

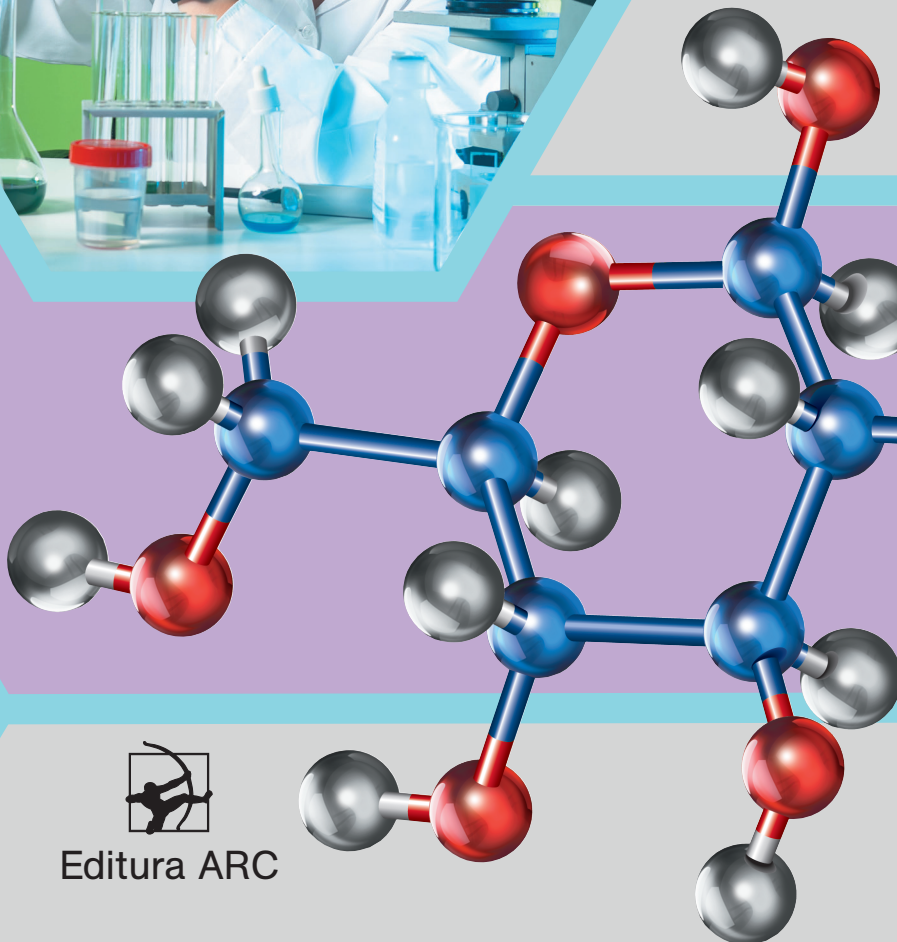
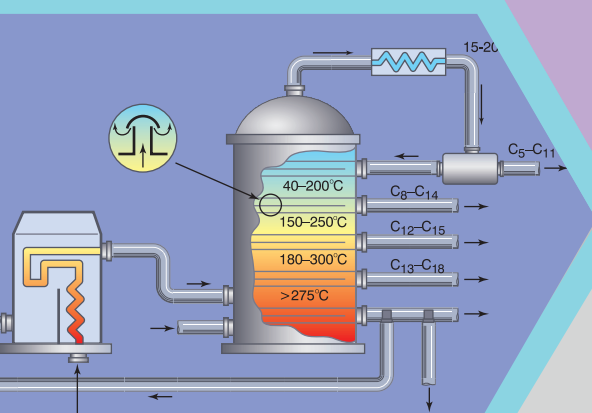


MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Galina Dragalina • Nadejda Velișco • Petru Bulmaga

Chimie

Manual
pentru clasa
a **XII**-a



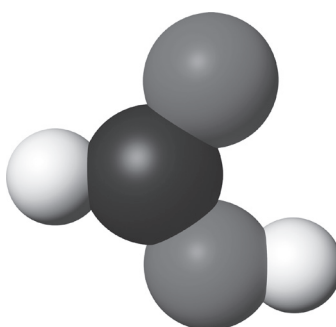
Editura ARC

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Galina Dragalina • Nadejda Velișco • Petru Bulmaga

Chimie

manual pentru clasa a XII-a



Editura ARC

Acest manual este proprietate publică, editat din sursele financiare ale Fondului special pentru manuale.
Manualul școlar a fost elaborat în conformitate cu prevederile Curriculumului la disciplină, aprobat prin ordinul Ministerului Educației, Culturii și Cercetării nr. 906 din 17 iulie 2019.
Manualul a fost aprobat prin ordinul ministrului educației și cercetării nr. 481 din 12 aprilie 2024 ca urmare a evaluării calității metodică-științifice.

(Denumirea instituției de învățământ)

Evidența utilizării manualului:

Anul de folosire	Numele, prenumele elevului	Anul de studii	Aspectul manualului	
			La primire	La returnare

- Dirigințele clasei verifică dacă numele, prenumele elevului sunt scrise corect.
- Elevii nu vor face niciun fel de însemnări în manual.
- Aspectul manualului (la primire și la returnare) se va aprecia de către dirigințe cu unul dintre următoarele calificative: *nou, bun, satisfăcător, nesatisfăcător*.

