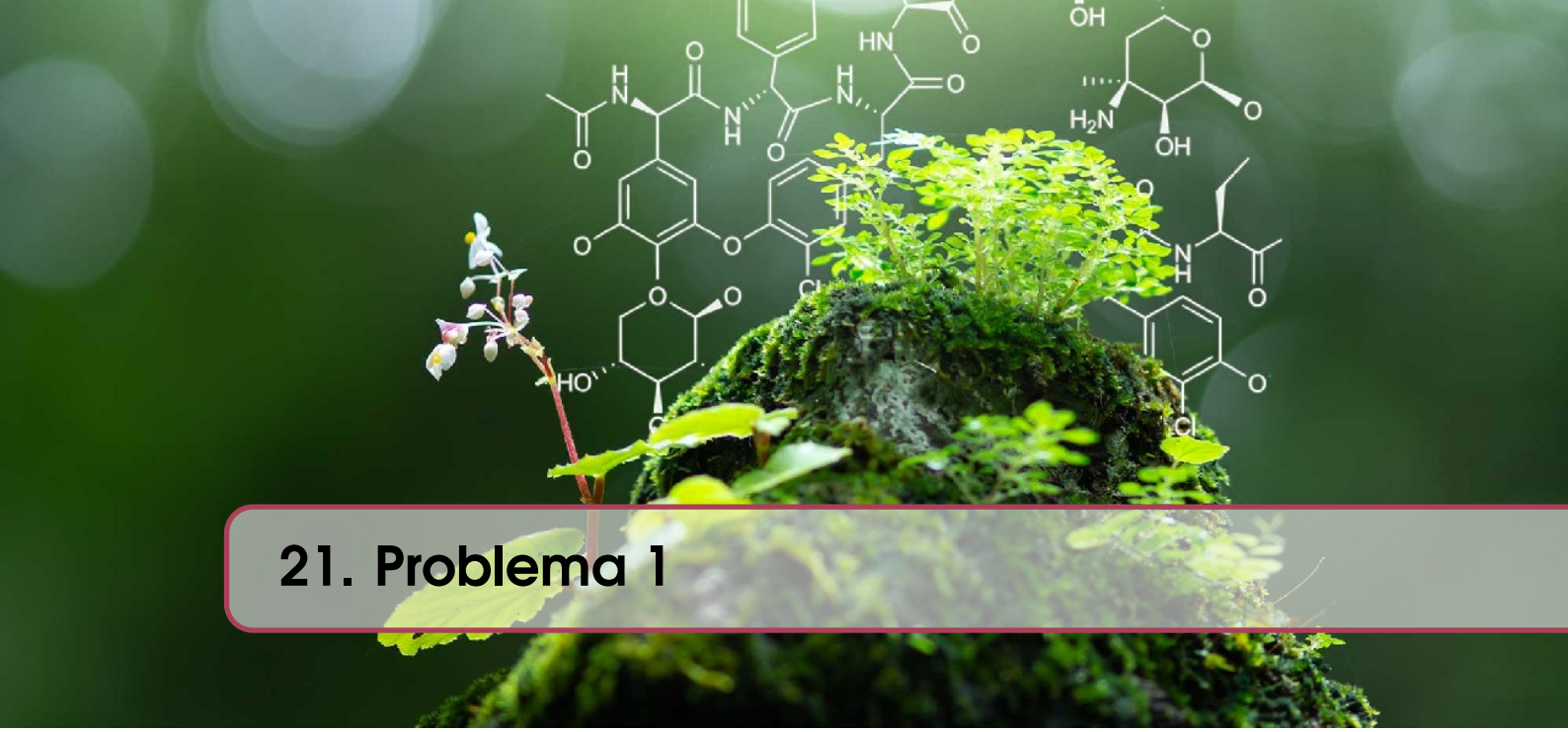
36 Problema 16 163
36.1 Cerințe 163
36.2 Date 163
36.3 Rezolvare 163

37 Problema 17 165
37.1 Cerințe 165
37.2 Date 165
37.3 Rezolvare 165

38 Problema 18 167
38.1 Cerințe 167
38.2 Date 167
38.3 Rezolvare 167

39 Problema 19 169
39.1 Cerințe 169
39.2 Date 169
39.3 Rezolvare 169

În această secțiune sunt formulate o serie de probleme care sunt propuse spre rezolvare.



21. Problema 1

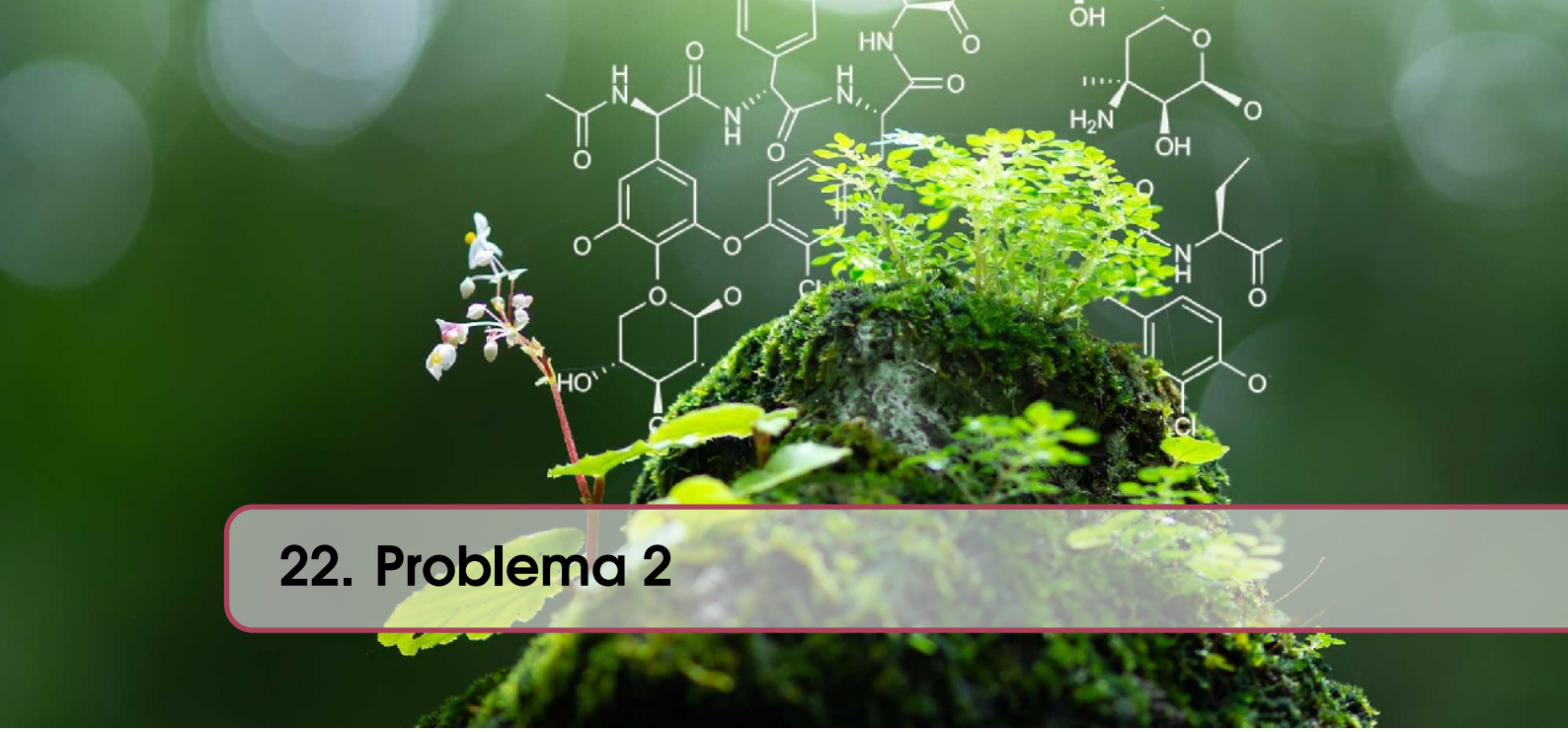
21.1 Cerințe

Câtă sulfură feroasă rezultă din combinarea a 100 g de fier cu sulf?

21.2 Date

$M(\mathrm{Fe})$ = 55.845 g/mol; $M(\mathrm{S_8})$ = 256.528 g/mol

21.3 Rezolvare



22. Problema 2

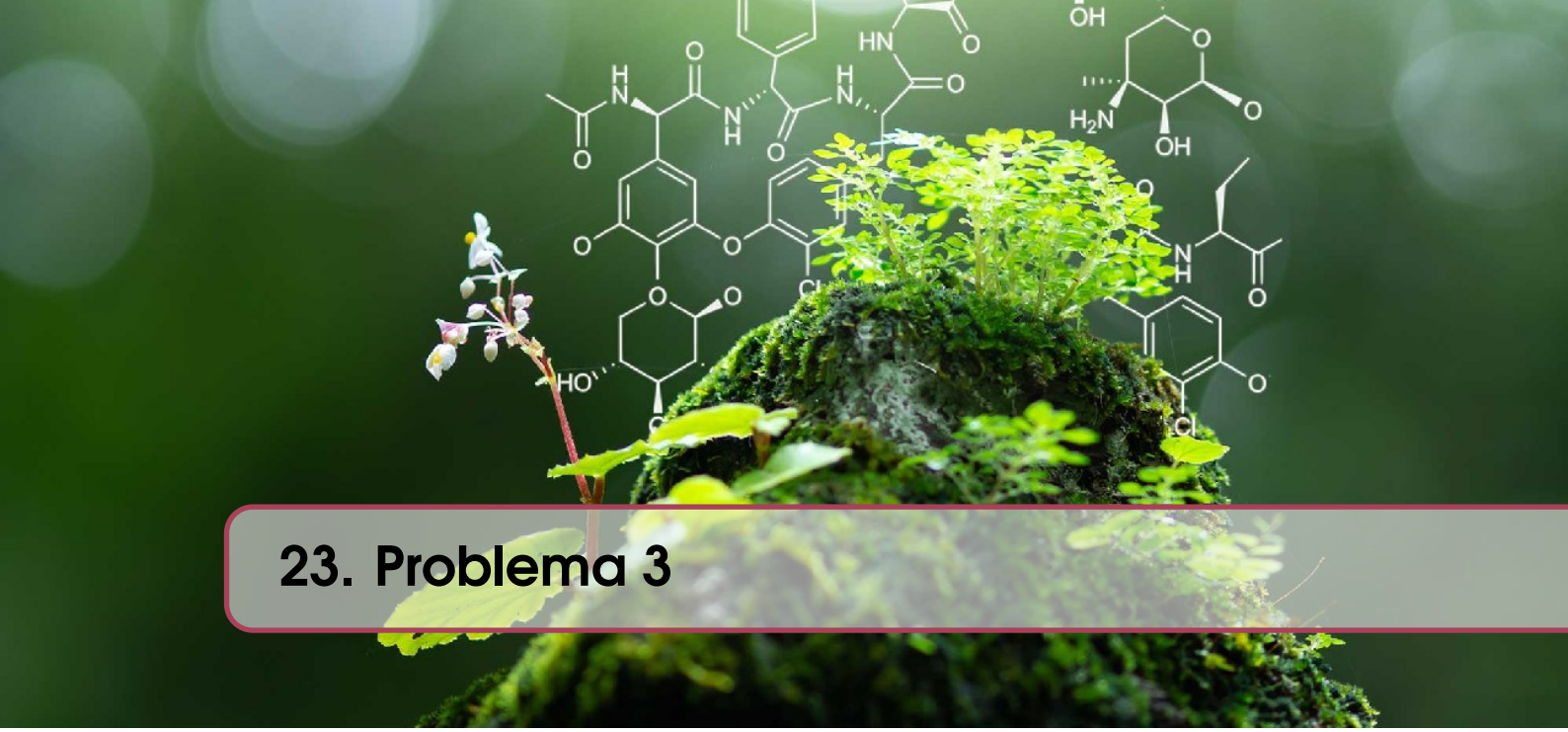
22.1 Cerințe

Cât oxid plumbos trebuie redus cu cărbune ca să se obțină 100 g de Plumb metalic?

22.2 Date

$M(\mathrm{Pb})$ = 207.2 g/mol; $M(\mathrm{O_2})$ = 31.9988 g/mol; $M(\mathrm{C})$ = 256.528 g/mol

22.3 Rezolvare



23. Problema 3

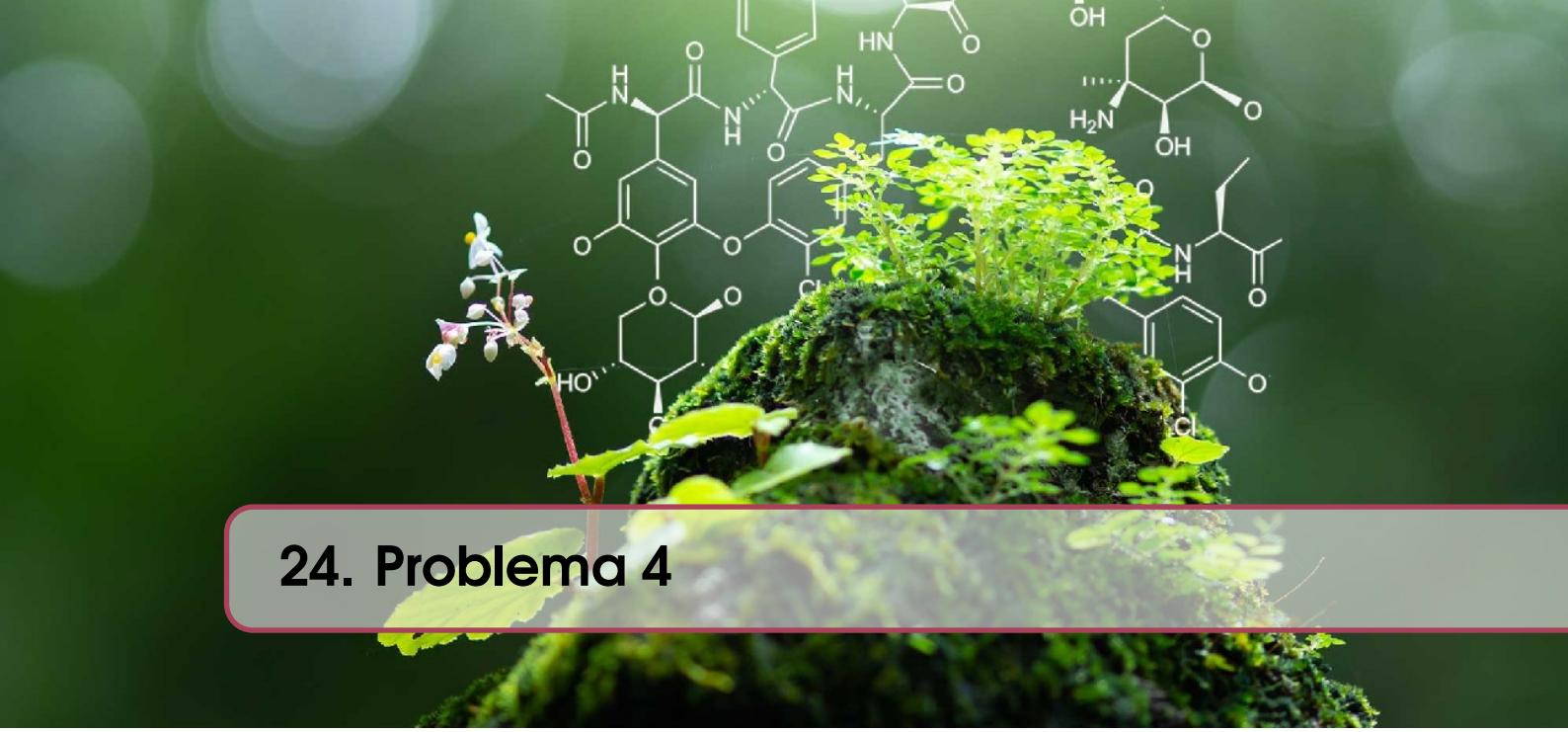
23.1 Cerințe

Cât acid sulfuric este necesar pentru a se prepara 100 g de sulfat de cupru din oxid cupric?

23.2 Date

$M(\mathrm{Cu})$ = 63.546 g/mol; $M(\mathrm{S_8})$ = 256.528 g/mol; $M(\mathrm{O_2})$ = 31.9988 g/mol

23.3 Rezolvare



24. Problema 4

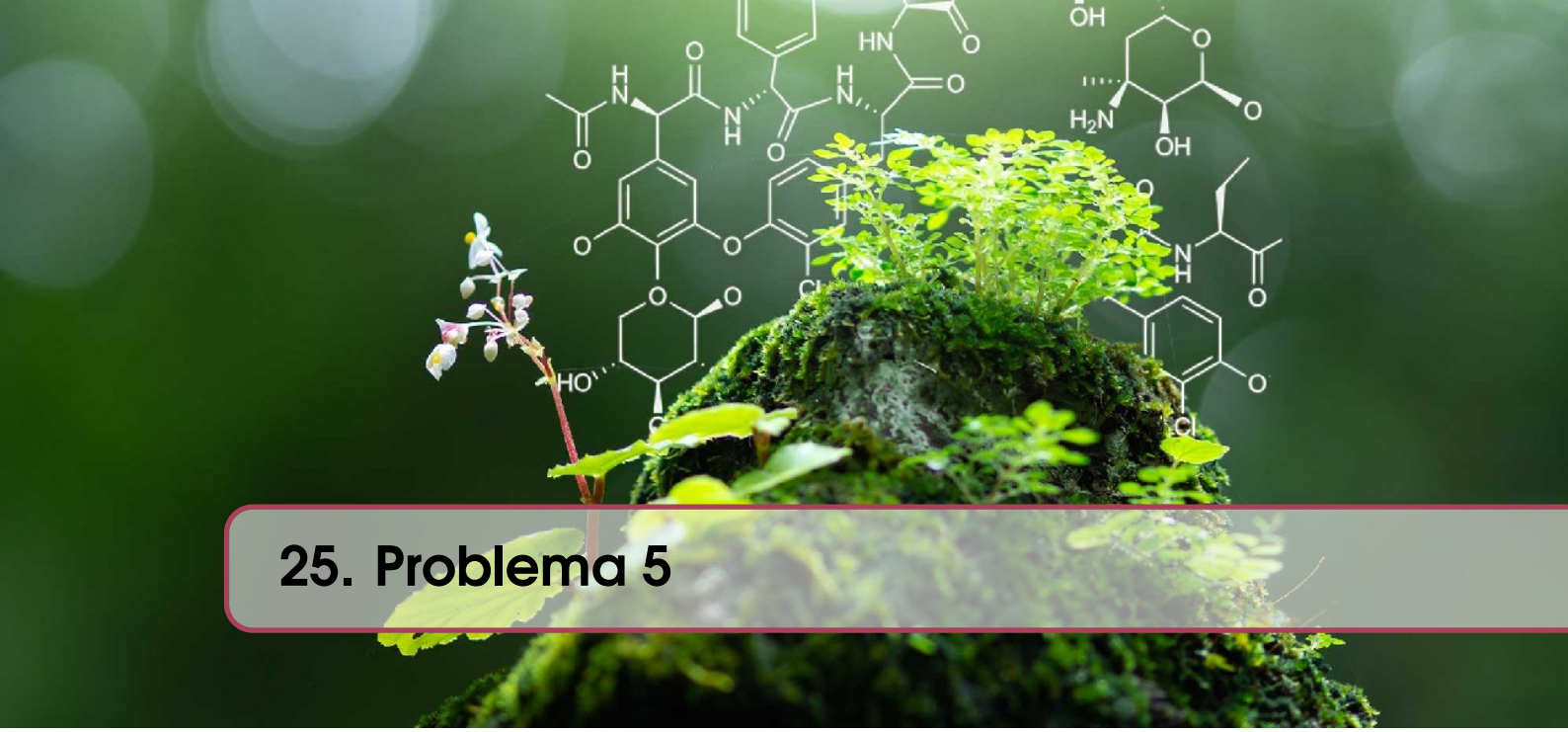
24.1 Cerințe

Câți litrii de hidrogen se obțin (în condiții normale) din reacția acidului clorhidric cu 100 de g de zinc?

24.2 Date

$M(\mathrm{Zn})$ = 65.39 g/mol; $M(\mathrm{Cl_2})$ = 70.9054 g/mol; $M(\mathrm{H_2})$ = 2.01588 g/mol

24.3 Rezolvare



25. Problema 5

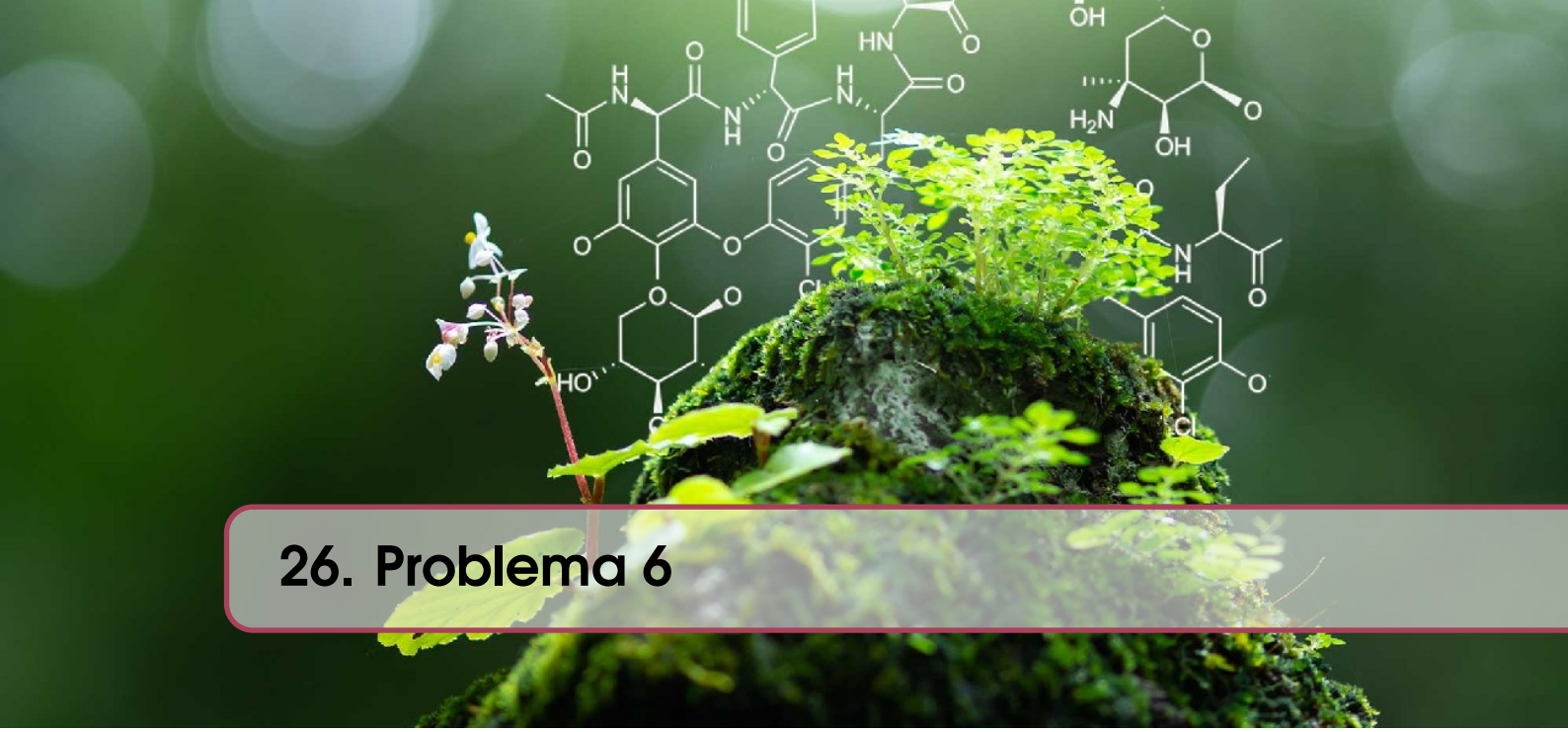
25.1 Cerințe

Să se calculeze câte procente (masice) de Hidrogen și Oxigen conține apa.

25.2 Date

$M(O_2)$ = 31.9988 g/mol; $M(H_2)$ = 2.01588 g/mol

25.3 Rezolvare



26. Problema 6

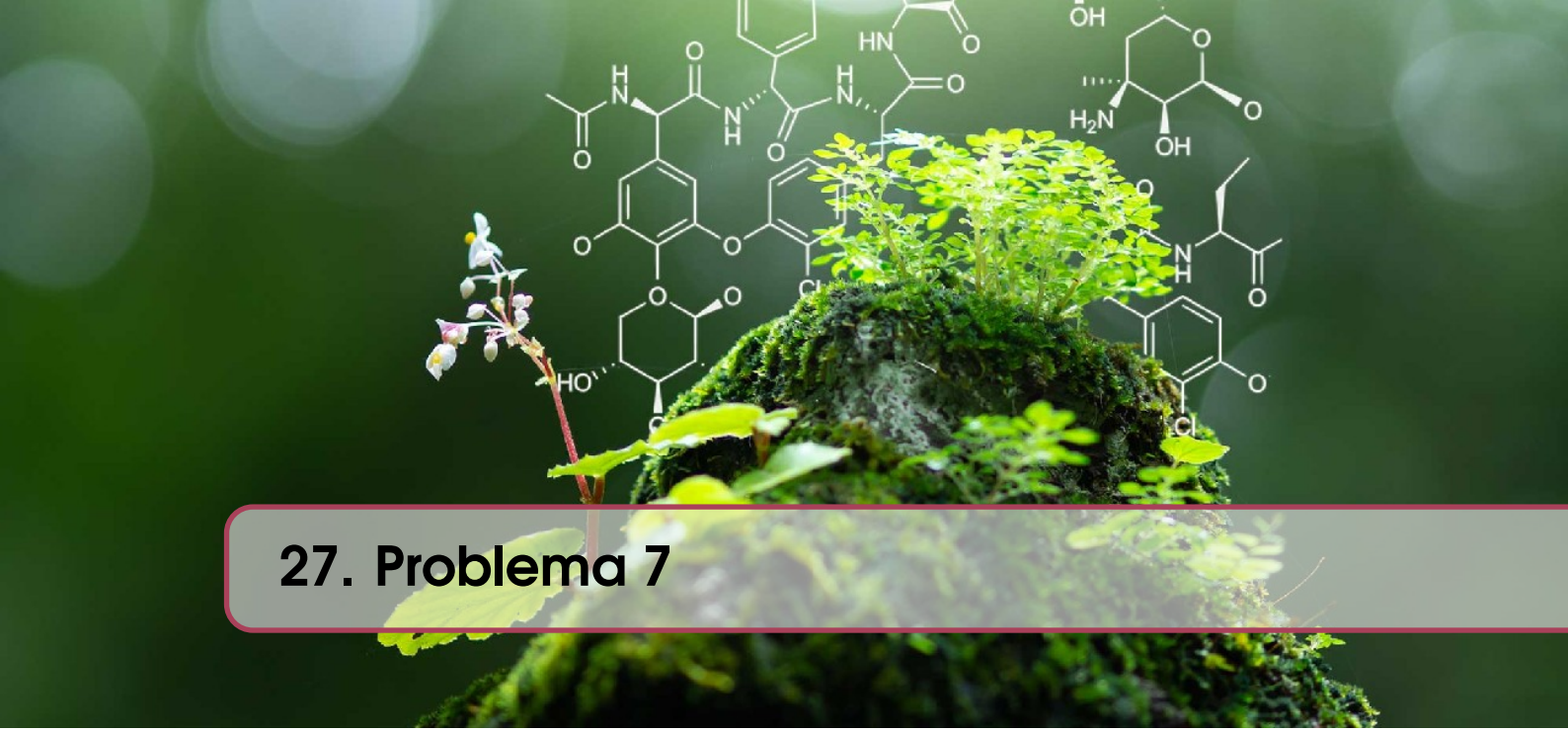
26.1 Cerințe

Să se calculeze câți litrii de oxigen sunt în 100 g de Na_2O_2. Cât timp poate supraviețui dacă ar trebui un om doar cu acest oxigen știind că are nevoie de 6 mL pe secundă.