Redactor coordonator: *Tatiana Litvinova*, prof., grad didactic superior, Liceul Teoretic „Titu Maiorescu“, Chișinău
Redactor: *Liliana Armașu*
Copertă: *Mihai Bacinschi*
Tehnoredactare: *Marian Motrescu*
Desene: *Vitalie Stelea*

Editura Arc, str. G. Meniuc nr. 3, Chișinău;
tel.: 022-73-36-19, 022-73-53-29; fax: 022-73-36-23;
e-mail: info.edituraarc@gmail.com; www.edituraarc.md

Editura Arc se obligă să achite deținătorilor de copyright, care încă nu au fost contactați, costurile de reproducere a imaginilor folosite în prezenta ediție.
Reproducerea integrală sau parțială a textului și ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al Editurii Arc.
Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin Editurii Arc.

© Editura ARC, 2024
© Galina Dragalina, Nadejda Velișco, Petru Bulmaga

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN REPUBLICA MOLDOVA
Dragalina, Galina.

Chimie : manual pentru clasa a 12-a / Galina Dragalina, Nadejda Velișco, Petru Bulmaga; redactor coordonator: Tatiana Litvinova; Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova. – [Chișinău]: Arc, 2024 (Unisoft, Ucraina). – 199, [1] p.: fig., tab.

 Editat din sursele financiare ale Fondului special pentru manuale. – [16600] ex.
 ISBN 978-9975-0-0868-6.

54(075.3)
D 73

UNISOFT
Imprimat în Ucraina

DRAGI ELEVE ȘI ELEVII,

Chimia în clasa a XII-a cuprinde mai multe compartimente ale acestei discipline.

În conformitate cu actualul Curriculum, *Chimia organică* pentru liceu se studiază în clasele a XI-a și a XII-a. Corespunzător, ea este expusă în două manuale de chimie și este propusă în mod diferențiat elevilor de la profilurile real și umanist.

Cu ce veți începe studierea chimiei în clasa a XII-a?

Prima etapă presupune tradiționala *Recapitulare* a cunoștințelor acumulate în clasa a XI-a la capitolul *Legătura genetică dintre hidrocarburi și derivații lor*. Elevii/elevetele de la profilul real vor încheia recapitularea cu tema *Acizii carboxilici și esterii*, iar cei de la profilul umanist – cu tema *Compușii hidroxilici*.

Pe parcursul întregului an de învățământ, elevii/elevetele de la profilul umanist vor studia doar capitolele de *chimie organică*. Cei/cele de la profilul real vor avea o sarcină mai complexă. Ei/ele vor învăța *Compușii organici cu importanță vitală și industrială*, după care vor studia anumite teme ce țin de *producerea chimică* și de *chimia analitică*. Sarcina acestor compartimente este de a familiariza elevii/elevetele cu cele mai importante procese din industria chimică și cu unele elemente de analiză chimică, care stau la baza controlului analitic al calității materiei prime, al produsului finit și al mediului ambiant.

Pentru a vă ajuta să înțelegeți mai profund locul și rolul chimiei în viața noastră, autorii au introdus, la finele manualului, două capitole originale:

- *Diversitatea și unitatea chimică a lumii substanțelor.*
- *Chimia în viața societății.*

Vă dorim succes!

Autorii

CUPRINS

Reactualizarea și consolidarea cunoștințelor	8
Clasele de compuși organici	8
I. Clasificarea compușilor organici	8
Nomenclatura	9
Omologia și izomeria	9
Relațiile dintre structura și proprietățile compușilor organici	10
II. Legătura genetică dintre clasele de compuși organici studiați	13
III. Modele de rezolvare a exercițiilor și problemelor	13
III.1. Exerciții	13
*III.2. Probleme de calcul	14
Unitatea de învățare 1. Derivații oxigenați ai hidrocarburilor (pentru profilul umanist)	16
1.1. Aldehidele	16
1.1.1. Aldehidele. Caracterizarea generală	16
1.1.2. Metanalul și etanalul. Proprietățile aldehydelor și utilizarea lor	18
Experiența de laborator nr. 1. <i>Oxidarea aldehidelor. Reacțiile de identificare</i>	19
1.2. Acizii monocarboxilici saturați (alcanoici)	22
1.2.1. Acizii carboxilici. Caracterizarea generală	22
1.2.2. Acidul formic și acidul acetic. Proprietățile acizilor alcanoici și utilizarea lor	24
Experiența de laborator nr. 2. <i>Detartrarea/ înlăturarea calcarului/ petelor de rugină cu acid acetic</i>	25
Lucrarea practică nr. 1. <i>Proprietățile chimice ale acidului acetic</i>	26
1.3. Esterii	27
Proiect. <i>Conservanții și aromatizatorii – pro și contra</i>	31
Unitatea de învățare 2. Compuși organici cu importanță vitală și industrială	32
2.1. Grăsimile	32
2.1.1. Structura și proprietățile grăsimilor	32
2.1.2. Importanța grăsimilor. Săpunurile și detergenții	35
Experiența de laborator nr. 3. <i>Investigarea proprietăților săpunului și ale detergenților sintetici</i>	39
Experiența de laborator nr. 4. <i>Identificarea caracterului nesaturat al uleiului vegetal</i>	40
2.2. Hidrații de carbon – produși ai fotosintezei	40
2.2.1. Monozaharidele. Glucoza	41
2.2.2. Fructoza	43
2.2.3. Zaharoza	45
*Experiența de laborator nr. 5. <i>Investigarea procesului de hidroliză a zaharozei</i>	46
Proiect. <i>Fast-foodul – o necesitate sau un capriciu?</i>	46
2.2.4. Amidonul	47
Experiența de laborator nr. 6. <i>Solubilitatea hidraților de carbon. Identificarea glucozei și a amidonului</i>	51
2.2.5. Celuloza	51
2.3. Aminoacizii și proteinele	55
2.3.1. Aminoacizii	55