26.2 Date

$M(\mathrm{Na})$ = 22.989768 g/mol; $M(\mathrm{O_2})$ = 31.9988 g/mol

26.3 Rezolvare



27. Problema 7

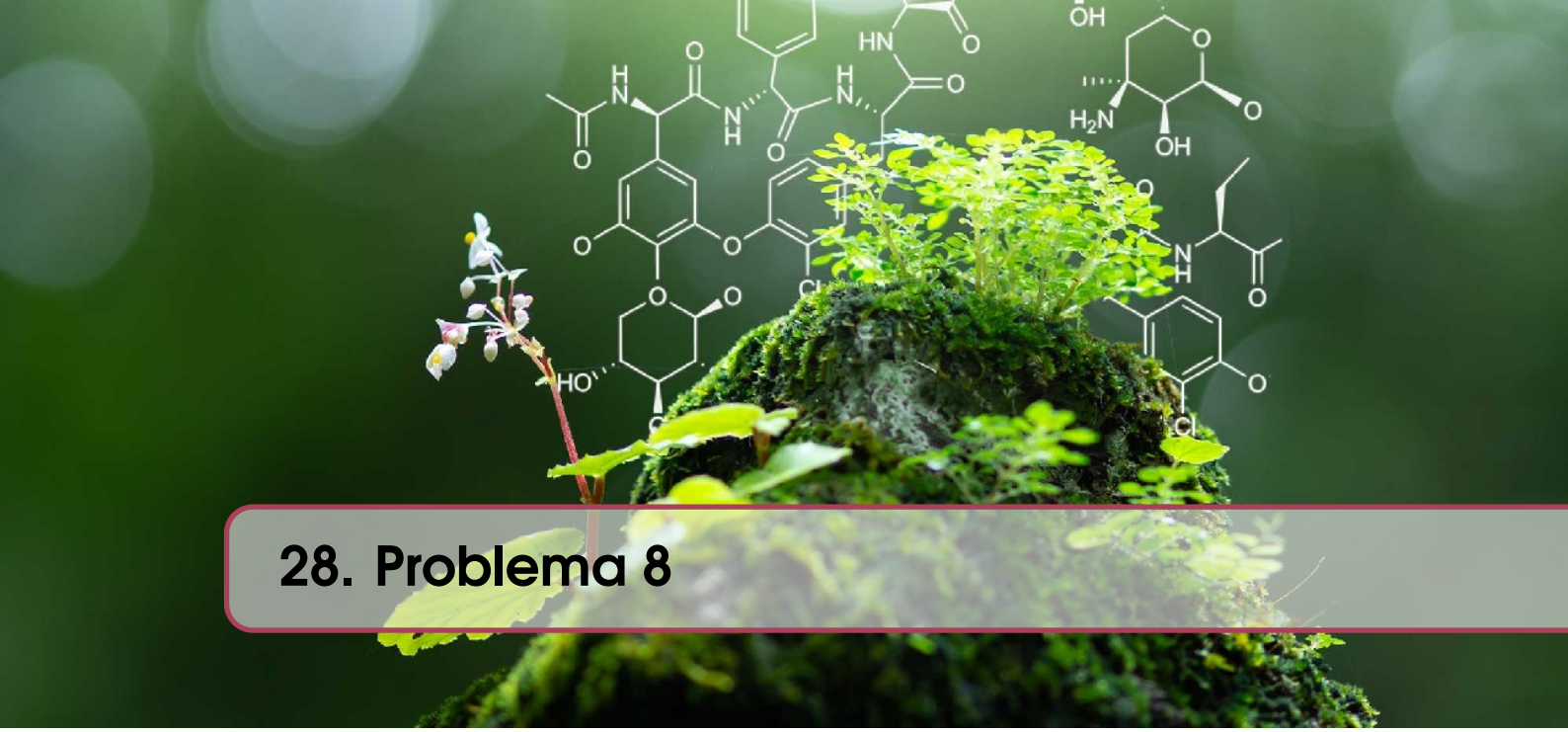
27.1 Cerințe

În câte grame de pentoxid de fosfor se găsesc 100 de g de fosfor?

27.2 Date

$M(P_4)$ = 123.895 g/mol; $M(O_2)$ = 31.9988 g/mol

27.3 Rezolvare



28. Problema 8

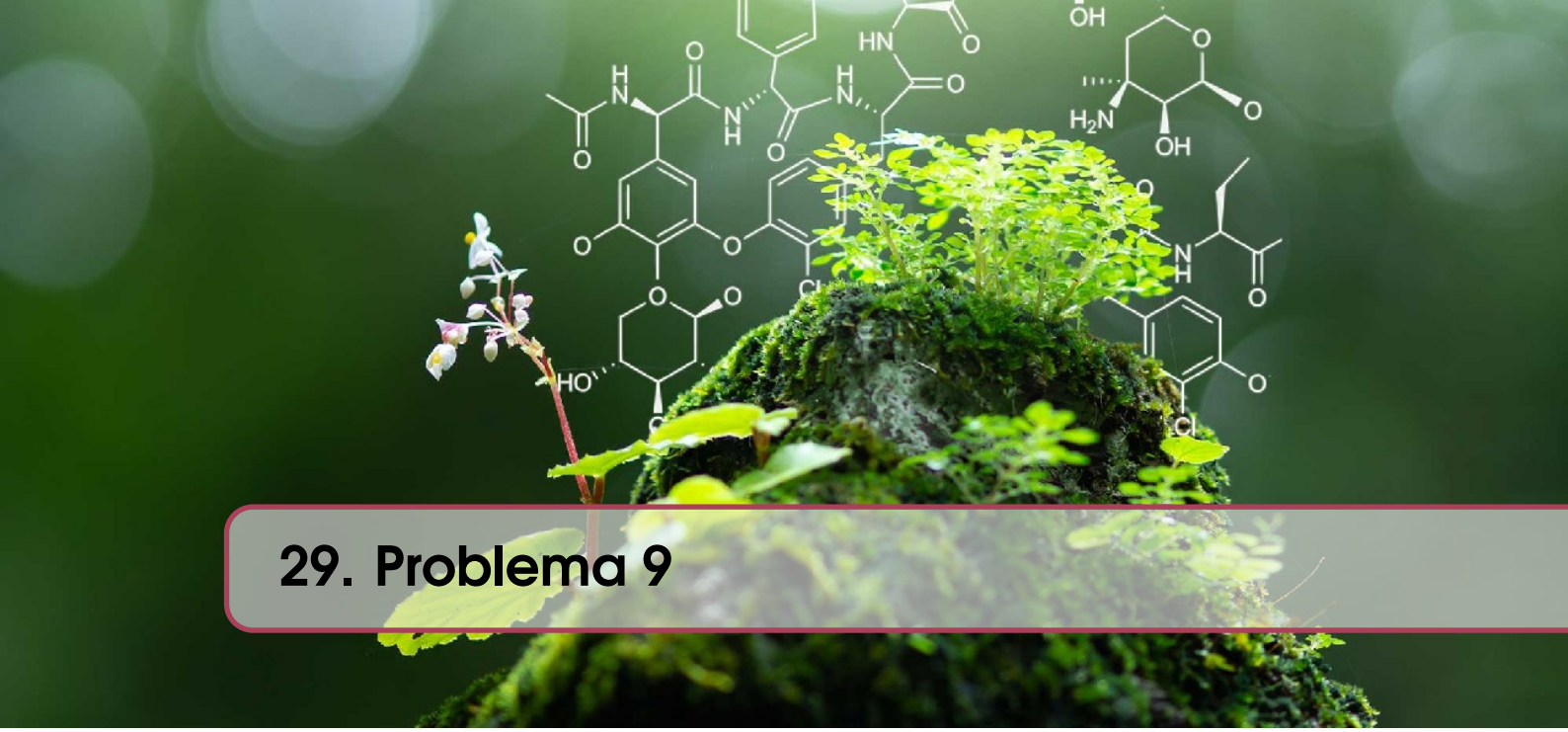
28.1 Cerințe

Să se calculeze compoziția elementară procentuală a azotatului de amoniu.

28.2 Date

$M(O_2)$ = 31.9988 g/mol; $M(N_2)$ = 28.01348 g/mol; $M(H_2)$ = 2.01588 g/mol

28.3 Rezolvare



29. Problema 9

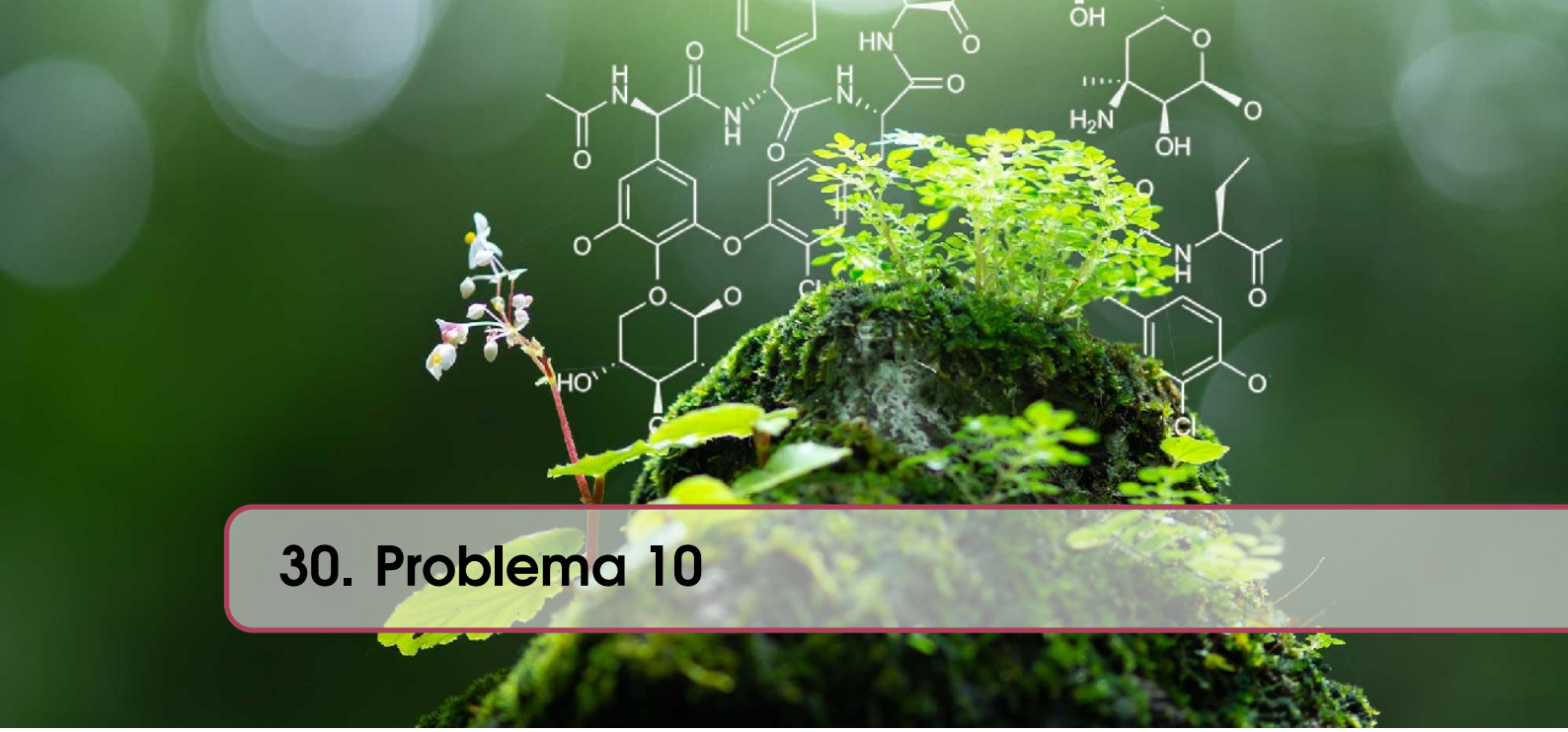
29.1 Cerințe

Să se calculeze masa aerului care înconjoară pământul de la 200 km la 600 km înălțime știind că compoziția acestuia este 85% oxigen atomic și în cantități egale N_2 și He.

29.2 Date

$M(O_2)$ = 31.9988 g/mol; $M(N_2)$ = 28.01348 g/mol; $M(He)$ = 4.002602 g/mol

29.3 Rezolvare



30. Problema 10

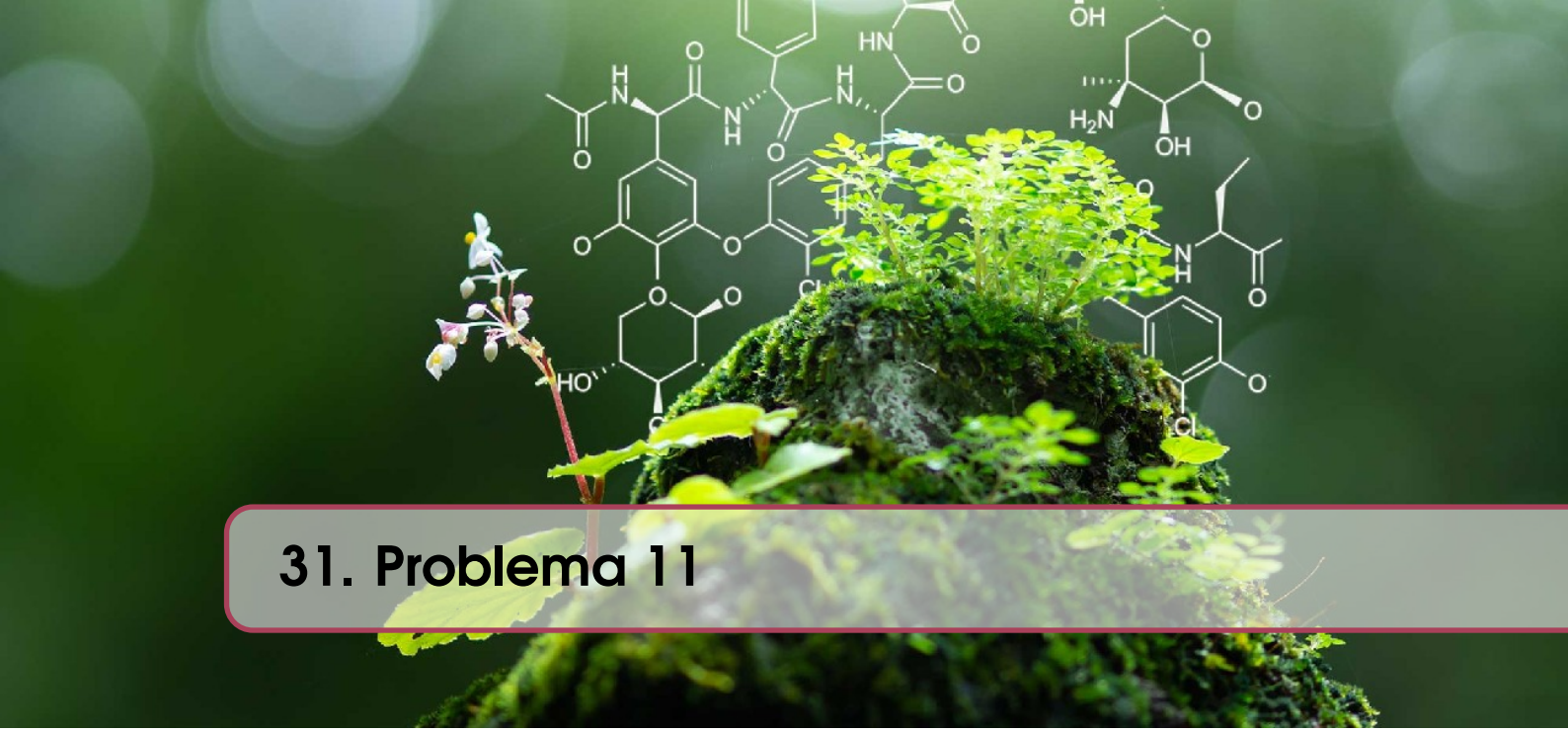
30.1 Cerințe

Să se calculeze masa și volumul de acetilenă care rezultă din 100 g carbură de calciu de puritate 90%.

30.2 Date

$M(\mathrm{Ca}) = 40.078$ g/mol; $M(\mathrm{O_2}) = 31.9988$ g/mol; $M(\mathrm{C}) = 12.011$ g/mol

30.3 Rezolvare



31. Problema 11

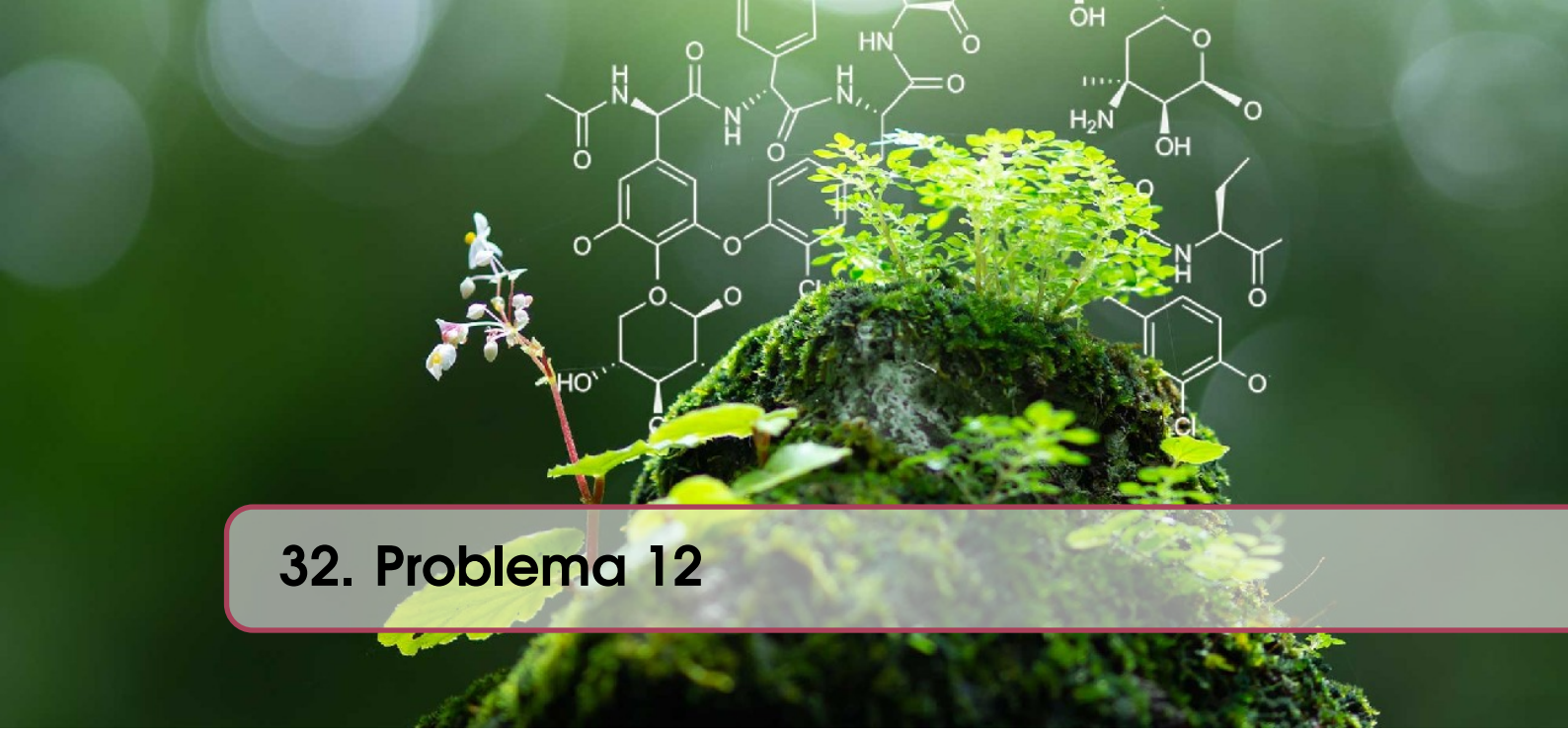
31.1 Cerințe

Cât cântărește aerul din anfiteatru (10 m × 20 m × 5 m)?

31.2 Date

M(aer) = 28.9 g/mol

31.3 Rezolvare



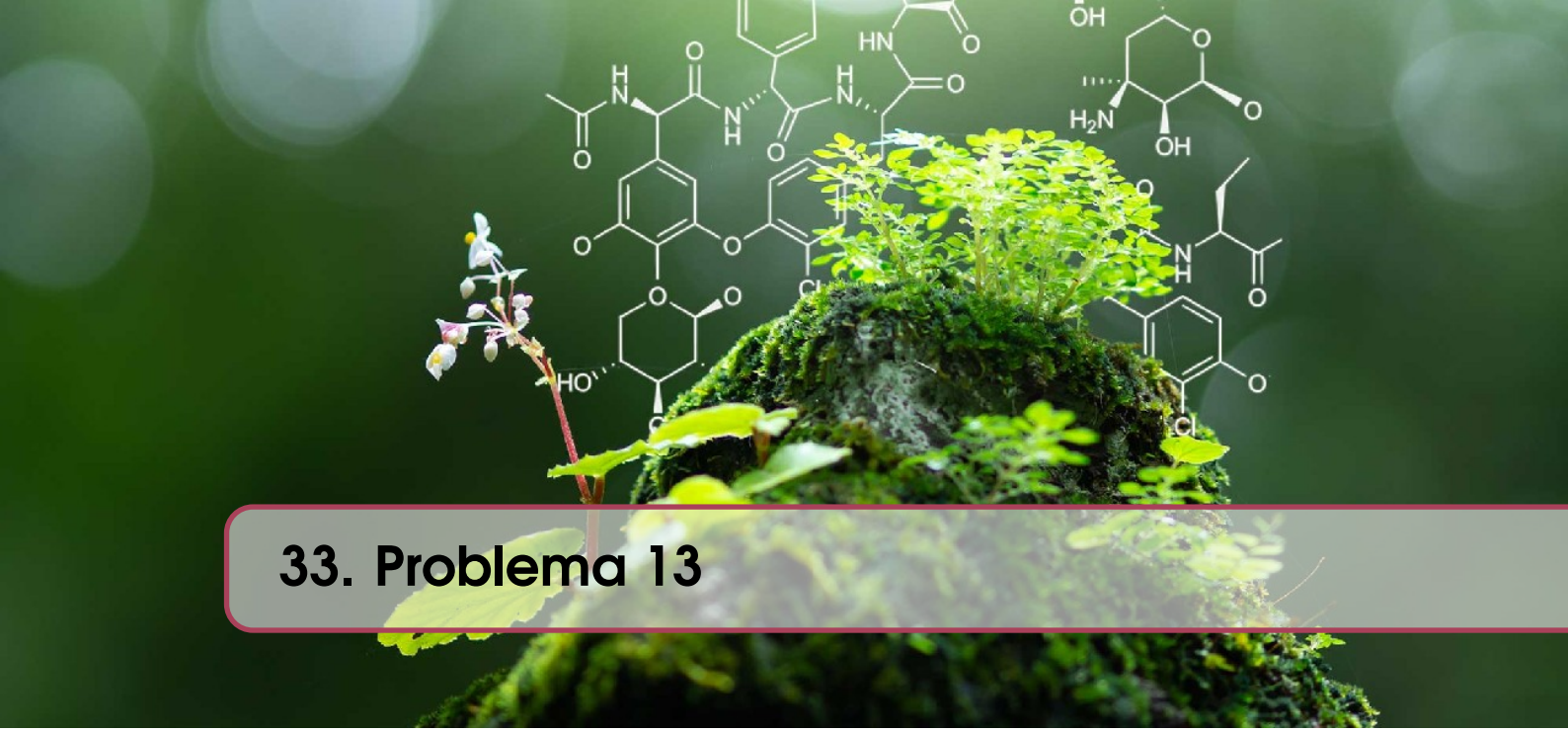
32. Problema 12

Ce cantitate de fluorină (CaF_2) e necesară pentru a reacționa cu 100 g acid sulfuric și cât HF rezultă?