2.3.2. Proteinele	58
Lucrarea practică nr. 2. <i>Identificarea proteinelor. Investigarea acțiunii factorilor de denaturare a proteinelor</i>	62
2.4. Compușii macromoleculari sintetici	64
2.4.1. Polimerii sintetici – produși ai reacțiilor de polimerizare și policondensare	64
2.4.2. Noțiuni de mase plastice, fibre și cauciucuri	67
Experiența de laborator nr. 7. <i>Identificarea materialelor pe bază de compuși macromoleculari (organoleptic, după marcaj)</i>	70
*Lucrarea practică nr. 3. <i>Studierea proprietăților produșilor pe bază de compuși macromoleculari utilizați în activitatea cotidiană</i>	71
Proiect. <i>Planeta în ambalaj de plastic</i>	73

Unitatea de învățare 3. Compușii organici – substanțe indispensabile activității cotidiene 74

3.1. Diversitatea compușilor organici	74
3.2. Tipurile de reacții în chimia organică.	75
Proiect. <i>Prezentarea unei substanțe organice în contradictoriu</i>	76

Unitatea de învățare 4. Reacțiile chimice în producere (pentru profilul real) 77

4.1. Reacțiile chimice – componente esențiale ale producerii chimice	77
4.2. Reacțiile chimice – surse și consumatori de energie	79
4.2.1. Efectele termice ale reacțiilor chimice	79
4.2.2. Ecuații și calcule termochimice. Aplicații practice ale calculelor termochimice	80
4.3. Viteza reacțiilor chimice. Factorii ce influențează viteza de reacție	82
4.3.1. Viteza reacțiilor chimice în sistemele omogene și eterogene	82
4.3.2. Factorii ce influențează viteza reacției chimice. Legea acțiunii maselor	83
4.3.3. Influența temperaturii asupra vitezei de reacție	85
4.3.4. Noțiunea de cataliză	86
4.4. Echilibrul chimic	88
4.4.1. Procese chimice reversibile și ireversibile	88
4.4.2. Factorii ce influențează deplasarea echilibrului chimic. Principiul Le Châtelier	89
4.4.3. Deplasarea echilibrului chimic în sisteme reactante cu importanță industrială	92
4.5. Producerea chimică	94
4.5.1. Noțiuni generale	94
4.5.2. Materia primă	94
4.5.3. Caracteristicile reacțiilor chimice folosite în procesele tehnologice	95
4.5.4. Condițiile optime de realizare a procesului chimic cu un randament maximal	96
4.5.5. Rezolvarea problemelor cu aplicarea noțiunilor de parte de masă substanță pură/impurități, al randamentului produsului de reacție	99
4.6. Producerea varului nestins, fontei și oțelului, sticlei	102
4.6.1. Producerea varului nestins	102
4.6.2. Producerea fontei și oțelului (noțiuni elementare)	103
4.6.3. Procese de oxido-reducere în producerea chimică. Metoda bilanțului electronic	106
4.6.4. Producerea sticlei.	107

4.7. Petrolul. Principii de prelucrare	108
Proiect. Valorificarea deșeurilor – o cerință esențială a producerilor contemporane.	110
4.8. Reacțiile chimice și monitorizarea mediului	112

Unitatea de învățare 5. Noțiuni generale de analiză chimică (pentru profilul real) . . . 115

5.1. Noțiuni generale	115
5.1.1. Reacțiile analitice	117
5.1.2. Reactivi analitici	118
5.2. Soluțiile – mediu de realizare a analizei chimice	119
5.2.1. Caracteristica generală și clasificarea soluțiilor.	119
5.2.2. Metode cantitative de exprimare a compoziției soluțiilor.	121
5.2.3. Prepararea soluțiilor	122
5.3. Disocierea electroliților în soluții	128
5.3.1. Procese ce au loc la dizolvarea substanțelor în apă.	128
5.3.2. Concentrația ionilor în soluții	129
5.3.3. Caracteristicile cantitative ale procesului de disociere electrolitică	130
5.3.4. Disocierea apei. Produsul ionic al apei.	133
5.3.5. Indicele de hidrogen pH.	135
5.3.6. Reacții în soluții de electroliți.	138
Experiența de laborator nr. 8. <i>Determinarea mediului soluțiilor apoase</i>	139
5.4. Analiza chimică în producere și în activitatea cotidiană	140

Unitatea de învățare 6. Noțiuni generale de analiză calitativă (pentru profilul real) . . 142

6.1. Clasificarea cationilor în analiza calitativă	142
6.2. Reacții de identificare a cationilor	143
Experiența de laborator nr. 9. <i>Efectuarea reacțiilor de identificare a cationilor</i> $Ag^+, Pb^{2+}, Ca^{2+}, Ba^{2+}, Fe^{3+}, NH_4^+$	147
6.3. Separarea grupelor de cationi dintr-un amestec	148
6.4. Clasificarea anionilor în grupe analitice. Reactivi de grupă	149
6.5. Reacții de identificare a anionilor.	150
Experiența de laborator nr. 10. <i>Efectuarea reacțiilor de identificare a anionilor Cl^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}</i>	152
Lucrarea practică nr. 4. <i>Identificarea cationilor și anionilor într-un amestec</i>	152
Lucrarea practică nr. 5. <i>Analiza calitativă a compoziției unei soluții ce conține o sare necunoscută</i>	156

Unitatea de învățare 7. Analiza cantitativă. Titrimetria (volumetria) (pentru profilul real) 158

7.1. Metode titrimetrice (volumetrice) de analiză. Noțiuni generale	158
7.1.1. Măsurarea volumelor în metodele titrimetrice și erorile posibile.	160
7.1.2. Efectuarea unei operații de titrare	162
7.1.3. Soluții standard. Prepararea soluțiilor titranților.	163
7.1.4. Calcule în metoda volumetrică	164
7.2. Titrimetria acido-bazică. Soluții standard	166
Lucrarea practică nr. 6. <i>Titrare acido-bazică. Prepararea și standardizarea unei soluții de hidroxid de sodiu</i>	169

Lucrarea practică nr. 7. <i>Aplicarea titrării acido-bazice la determinarea acidității laptelui</i>	172
Lucrarea practică nr. 8. <i>Aplicarea titrării acido-bazice la cercetarea unei mostre de aspirină</i>	173

Unitatea de învățare 8. Diversitatea și unitatea chimică a lumii substanțelor. 176

8.1. Unitatea substanțelor anorganice și organice	176
8.1.1. Compoziția, structura și clasificarea compușilor	176
8.1.2. Tipurile legăturii chimice	177
8.1.3. Nomenclatura compușilor anorganici și organici	180
8.1.4. Fenomene de alotropie și izomerie	180
8.1.5. Tipuri de reacții în chimia anorganică și organică	182
8.1.6. Utilizarea compușilor anorganici și organici	183
Proiect. <i>Substanțele ce îmi asigură confortul în casă</i>	185
8.2. Legătura genetică în chimia anorganică și organică	185

Unitatea de învățare 9. Chimia în viața societății 189

9.1. Chimia și produsele alimentare	189
9.2. Chimia și produsele farmaceutice	191
9.3. Chimia și produsele de igienă și cosmetice	192
Proiect. <i>Eu în lumea chimiei</i>	194
9.4. Chimia și calitatea vieții	195

SEMNIFICAȚIA SIMBOLURILOR

 **Noțiuni-cheie**
Noțiune de bază din text

 **Definiție de reținut**

 **Experiență demonstrativă**

 **Remarcă**
Constatarea faptelor, a fenomenelor chimice etc.

 **Lucru în echipă**
Realizarea sarcinilor de un grup de elevi

 **Experiențe de laborator sau lucrări practice**

 **Știați că...**
Informație pentru îmbogățirea cunoștințelor

 **Să reținem!**
Informație generalizatoare la sfârșitul temei

 **Efectuarea reacțiilor de identificare**

 **Proiect**

 **Sarcini imediate**
Soluționarea sarcinii asigură trecerea la următorul conținut

 **Conținut și sarcini obligatorii pentru profilul real**
 **Material suplimentar pentru profilul real (la discreția profesorului)**

REACTUALIZAREA ȘI CONSOLIDAREA CUNOȘTIINȚELOR

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să compari compușii organici studiați (alcanii, alchenele, alchinele, alcoolii, *alcanalii, *acizii alcanoici) după compoziție, structură, proprietăți, utilizare;
- să exemplifici legătura genetică dintre compușii organici studiați (prin scheme de reacții și transformări chimice);
- să rezolvi exerciții și probleme ce vizează compoziția, nomenclatura, omologia, izomeria, de stabilire a proprietăților compușilor studiați și de obținere a lor.

CLASELE DE COMPUȘI ORGANICI

I. Clasificarea compușilor organici

Pe parcursul studierii chimiei organice în clasa a XI-a, am constatat că „lumea” compușilor organici este foarte numeroasă și diversă, am stabilit cauzele acestei diversități și am încercat să ne orientăm în „haosul” alcătuit din mai mult de zeci de milioane de compuși organici.

Fundamentul compușilor organici îl constituie *hidrocarburile*. De la diversele *tipuri de hidrocarburi* (saturate, nesaturate, aromatice), prin înlocuirea unuia sau a câtorva atomi de hidrogen din molecula lor cu alți atomi sau grupe de atomi, numite *grupe funcționale* (de exemplu $-\text{OH}$, $^*\text{-NO}_2$), se obțin derivați ai hidrocarburilor sau *clase de compuși organici*. Astfel, de la alcani, înlocuind un atom de hidrogen H prin grupa OH sau $^*\text{CH=O}$ ș.a., rezultă *clasele*: alcanoli, *alcanali etc. În mod similar, se pot forma diverse clase de compuși în bază de alchene, alchine, arene ș.a.

Să încercăm a exemplifica cele expuse mai sus în formă generală: să efectuăm o clasificare simplă pe baza alcanilor, clasificare sub forma unui tabel, la care vom putea reveni și atunci când vom studia materia nouă din clasa a XII-a.

Drept călăuză de ordonare ne va servi, pe orizontală, structura celor mai simple substanțe pe clase de compuși (după grupele funcționale ce le conțin), iar pe verticală – aranjarea ascendentă în serii omoloage pentru majoritatea claselor de compuși, ținându-se cont și de fenomenul izomeriei. În formă simplă se obține un tabel cu următorul început:



Să ne încercăm competențele

Transcrieți acest tabel pe o coală mare de hârtie, completați-l cu formulele generale, cu formulele de structură ale unor noi omologi și izomeri (pe verticală), cu alte clase de compuși (*acizi carboxilici ș.a.), apoi denumiți tabelul (de ex. **Tabelul clasificării, realizat de Ursu T.**).