32.1 Date

$M(Ca)$ = 40.078 g/mol; $M(S_8)$ = 256.528 g/mol; $M(F_2)$ = 37.99681 g/mol; $M(O_2)$ = 31.9988 g/mol; $M(H_2)$ = 2.01588 g/mol

32.2 Rezolvare



33. Problema 13

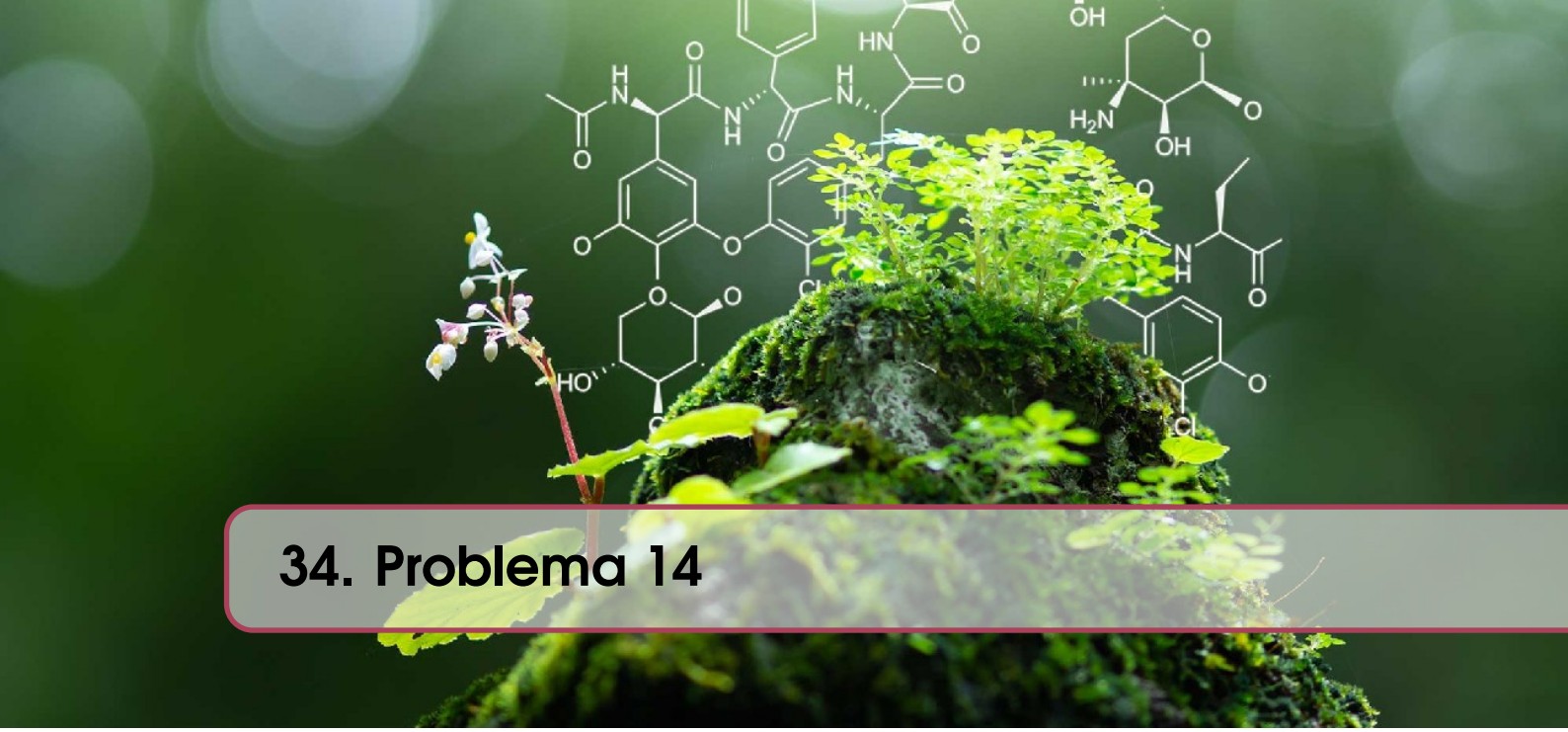
33.1 Cerințe

Câte grame de clorură de sodiu și apă trebuie să se ia pentru a obține un butoi (100 L) de saramură (26%)?

33.2 Date

$M(\mathrm{Na})$ = 22.989768 g/mol; $M(\mathrm{Cl_2})$ = 70.9054 g/mol

33.3 Rezolvare



34. Problema 14

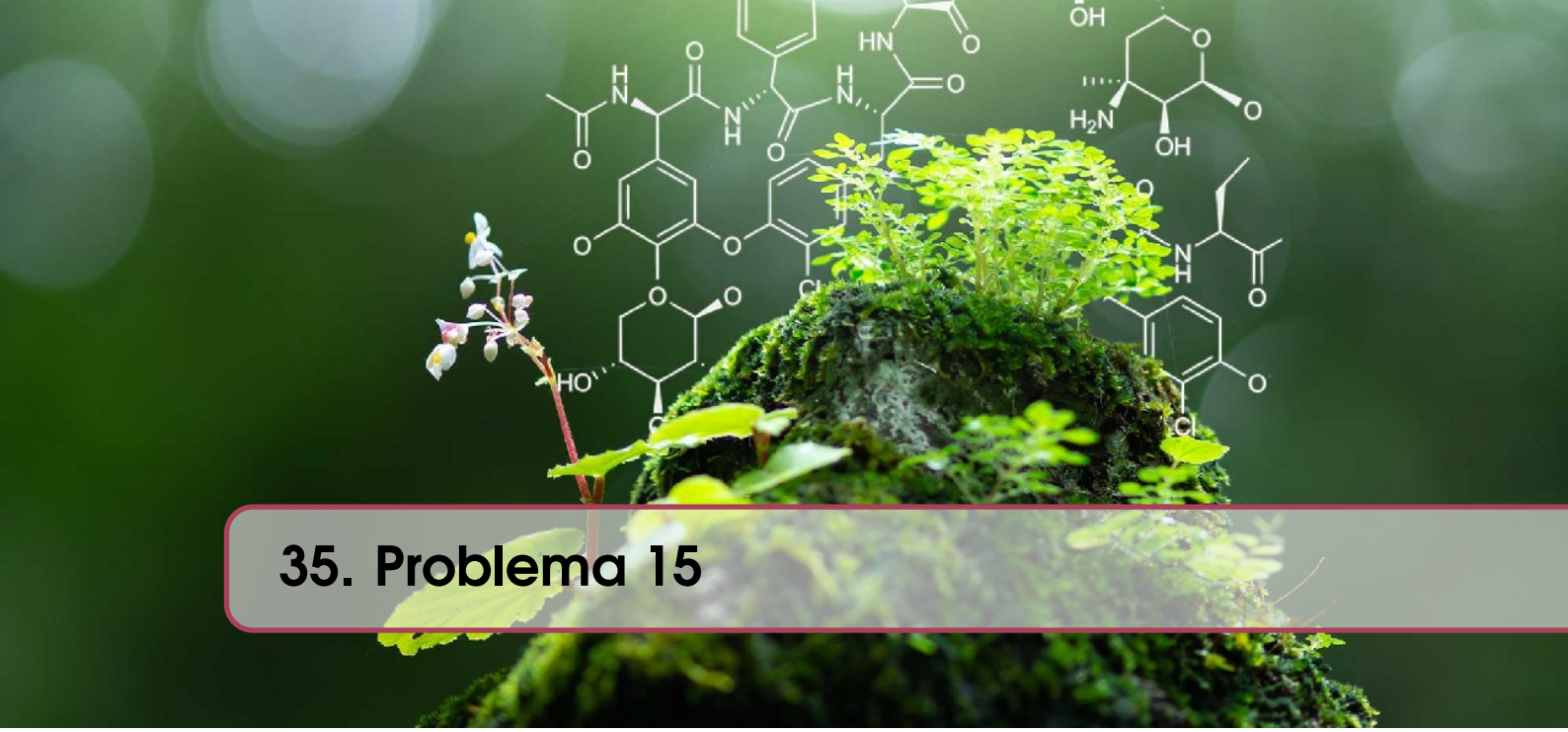
34.1 Cerințe

Să se calculeze solubilitatea (în g/L) clorurii de sodiu în apă dacă din 100 g de soluție saturată prin evaporare se obțin 26.32 g de sare uscată.

34.2 Date

$M(\mathrm{Na})$ = 22.989768 g/mol; $M(\mathrm{Cl_2})$ = 70.9054 g/mol

34.3 Rezolvare



35. Problema 15

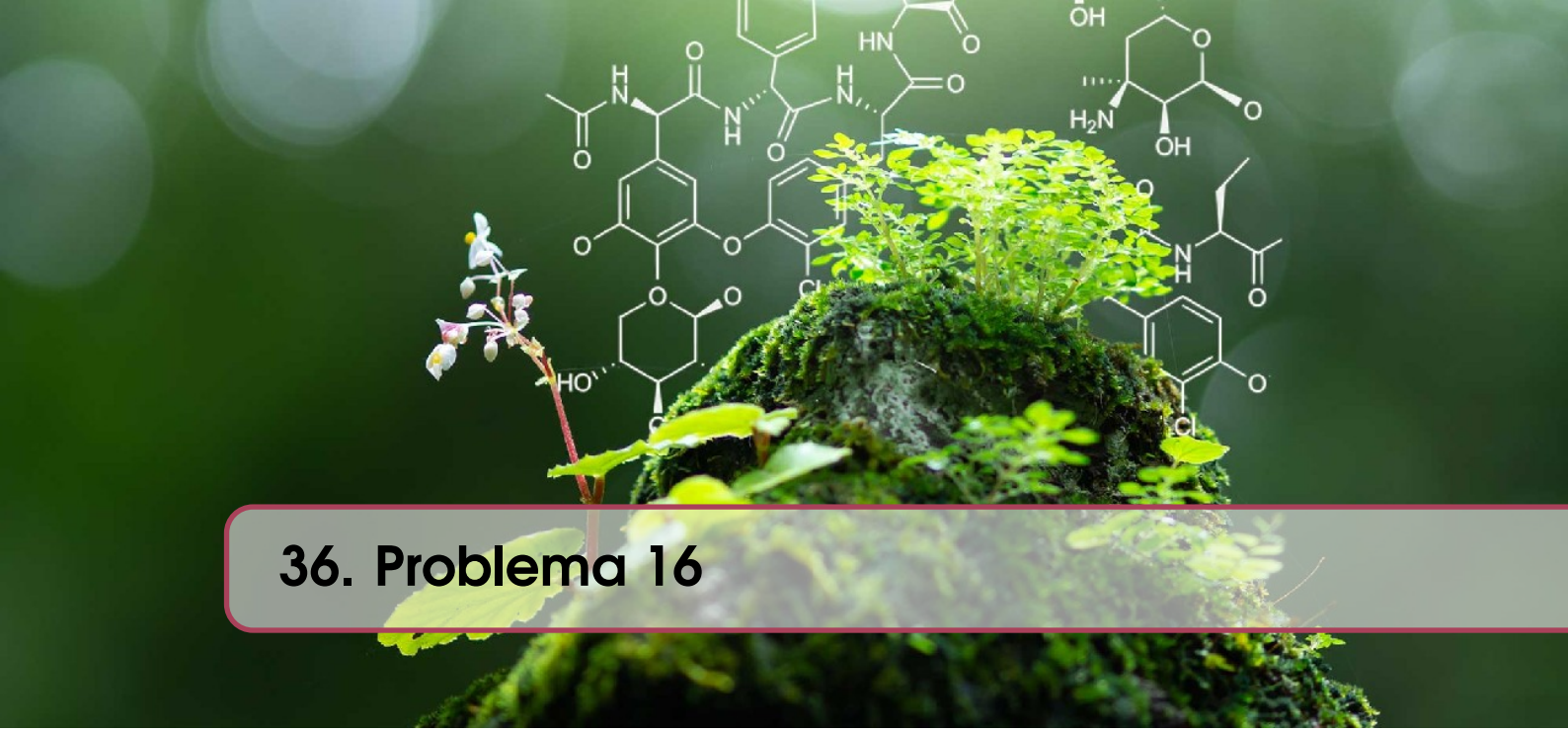
35.1 Cerințe

O placă de fier este scufundată într-o soluție de sulfat de cupru. Să se calculeze cât cupru s-a depus pe placă și cât fier a trecut în soluție dacă masa plăcii înainte și după scufundare a fost de 100 g și respectiv 101 g.