	Alcani ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$)	Halogeno- alcani	Alcanoli	*Alcanali
Omologi, izomeri	CH_4	CH_3Cl	CH_3OH	$\text{H}-\text{CH}=\text{O}$
	C_2H_6	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{O}$
	C_3H_8	$\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{CH}=\text{O}$
	...	...	...	...

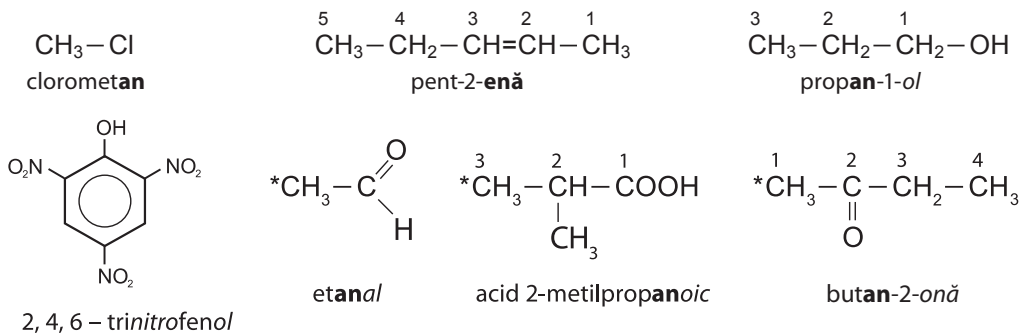
Acest tabel se aseamăna cu o „poartă deschisă” spre alți compuși, de care am luat cunoștință parțial în clasa a XI-a, iar alții vor fi studiați în manualul de față. Compușii organici cunoscuți au fost descriși în literatura de specialitate. Probabil, există în natură sau pot fi obținute pe cale chimică și alte substanțe, care încă nu au fost descoperite. Să acceptăm tabelul respectiv ca pe o *cale spre infinit*, deoarece nimeni nu poate spune care este limita de jos sau cea din dreapta a tabelului. Cu certitudine, vor fi descoperite noi substanțe în tipurile de hidrocarburi sau în clasele cunoscute deja, sau vor fi constituite noi clase de compuși organici.

Nomenclatura

În chimie, *nomenclatura* este modalitatea de a numi substanțele. Există mai multe tipuri de nomenclaturi. Noi o cunoaștem pe cea *istorică*, ce conține nume acordate sporadic sau nume de proveniență grecească și este legată de condițiile descoperirii substanței, și cea *contemporană* (*sistematică* sau IUPAC), care constituie o sistematizare științifică ce permite numirea substanței după componentele structurii și, invers, scrierea formulei de structură a substanței după denumirea acesteia.

La baza oricăror clase de compuși stau diversele tipuri de hidrocarburi. Rădăcina care indică numărul atomilor de carbon în denumirea lor este aceeași (C_1 – *met*, C_2 – *et*, C_3 – *prop*, C_4 – *but*, C_5 – *pent* etc.), iar terminațiile diferă: *an* înseamnă hidrocarburi saturate; *enă* – cu legătură dublă, *ină* – cu legătură triplă etc. Pentru derivații hidrocarburilor (numiți și *clase de compuși*) denumirea grupei funcționale este situată fie în fața denumirii hidrocarburii (*halogeno*; **nitro*), fie la sfârșitul denumirii hidrocarburii (*ol*, **al*/ **onă*, **oic*), marcându-se, dacă e nevoie, poziția grupei sau a legăturii multiple și numărul lor (*di-*, *tri-*, dacă sunt 2-, 3-). Numerotarea catenei carbonice începe din capătul unde e mai aproape ramificarea sau/ și grupa funcțională. De exemplu:

Denumirile sistematice



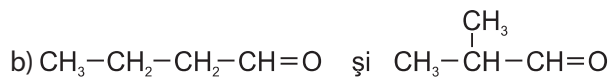
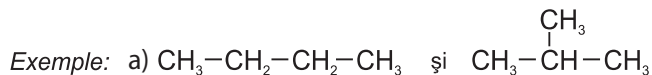
Omologia și izomeria

Se numesc *omologi* compușii asemănători după compoziție, structură și proprietăți, care se deosebesc între ei prin una sau mai multe grupe CH_2 . *Omologia* este fenomenul de existență a omologilor. Cunoscând câteva substanțe de acest fel, putem alcătui și caracteriza diferiți reprezentanți din seria omoloagă a hidrocarburilor sau a clasei respective de compuși.

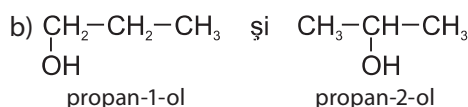
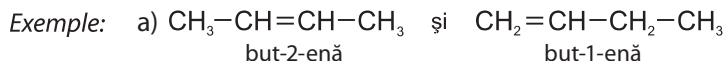
Izomeri sunt substanțele cu aceeași compoziție moleculară, dar cu structură și proprietăți diferite. *Izomeria* este fenomenul de existență a izomerilor.

Fenomenele izomeriei și omologiei explică multitudinea și diversitatea substanțelor organice. Pe parcursul studierii chimiei organice am însușit principalele tipuri de izomerie.

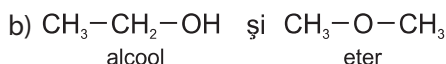
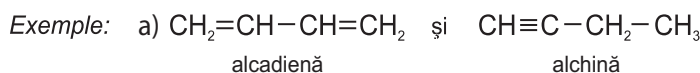
1) Izomeria de ramificare a catenei (izomerie de catenă)



2) Izomeria de poziție (a legăturii multiple sau a grupei funcționale, ori de aranjare reciprocă a acestora)

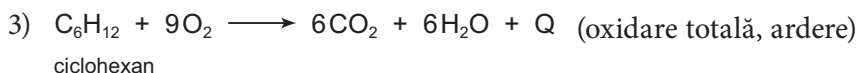
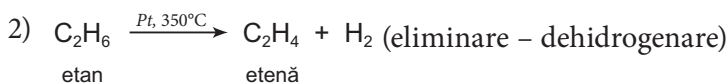
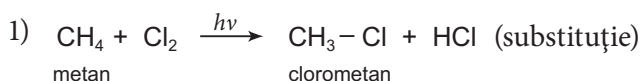


*3) Izomeria de funcțiune, izomerii fiind reprezentanți ai diverselor tipuri de hidrocarburi sau clase de compuși organici

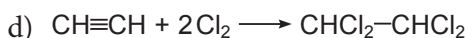
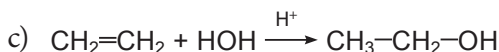
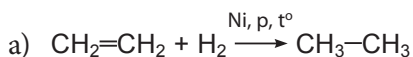


Relațiile dintre structura și proprietățile compușilor organici

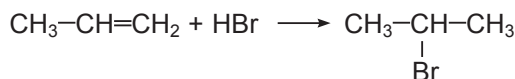
Hidrocarburile saturate. Alcanii și *cicloalkanii, în condiții obișnuite, sunt stabili din punct de vedere chimic, deoarece reprezintă hidrocarburi saturate și nu conțin grupe funcționale active, iar legăturile chimice C-C sunt nepolare și C-H sunt slab polarizate. În condiții rigide, ei participă la reacții de substituție (clorurare), eliminare (dehidrogenare), oxidare. De exemplu:



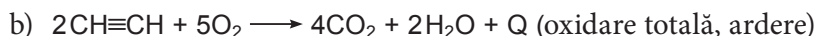
Hidrocarburile nesaturate (alchenele, alcadienele, alchinele). Hidrocarburile nesaturate sunt mai active chimic decât cele saturate *datorită prezenței legăturii π (mai slabe decât legătura σ). Ele participă la reacții de adiție, oxidare, polimerizare.

1) **Adiție:**

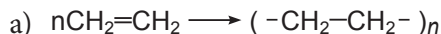
***Remarcă.** Adiția hidracizilor sau a apei la legătura dublă din alchenele nesimetrice are loc conform regulii lui Markovnikov (hidrogenul se leagă de carbonul mai hidrogenat):



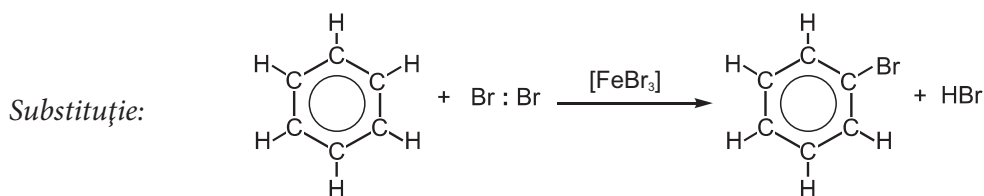
2) Oxidare:



3) Polimerizare:

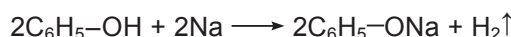


Hidrocarburile aromatice (arenele). Nucleul benzenic este stabil chimic, deoarece toate legăturile carbon-carbon din el sunt identice. Reacțiile caracteristice arenelor sunt cele de substituție în nucleul benzenic (halogenare, *nitrare). *În anumite condiții decurg și reacții de adiție (a hidrogenului, clorului). Omologii benzenului sunt mai activi chimic, datorită influenței reciproce a grupei alchil și a nucleului benzenic.



Compușii hidroxicilici (alcooli și fenolul). Proprietățile fizice și chimice sunt determinate de prezența grupei hidroxic OH.

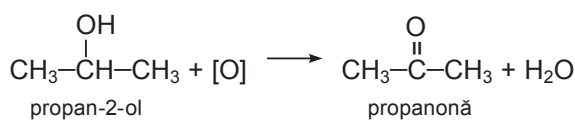
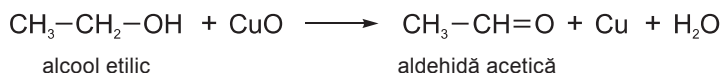
1) Pentru alcooli sunt caracteristice reacțiile de substituție, de oxidare și de deshidratare. Compușii hidroxicilici interacționează cu metalele alcaline:



2) În molecula de fenol, legătura chimică O--H este mai polarizată decât cea din alcooli, de aceea hidrogenul este mai labil. Astfel, fenolul, spre deosebire de alcanoli, interacționează ușor cu bazele alcaline:



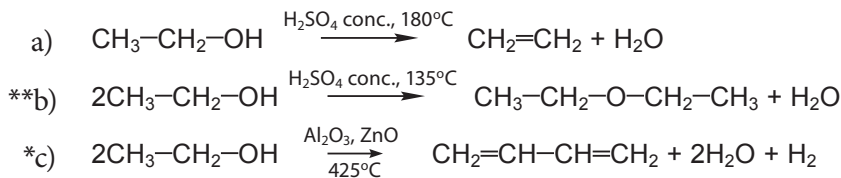
*3) La oxidarea alcoolilor primari, se formează *aldehide*, iar a celor secundari – *cetone*:



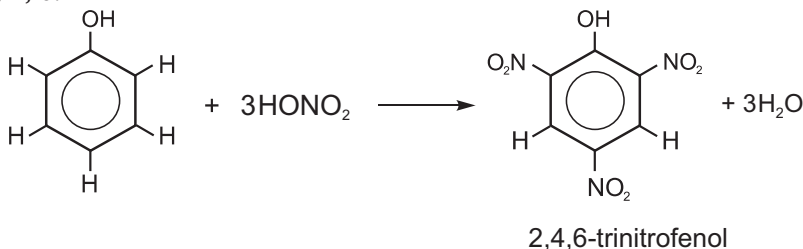
Arderea alcoolilor decurge conform ecuației:



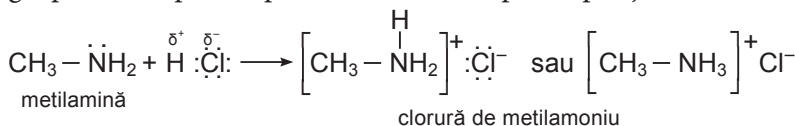
4) La deshidratarea etanolului, în funcție de condiții, se pot forma *etenă* (a), *eter* (b)



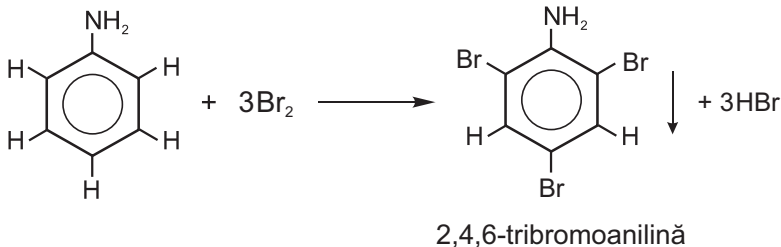
În molecula de fenol sunt două centre reactante: *grupa OH* și *nucleul benzenic*. Astfel, fenolul participă și la reacții de substituție, caracteristice nucleului benzenic. Datorită influenței grupei OH, substituția decurge mai ușor decât în cazul benzenului, avantajate fiind pozițiile 2, 4, 6:



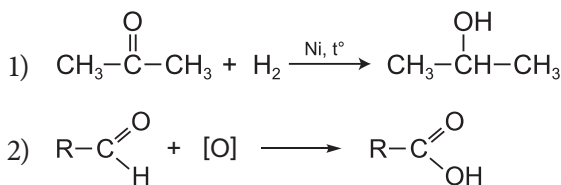
****Aminele, anilina** conțin grupa funcțională amină și, asemeni amoniacului, manifestă proprietăți bazice, interacționând cu acizii. Protonul din molecula de acid se leagă de atomul de azot din grupa amină prin cuplul de electroni neparticipanți ai acestuia:



În molecula de anilină, ca și în cea de fenol, sunt două centre reactante care se influențează reciproc. În nucleul benzenic mai active sunt pozițiile 2, 4, 6. Astfel, anilina interacționează ușor cu apa de brom, formând 2,4,6-tribromoanilină:



***Compușii carbonilici (aldehidele și cetonele).** Compușii carbonilici participă la reacții de reducere (1) în prezență de catalizator (Ni) și de oxidare (2), aldehidele oxidându-se mult mai ușor decât cetonele.



***Acizii carboxilici și esterii.** Pentru acizii carboxilici este caracteristică prezența legăturii de hidrogen. Acizii carboxilici sunt mai slabi decât acizii minerali. Ei interacționează cu metalele, oxizii, bazele etc. și cu alcoolii (reacție de esterificare).

3. Pentru care dintre substanțele *a–g* există legături de hidrogen între molecule: a) etenă, b) izopren, c) etandiol, d) fenol, *e) propanal, *f) acid acetic, *g) formiat de etil?

Rezolvare:

Dintre compușii organici studiați până acum, doar pentru alcooli, fenoli și acizii carboxilici sunt caracteristice legăturile de hidrogen, adică pentru substanțele c), d) și f).

***4.** Care dintre compușii *a–j* interacționează la încălzire cu reactivul Tollens:

- a) etenă c) cloroetan e) propanal g) propanonă i) formiat de etil
b) benzen d) etanol f) propan h) acid metanoic j) acid etanoic

Rezolvare:

Doar compușii care conțin gruparea aldehidică ($\text{CH}=\text{O}$) dau reacția oglinzii de argint: e), h) și i).

*III.2. Probleme de calcul

Stabilirea formulei moleculare după părțile de masă ale elementelor (ω) și masa molară relativă (M_r) a substanței sau după clasa de compuși.

1. Părțile de masă ale carbonului și hidrogenului într-un alcool sunt egale, respectiv, cu 52,17% (C) și 13,04% (H). Stabiliți formulele moleculară și posibilele formule de structură ale alcoolului.

Se dă:

$$\omega(\text{C}) = 52,17\%$$

$$\omega(\text{H}) = 13,04\%$$

Formula moleculară – ?

Rezolvare

1) Stabilim partea de masă de oxigen în alcool:

$$\omega(\text{O}) = 100\% - \omega(\text{C}) - \omega(\text{H}) = 100\% - 52,17\% - 13,04\% = 34,79\%.$$

2) Determinăm raportul cantităților de substanță de carbon, hidrogen și oxigen în alcool, considerând masa substanței egală cu 100 g:

$$v(\text{C}) : v(\text{H}) : v(\text{O}) = \frac{52,17 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} : \frac{13,04 \text{ g}}{1 \text{ g/mol}} : \frac{34,79 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 4,34 \text{ mol} : 13,04 \text{ mol} : 2,17 \text{ mol}$$

3) Stabilim raportul cantităților de substanțe C, H și O:

$$\frac{4,34}{2,17} : \frac{13,04}{2,17} : \frac{2,17}{2,17} = 2 : 6 : 1$$

Răspuns: Formula moleculară și cea de structură ale alcoolului sunt, respectiv, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ și $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$.