35.2 Date

$M(\mathrm{Cu})$ = 63.546 g/mol; $M(\mathrm{Fe})$ = 55.845 g/mol; $M(\mathrm{S_8})$ = 256.528 g/mol; $M(\mathrm{O_2})$ = 31.9988 g/mol

35.3 Rezolvare



36. Problema 16

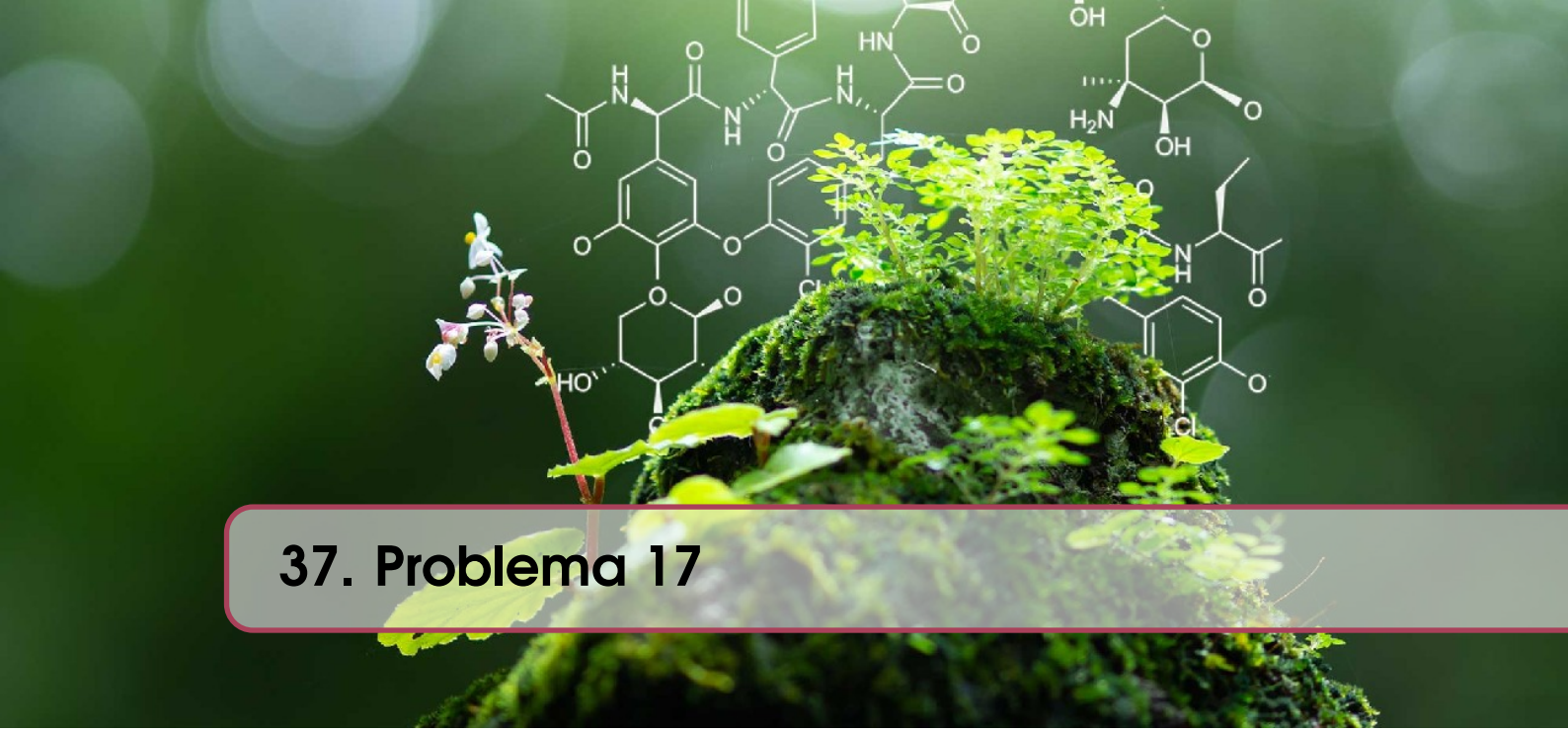
36.1 Cerințe

O baie de nichelare ce funcționează în parametrii optimali (J_{id} = 0.5 A/dm^2) a funcționat timp de 1 oră cu o intensitate a curentului de 100 A. Să se calculeze suprafața nichelată și masa de nichel depusă.

36.2 Date

M(Ni) = 58.6934 g/mol

36.3 Rezolvare



37. Problema 17

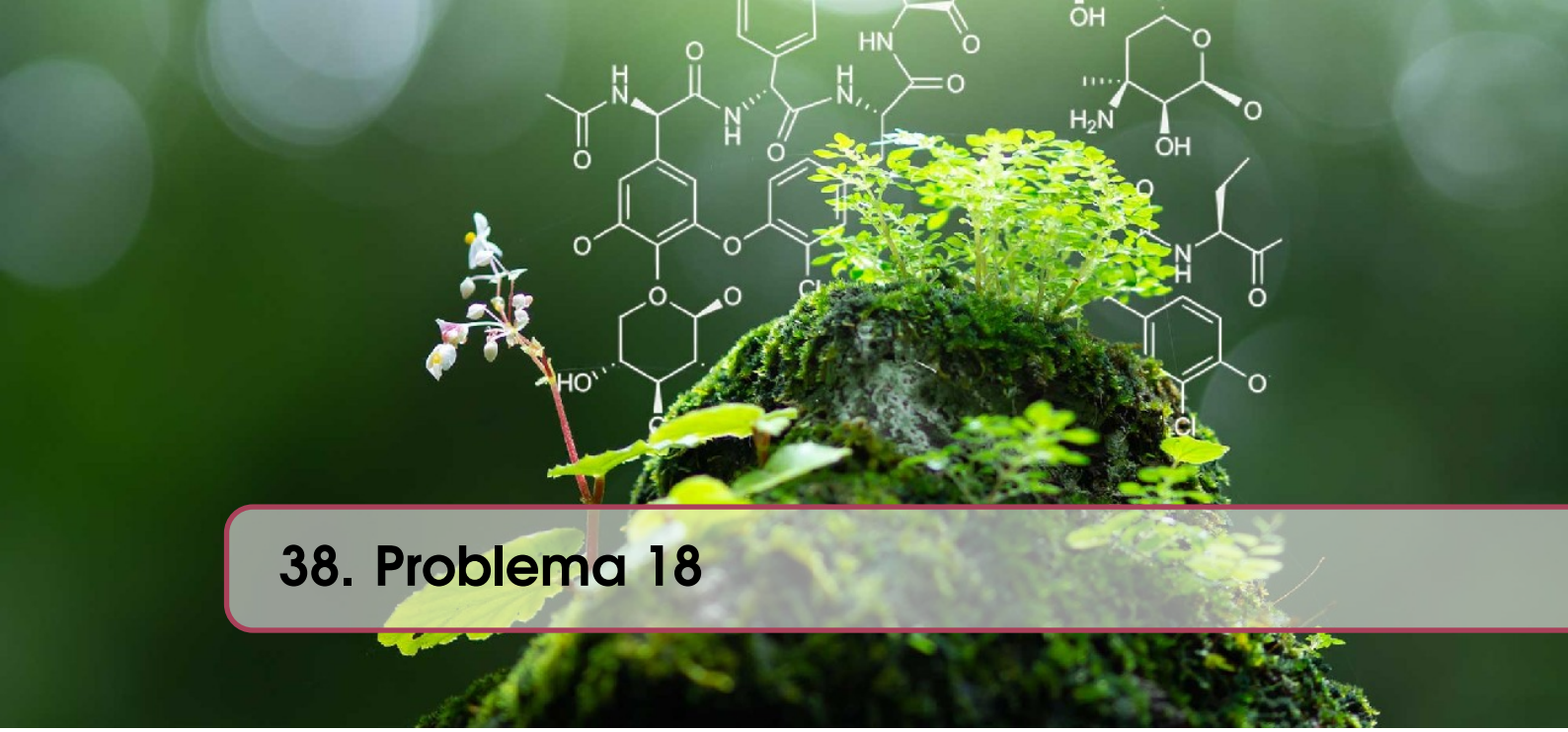
37.1 Cerințe

Ce cantitate de hidroxid de sodiu trebuie adăugată la 1 L de soluție de hidroxid de sodiu pentru ca aceasta să devină 0.5 M dacă 10 mL din aceasta sunt neutralizați de 20 mL de soluție de acid sulfuric 0.05 M?

37.2 Date

M(Na) = 22.989768 g/mol; $M(O_2)$ = 31.9988 g/mol; $M(H_2)$ = 2.01588 g/mol

37.3 Rezolvare



38. Problema 18

38.1 Cerințe

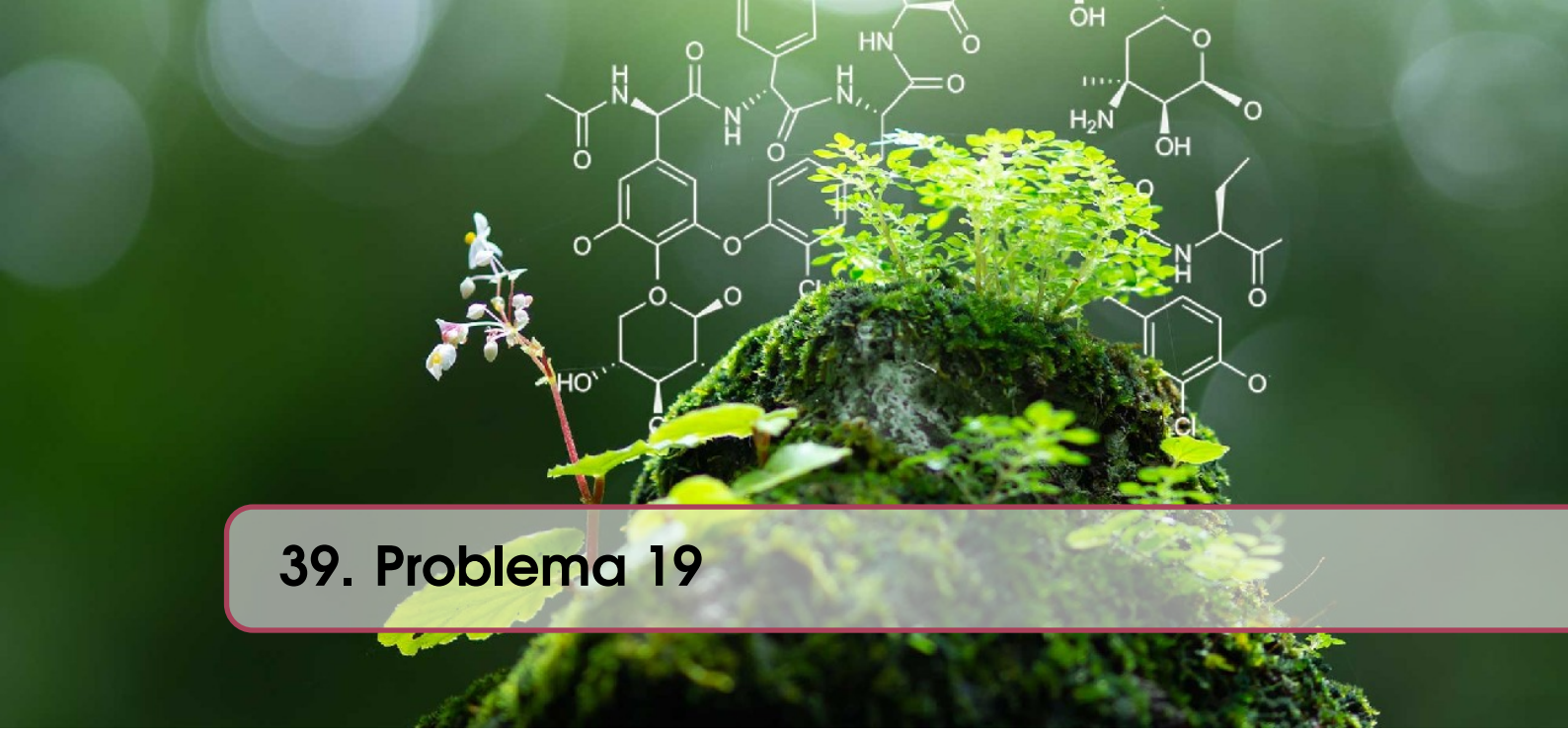
O cantitate de 1.843 g dintr-o hidrocarbură este supusă la oxidare completă în vederea analizei ei. Amestecul de gaze rezultat este trecut printr-un vas de acid sulfuric concentrat și se constantă o creștere a masei acestuia cu 2.023 g. Trecând mai departe gazele printr-un tub cu potasă caustică se produce o creștere a masei acesteia cu 5.935 g. Se găsește că substanța are masa moleculară 82. Se cere să se stabilească formula moleculară a substanței.

38.2 Date

$M(\mathrm{O}) \approx 16$ g/mol; $M(\mathrm{C}) \approx 12$ g/mol; $M(\mathrm{H}) \approx 1$ g/mol; $M(\mathrm{S}) \approx 16$ g/mol; $M(\mathrm{K}) \approx 39$ g/mol

38.3 Rezolvare

Hidrocarbură $\Longrightarrow$ are formula moleculară generală C_xH_y (unde valorile x și y urmează să se obțină). Oxidare completă $\Longrightarrow$ $C_xH_y + (x+y/4)O_2 \rightarrow xCO_2 + (y/2)H_2O$.
H_2O rămâne în vasul cu H_2SO_4 $\Longrightarrow$ $\frac{18}{2} \cdot m(\mathrm{H}) = m(H_2O) = 2.023$ g $\Longrightarrow$ $m(\mathrm{H}) = \frac{2.023 \text{ g}}{9}$
CO_2 rămâne în vasul cu KOH $\Longrightarrow$ $\frac{44}{12} \cdot m(\mathrm{C}) = m(CO_2) = 5.935$ g $\Longrightarrow$ $m(\mathrm{C}) = \frac{5.935 \text{ g}}{11/3}$
Din $m(\mathrm{H})$ $\Longrightarrow$ $n(C_xH_y) = \frac{m(\mathrm{H})}{y \cdot 1} = \frac{2.023}{9 \cdot y}$ mol și din $m(\mathrm{C})$ $\Longrightarrow$ $n(C_xH_y) = \frac{m(\mathrm{C})}{x \cdot 12} = \frac{5.935}{44 \cdot x}$ mol
$n(C_xH_y) = \frac{2.023}{9 \cdot y}$ mol $= \frac{5.935}{44 \cdot x}$ mol $\Longrightarrow$ $\frac{x}{y} = \frac{9}{44}\frac{5.935}{2.023} \approx \frac{9}{44}\frac{44}{15} = \frac{3}{5}$
$M(C_xH_y) = 82$ $\Longrightarrow$ $12 \cdot x + y = 82$.
Numărul maxim de atomi de hidrogen atașați la atomii de carbon se găsesc în hidrocarburile nesaturate și fără cicluri $\Longrightarrow$ $y \leq 2 \cdot x + 2$.
$\frac{82}{12} = 6.8(3)$ $\Longrightarrow$ numărul maxim de atomi de carbon este 6 ($x \leq 6$).
Pentru $x = 5$ $\Longrightarrow$ $y = 82 - 12 \cdot 5 = 22$ și $y = 22 > 2 \cdot 5 + 2 = 12$ e o soluție absurdă (nu există C_5H_{22}). Similar nu există nici C_4H_{34}, C_3H_{46}, C_2H_{58}, și C_1H_{70} (deci $x > 5$).
Rămâne că singura soluție admisibilă este $x = 6$. Soluția $x = 6$ există și e astfel unică: $x = 6$ $\Longrightarrow$ $y = 82 - 6 \cdot 12 = 10$ și hidrocarbura are formula moleculară C_6H_{10}.
Determinările experimentale confirmă rezultatul obținut formal matemtic: pentru $x = 6$ și $y = 10$, $\frac{x}{y} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$, rezultat obținut din determinările experimentale de mase, ceea ce verifică și determinările experimentale (deci și ipotezele cum că apa se reține în intregime în vasul de H_2SO_4 și dioxidul de carbon în vasul de KOH). În plus m(C) + m(H) = $\frac{5.935 \text{ g}}{11/3} + \frac{2.023 \text{ g}}{9} \approx 1.6186$ g $+$ 0.2248 g $= 1.8434$ g ≈ 1.843 g $= m(C_xH_y)$ din datele problemei.



39. Problema 19

39.1 Cerințe

Arzând 7.8 g dintr-o hidrocarbură A cu densitatea în raport cu aerul 0.89 se obțin 5.4 g de apă. Cantitatea de 6 moli din substanța A se polimerizează ciclic și se obține o substanță B. Jumătate din cantitatea de substanță B se tratează cu ozon și apoi se hidrolizează obținându-se o substanță C. Se cere:

- formula substanței A
- cantitatea de substanță B
- cantitatea de substanță C

39.2 Date

$M(\mathrm{O}) \approx 16$ g/mol; $M(\mathrm{C}) \approx 12$ g/mol; $M(\mathrm{H}) \approx 1$ g/mol; $M(\mathrm{S}) \approx 16$ g/mol; $M(\mathrm{aer}) \approx 29$ g/mol; $M(\mathrm{Cl}) \approx 35.5$ g/mol; $M(\mathrm{Hg}) \approx 200.5$ g/mol

39.3 Rezolvare

Hidrocarbură $\Longrightarrow$ are formula moleculară generală $\mathrm{C}_x\mathrm{H}_y$ (unde valorile x și y urmează să se obțină). Ardere (completă) $\Longrightarrow$ $\mathrm{C}_x\mathrm{H}_y + (x+y/4)\mathrm{O}_2 \rightarrow x\mathrm{CO}_2 + (y/2)\mathrm{H}_2\mathrm{O}$.
Pentru apă: $y/2 = \frac{5.4\ \mathrm{g}}{18\ \mathrm{g/mol}} = 0.3$ mol $\Longrightarrow$ $y = 0.6$ mol $\Longrightarrow$ $m(\mathrm{H};A) = M(H)\cdot y = 1\ \mathrm{g/mol}\cdot 0.6\ \mathrm{mol} = 0.6\ \mathrm{g} \Longrightarrow m(\mathrm{C};A) = 7.2\ \mathrm{g} \Longrightarrow x = \frac{7.2\ \mathrm{g}}{12\ \mathrm{g/mol}} = 0.6\ \mathrm{mol} \Longrightarrow A = \mathrm{C}_{0.6}\mathrm{H}_{0.6} = \frac{0.6}{z}\ \mathrm{mol}\ (\mathrm{CH})_z$.
Nu sunt foarte mulți compuși chimici cu formula moleculară $\mathrm{C}_z\mathrm{H}_z$. Primii doi sunt pentru $z = 2$ și $z = 6$ (v. [17], p. 61). Compusul pentru $z = 5$ se stabilizează doar în prezență de ioni metalici (v. [17], p. 202)

Ceea ce este caracteristic însă hidrocarburilor este că temperatura de fierbere crește cu numărul de atomi de carbon în catenă (v. [17], p. 403). În stare gazoasă se găsesc puține dintre acestea. Acetilena ($(\mathrm{CH})_2$) este gazoasă iar benzenul ($(\mathrm{CH})_6$) este lichid. Cum substanța A are densitatea în raport cu aerul 0.89 trebuie că este în stare gazoasă deci $z < 6$.

Pe de cealaltă parte în enunțul problemei se oferă o informație cantitativă cu privire la substanța A. Dacă din densitatea acesteia (0.89 în raport cu aerul) s-a concluzionat deja că este gaz, valoarea acestei densități permite un calcul direct (aproximativ) al masei molare în raport cu masa molară (cunoscută) a aerului, în ipoteza că în stare gazoasă (în condiții normale, cum altceva nu este specificat) atât aerul cât și substanța A pot fi aproximate cu comportament de gaze ideale:

$pV = n\mathrm{R}T \Longrightarrow pVM = m\mathrm{R}T \Longrightarrow pM = \rho\mathrm{R}T \Longrightarrow \rho \propto M$ pentru aceleași p și T.

$$\frac{M(A)}{M(\text{aer})} = \frac{\rho(A)}{\rho(\text{aer})} = 0.89 \implies M(A) = 0.89 \cdot M(\text{aer}) = 0.89 \cdot 29 \text{ g/mol} = 25.8 \text{ g/mol}$$

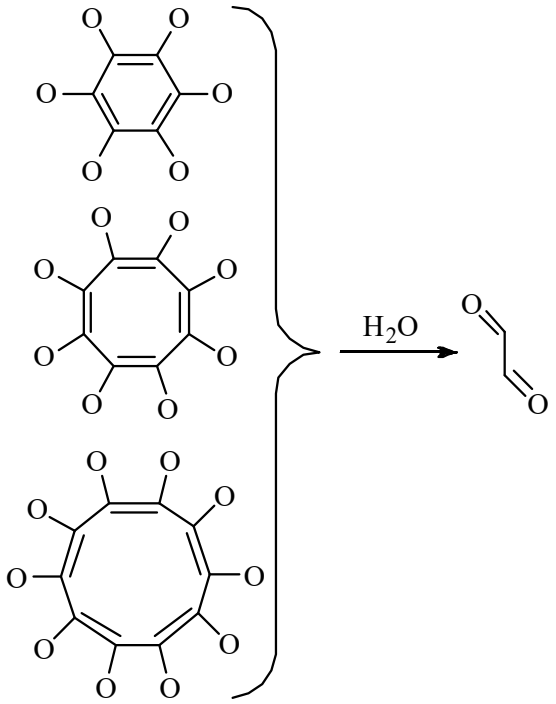
Pentru $A = C_zH_z$, $M(A) = z \cdot 12 \text{ g/mol} + z \cdot 1 \text{ g/mol} = 13 \cdot z \text{ g/mol} = 25.8 \text{ g/mol} \implies z = 25.8/13 \approx 1.985 \approx 2$ (pentru un compus chimic formula moleculară este totdeauna stoechiometrică deci $z \in \mathbb{N}_{>0}$) și $A \leftarrow C_2H_2$ $\boxed{\text{formula substanței } A}$.

Polimerizarea ciclică a acetilenei duce la formarea $(CH)_z$ cu $z \geq 6$ așa cum s-a argumentat deja anterior. În plus, datorită stabilizării prin alternanță a legăturii duble cu cea simplă, se favorizează formarea compușilor cu z par. Cei mai stabili dintre aceștia sunt C_6H_6, C_8H_8 și $C_{10}H_{10}$ ($z = 6$, 8, și 10). Indiferent de formula moleculară a compusului final (B), prin polimerizare ciclică masa de substanță este aceeași cu cea inițială, astfel încât $m(B) = m(A) = m(C_2H_2) = n(C_2H_2) \cdot M(C_2H_2) = 6 \text{ mol} \cdot 26 \text{ g/mol} = 156 \text{ g}$ $\boxed{\text{cantitatea de substanță } B}$.

Este de așteptat ca ozonul să oxideze toate pozițiile (fiind un oxidant puternic) benzenului (și congenerilor acestuia) astfel încât:

$C_{2k}H_{2k} + (2k/3)O_3 \rightarrow C_{2k}O_{2k}H_{2k}$

Hidroliza (în prezență de catalizatori) lui B este de așteptat să ducă la ruperea ciclului:



Reacția chimică stoechiometrică este $C_{2k}O_{2k}H_{2k} + O_2 \xrightarrow[\text{Zn}]{t^\circ\text{C}} k\, C_2O_2H_2 \implies C \leftarrow C_2O_2H_2$, și $m(C) = m(B)/2 = m(A)/2 = 78 \text{ g}$ $\boxed{\text{cantitatea de substanță } C}$.

Referințe

[1] Jäntschi, L. Analize chimice și instrumentale. U.T.Pres: Cluj-Napoca, Cluj, Romania, 2002; ISBN 973-8335-19-1.

[2] Jäntschi, L; Nașcu, H.I. Chimie analitică și instrumentală. Academic Pres: Cluj-Napoca, Cluj, Romania, 2009; ISBN 978-973-744-191-1.

[3] Bolboacă, S.D.; Jäntschi, L. Design of experiments: Useful orthogonal arrays for number of experiments from 4 to 16. Entropy 2007, 9, 198-232.

[4] Jäntschi, L. Prezentarea şi prelucrarea datelor experimentale. U.T.Pres: Cluj-Napoca, Cluj, Romania, 2013; ISBN 978-973-662-912-9.

[5] Cosma, C.; Suciu, I.; Jäntschi, L.; Bolboacă, S.D. Ion-Molecule Reactions and Chemical Composition of Emanated from Herculane Spa Geothermal Sources. Int. J. Mol. Sci. 2008, 9, 1024-1033.

[6] Suciu, I.; Cosma, C.; Todică, M.; Bolboacă, S.D.; Jäntschi, L. Analysis of Soil Heavy Metal Pollution and Pattern in Central Transylvania. Int. J. Mol. Sci. 2008, 9, 434-453.

[7] Pică E.M.; Petricău I. Electrograf - aparat pentru analiza elementelor din oţeluri. Sesiunea Ştiinţifică a studenţilor şi cadrelor didactice, Institutul Politehnic Cluj-Napoca: Cluj-Napoca, Romania, 1982.

[8] Jäntschi, L. Chimie fizică - teorie, aplicaţii şi probleme. AcademicDirect: Cluj-Napoca, Cluj, Romania, 2013; ISBN 978-973-86211-0-7, eISBN 978-606-93534-0-0.

[9] Jäntschi, L.; Bolboacă, S.D. First order derivatives of thermodynamic functions under assumption of no chemical changes revisited. J. Comput. Sci. 2014, 5, 597-602.

[10] Jäntschi, L. Modelling of acids and bases revisited. Studia UBB Chemia 2022, 67, 73-92.

[11] Pruteanu, L.L.; Jäntschi, L. Ungureșan, M.L.; Bolboacă, S.D. Models of monovalent ions dissolved in water. Studia UBB Chemia 2016, 61, 151-162.

[12] Bolboacă, S.D.; Jäntschi, L. Diagnostic of a QSPR model: aqueous solubility of drug-like compounds. Studia UBB Chemia 2010, 55, 69-76.

[13] Jäntschi, L. Property-property relationships for monosaccharides. Studia UBB Chemia 2017, 62, 33-48.

[14] Jäntschi, L. Structure-property relationships for solubility of monosaccharides. Appl. Water Sci. 2019, 9, 38.

[15] Janežic, D.; Jäntschi, L. Bolboacă, S.D. Sugars and sweeteners: structure, properties and in silico modeling. Curr. Med. Chem. 2020, 27, 5-22.

[16] Roman, M.-D.; Sava, C.; Iluțiu-Varvara, D.-A.; Mare, R.; Pruteanu, L.-L.; Pică, E.M.; Jäntschi, L. Biological Activated Sludge from Wastewater Treatment Plant before and during the COVID-19 Pandemic. Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19, 11323.

[17] Jäntschi, L. General Chemistry (10th Edition). AcademicDirect: Cluj-Napoca, Cluj, Romania, 2022; ISBN 978-973-86211-1-4.

A. Notații și mărimi

A.1 Abrevieri

abb.	de la / from	(ro)	(en)
abb.	abbreviationem (Latin)	abreviere	abbreviation
(alc)	alcohol (Latin)	(în) alcol	(in) alcohol
(aq)	aqua (Latin)	(în) apă	(in) water
(l)	liquidum (Latin)	lichid	liquid
(g)	gas (Latin)	gaz	gas
(s)	solidus (Latin)	solid	solid
u.m.	unitas mensura (Latin)	unitate de măsura	unit of measure
ISO	Organization Internationalis for Standardization (Latin)	Organizația Internațională pentru Standardizare	International Organization for Standardization
SI	Systema Internationale Unitates (Latin)	Sistemul Internațional de Unități	International System of Units
(ro)	ISO 3166	Română	Romanian
(en)	ISO 3166	Engleză	English
rel.	relatio (Latin)	relație	relation
E^{Θ}	electromotiva (Latin)	potențial standard	standard potential
min.	minim (Latin)	minim	minim
med	mediocris (Latin)	medie	mean (average)

A.2 Simboluri

Smb.	(ro)	(en)
$\uparrow$	degajare	release
$\rightleftharpoons$	echilibru	equilibrium
$\downarrow$	precipitare	precipitate
$\rightarrow$	transformare	transformation
M, M^0	Metal	Metal
M^{n+}	Cation metalic	Metallic cation
$\leftarrow$	operatorul atribuire	assignment operator

$\Longrightarrow$	implică	implies

A.3 Constante

const.	val.	u.m.	obs.
π	3.141592653598793238...	-	pi
e	2.718281828459045235...	-	Euler
e^-	$1.602176634 \cdot 10^{-19}$	C	electron
N_A	$6.02214076 \cdot 10^{23}$	mol	Avogadro
k_B	$1.380649 \cdot 10^{-23}$	$J \cdot K^{-1}$	Boltzmann
F	96485.3321233100184	$C \cdot mol^{-1}$	Faraday, $F = e \cdot N_A$
R	8.31446261815324	$J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$	Regnault, $R = k_B \cdot N_A$

A.4 Unități de măsură standard

u.m.	rel.
s	-
m	-
g	-
C	-
N	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
Pa	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
J	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
W	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
A	$C \cdot s^{-1}$
V	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot C^{-1}$
Ω	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1} \cdot C^{-2}$
bit	$\{T, F\}, \{0, 1\}$, ... (2^1 val.)

A.5 Unități de măsură non-standard

0 °C = 273.15 K; 0 K = -273.15°C; 0 °F = 255.37 K; 0 K = -459.67°F
1 bar = 100000 Pa; 1 atm = 101325 Pa; 1 torr = 1 mmHg = $\frac{1}{760}$ atm
1 L = 1 dm^3; 1mL = 1 cm^3
1 cal = 4.184 J
1 hp = 745.7 W
1 Nybble = 4 bit; 1 B = 1 Byte = 8 bit

A.6 Multipli și submultipli

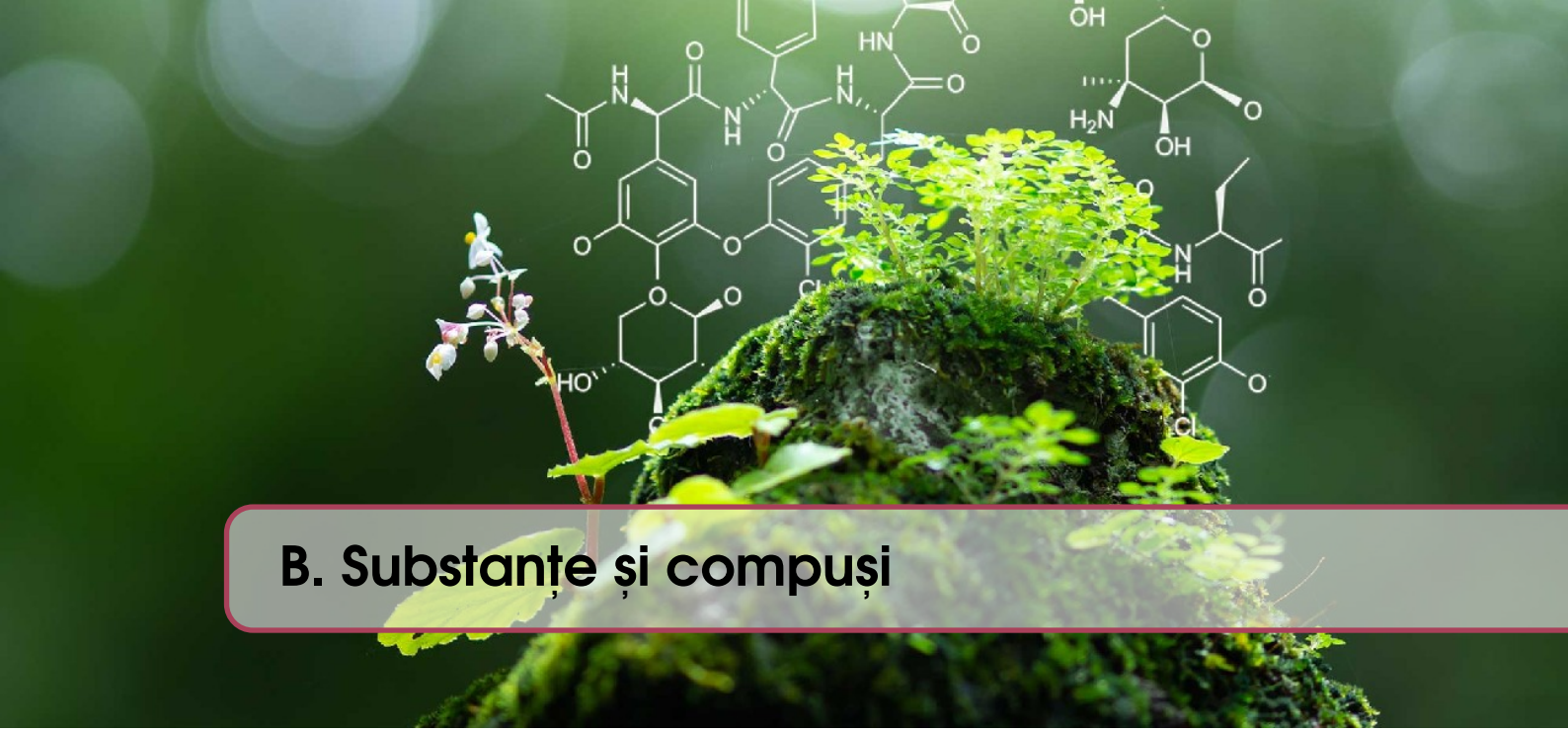
nomen	prefix	mult.	subm.	prefix	nomen
deca	da	10^{+1}	10^{-1}	d	deci
hecto	h	10^{+2}	10^{-2}	c	centi
kilo	k	10^{+3}	10^{-3}	m	mili
mega	M	10^{+6}	10^{-6}	μ	micro
giga	G	10^{+9}	10^{-9}	n	nano
tera	T	10^{+12}	10^{-12}	p	pico

A.7 Părți fracționare

unitate/unit	parte / part
%	10^{-2}
‰	10^{-3}
‱	10^{-4}
pcm	10^{-5}
ppm	10^{-6}
pbm	10^{-7}

A.8 Clase de rezistență la coroziune

Clasa	Viteza de coroziune (μm/an)	Nume	
C1	<0.1	Foarte rezistent	Very resistant
C2	[0.1, 0.32)	Rezistent	Resistant
C3	[0.32, 1.00)	Mediu	Average
C4	[1.00, 3.20)	Puțin rezistent	Less resistant
C5	[3.20, 10)	Foarte puțin rezistent	Very less resistant
C6	$\geq$ 10	Extrem de puțin rezistent	Extremely less resistant
Class	Corrosion speed (μm/y)		Name



B. Substanțe și compuși

B.1 Indicatori

Tabelul de mai jos include indicatorii uzuali din laborator și intervalul de viraj (schimbare a culorii) pentru aceștia.

Indicator	Color low	Range	Color high
Picric acid		0.6-1.3	
Thymol 'blue'		0.6-1.3	
2,4-dinitrophenol		0.6-1.3	
Methyl 'yellow'		2.9-4.0	
Bromophenol 'blue'		3.0-4.6	
Congo 'red'		3.0-5.0	
Methyl 'orange'		3.1-4.4	
Bromocresol 'green'		3.8-5.4	
Methyl 'red'		4.3-6.2	
Azolitmin		4.5-8.3	
Bromocresol 'purple'		5.2-6.8	
Bromothymol 'blue'		6.2-7.6	
Phenol 'red'		6.4-8.0	
Toluylene 'red'		6.8-8.0	
Cresol 'red'		7.2-8.8	
Naphtholphthalein 'blue'		7.3-8.7	
Thymol 'blue'		8.0-9.6	
Phenolphthalein		8.3-10.0	
Thymolphthalein		8.3-10.0	
Alizarine 'yellow'		10.1-12.0	

B.2 Cationi

Numere de oxidare (N.O.) şi denumiri pentru câţiva cationi.

Grup	N.O.	Cation(i)	Denumire
H	+1	H+	Hidroniu
Rb	+1	Rb+	Rubidiu
K	+1	K+	Potasiu
Na	+1	Na+	Sodiu
Li	+1	Li+	Litiu
Ag	+1	Ag^{1+}	Argint
Cu	+1; +2	Cu^{1+}; Cu^{2+}	Cupros; Cupric
Hg	+1; +2	Hg^{1+}; Hg^{2+}	Mercuros; Mercuric
Au	+1; +3	Au^{1+}; Au^{3+}	Auros; Auric
NH_4	+1	NH_4^+	Amoniu
Sr	+2	Sr^{2+}	Stronţiu
Ca	+2	Ca^{2+}	Calciu
Mg	+2	Mg^{2+}	Magneziu
Be	+2	Be^{2+}	Beriliu
Zn	+2	Zn^{2+}	Zinc
V	+2; +3	V^{2+}; V^{3+}	Vanados; Vanadic
Cr	+2; +3	Cr^{2+}; Cr^{3+}	Cromos; Cromic
Mn	+2; +3	Mn^{2+}; Mn^{3+}	Manganos; Manganic
Fe	+2; +3	Fe^{2+}; Fe^{3+}	Feros; Feric
Ni	+2; +3	Ni^{2+}; Ni^{3+}	Nichelos; Nichelic
Pt	+2; +4	Pt^{2+}; Pt^{4+}	Platinos; Platinic
Sn	+2; +4	Sn^{2+}; Sn^{4+}	Stanos; Stanic
Pb	+2; +4	Pb^{2+}; Pb^{4+}	Plumbos; Plumbic
Y	+3	Y^{3+}	Ytriu
Sc	+3	Sc^{3+}	Scandiu
Al	+3	Al^{3+}	Aluminiu
Ga	+3	Ga^{3+}	Galiu
In	+3	In^{3+}	Indiu
Ti	+3;+4	Ti^{3+}; Ti^{4+}	Titanos; Titanic
Zr	+4	Zr^{4+}	Zirconiu

B.3 Anioni

Numere de oxidare (N.O.) şi denumiri pentru câţiva anioni.

Grup	N.O.	Anion	Denumire	Derivați
O	-2	O^{2-}	Oxid	HO^{1-} Hidroxid
F	-1	F^{1-}	Fluorură	
Cl	-1	Cl^{1-}	Clorură	
Br	-1	Br^{1-}	Bromură	
I	-1	I^{1-}	Iodură	
S	-2	S^{2-}	Sulfură	HS^{1-} –"– acidă
Se	-2	Se^{2-}	Selenură	HSe^{1-} –"– acidă
N	-3	N^{3-}	Azotură	HN^{2-} –"– acidă; H_2N^{1-} –"– diacidă
P	-3	P^{3-}	Fosfură	HP^{2-} –"– acidă; H_2P^{1-} –"– diacidă
SO_4	-2	SO_4^{2-}	Sulfat	HSO_4^{1-} –"– acid

SO_3	-2	SO_3^{2-}	Sulfit	HSO_3^{1-} –"– acid
SeO_4	-2	SeO_4^{2-}	Selenat	$HSeO_4^{1-}$ –"– acid
SeO_3	-2	SeO_3^{2-}	Selenit	$HSeO_3^{1-}$ –"– acid
NO_3	-1	NO_3^{1-}	Azotat	
NO_2	-1	NO_2^{1-}	Azotit	
PO_4	-3	PO_4^{3-}	Fosfat	HPO_4^{2-} –"– acid; $H_2PO_4^{1-}$ –"– diacid
PO_3	-2	HPO_3^{2-}	Fosfit	$H_2PO_3^{1-}$ –"– acid;
CO_3	-2	CO_3^{2-}	Carbonat	HCO_3^{1-} –"– acid
CO_2	-2	CO_2^{2-}	Carbonit	HCO_2^{1-} –"– acid
SiO_4	-2	SiO_4^{4-}	Silicat	$H_3SiO_4^{1-}$ –"– triacid
SiO_3	-2	SiO_3^{2-}	Silicit	$HSiO_3^{1-}$ –"– acid
HCOO	-1	$HCOO^{1-}$	Formiat	
CH_3COO	-1	CH_3COO^{1-}	Acetat	
$(COO)_2$	-2	$(COO)_2^{2-}$	Oxalat	$H(COO)2^{2-}$ –"– acid
CrO_4	-2	CrO_4^{2-}	Cromat	$HCrO_4^{1-}$ –"– acid
Cr_2O_7	-2	$Cr_2O_7^{2-}$	Dicromat	$HCr_2O_7^{1-}$ –"– acid
MnO_4	-1	${MnO_4}^{1-}$	Permanganat	
MnO_4	-2	MnO_4^{2-}	Manganat	$HMnO_4^{1-}$
MnO_4	-3	MnO_4^{3-}	Manganit	$HMnO_4^{2-}$ –"– acid; $H_2MnO_4^{1-}$ –"– diacid

B.4 Compuși

Compuși chimici uzuali și forme disociate ale acestora.

Compus	Denumire	Cationi și anioni
H_2O	apă	H^+, O^{2-}
NaCl	sare de bucătărie	Na^+, Cl^{1-}
H_2SO_4	vitriol	H^+, SO_4^{2-}
$CuSO_4$	piatră vânătă	H^+, SO_4^{2-}
$CaCO_3$	calcar	Ca^{2+}, CO_3^{2-}
PbS	galenă	Pb^{2+}, S^{2-}
NH_4Cl	țipirig	NH_4^+, Cl^-
KNO_3	salpetru	K^+, NO_3^-
Na_3PO_4	TSP	Na^+, PO_4^{3-}
Na_4SiO_4	apă de sticlă	Na^+, SiO_4^{4-}
Na_2SiO_3	apă de sticlă	Na^+, SiO_3^{2-}
Al_2O3	alumină	Al^{3+}, O^{2-}
$NaHCO_3$	praf de copt	Na^+, HCO_3^{1-}