2. O substanță organică (A), cu masa moleculară relativă egală cu 60, conține carbon, hidrogen și oxigen în raportul de mase 6 : 1 : 8. Stabiliți formula moleculară a substanței și arătați posibilele formule de structură.

Se dă:

$$M_r(\text{A}) = 60$$

$$m(\text{C}) : m(\text{H}) : m(\text{O}) = 6 : 1 : 8$$

Formula moleculară – ?
Notați posibile formule de structură – ?

Rezolvare

Substanța $\text{A} = \text{C}_x \text{H}_y \text{O}_z$

1) Stabilim raportul cantităților de substanță de carbon, hidrogen și oxigen:
 $x : y : z = 6/12 : 1/1 : 8/16 = 0,5 : 1 : 0,5 = 1 : 2 : 1$

Obținem formula brută: CH_2O .

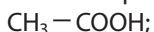
2) În baza masei moleculare relative, determinăm formula moleculară:

$$M_r(\text{CH}_2\text{O})_n = (12 + 2 + 16)_n = 30_n$$

$$M_r(\text{A}) = 60 = 30_n \quad n = 2$$

Formula moleculară este $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

Deducem posibilele formule de structură:



Răspuns. Substanța A este sau acidul acetic, sau formiatul de metil.

EXERCIȚII ȘI PROBLEME

1. Scrieți formulele de structură și numiți trei alcani care nu pot avea izomeri.
2. Pentru fiecare pereche de substanțe indicați tipul de relație (omolog, izomer sau derivat):

a) 2,3-dimetilbutan și 2-metilpentan;	*d) benzen și toluen;
b) pentan și propan;	*e) butină și buta-1,3-dienă;
c) propan și propanol;	*f) acid etanoic și formiat de metil.
3. Se dau substanțele: a) 2,3-dimetilpentan; b) hexa-1,4-dienă; c) 3-metilpent-1-ină; *d) ciclohexan; e) buta-1,3-dienă; f) penta-1,3-dienă. Alegeți omologii (I) și izomerii (II) hexa-1,5-dienei.
4. Scrieți pentru hex-1-enă câte un izomer de: a) catenă; b) poziție a legăturii duble.
- *5. Alegeți substanțele care se supun hidrolizei și scrieți ecuațiile reacțiilor:

a) etenă;	d) clorometan;	g) etanol;
b) propină;	e) buta-1,3-dienă;	h) acetat de metil;
c) benzen;	f) fenol;	i) acid etanoic.
6. Examinați substanțele *a-i* din exercițiul precedent. Care dintre ele dau reacția de adiție a apei? Scrieți ecuațiile reacțiilor. *Arătați deosebirea dintre hidroliză și hidratare.
7. Propuneți (prin formule structurale) câte un reprezentant al tuturor tipurilor de hidrocarburi studiate. Arătați, pentru fiecare, câte două ecuații ale reacțiilor caracteristice.
8. Scrieți câte un reprezentant al claselor de compuși organici studiați. Arătați, pentru fiecare, câte două ecuații ale reacțiilor caracteristice.
9. Scrieți câte o ecuație a reacției, prin care să demonstrați importanța practică a substanțelor: a) metan; b) buta-1,3-dienă; c) acetilenă; d) benzen; e) etanol; *f) etanal; *g) acid etanoic.
- *10. Propuneți pentru fenol câte o ecuație a reacției de: a) substituție; b) adiție.
- *11. Obțineți fenol din compuși anorganici.
12. Calculați volumul (c.n.) de metan, necesar la producerea unei tone de acetilenă.
Răspuns: $V(\text{metan}) = 1723 \text{ m}^3$.
- *13. Stabiliți formula moleculară și posibili izomeri pentru alchena cu densitatea relativă față de azot egală cu 2.
Răspuns: C_4H_8 .
- *14. O hidrocarbură aromatică conține 91,3% de carbon. Determinați formulele moleculară și de structură ale hidrocarburi.
Răspuns: C_7H_8 .
- *15. O substanță organică, cu masa de 2,96 g și densitatea relativă a vaporilor săi față de aer de 2,55, formează la ardere 7,04 g de CO_2 și 3,6 g de apă. Stabiliți formula moleculară a substanței. Scrieți și numiți izomerii posibili.
Răspuns: $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.
- *16. Stabiliți cantitatea de substanță de metanal conținută în 1,5 L de soluție apoasă (densitatea soluției fiind de 1,06 g/mL) cu partea de masă de 20%.
Răspuns: $v(\text{metanal}) = 10,6 \text{ mol}$.
- *17. Carbură de calciu cu cantitatea de substanță 3,2 mol a fost transformată în aldehydă. Jumătate din masa acesteia a fost oxidată, iar jumătate redusă. Producții formați au fost supuși esterificării. Calculați masa esterului obținut în urma acestor transformări.
Răspuns: $m(\text{ester}) = 140,8 \text{ g}$.
- *18. În baza chitanței de plată pentru gazul natural (metan) consumat acasă în luna precedentă, calculați: a) volumul de metan (c.n.) conținut în volumul enunțat de gaz, dacă se știe că gazul furnizat Republicii Moldova conține 3% de impurități necombustibile gazoase; b) volumul oxigenului (c.n.) consumat la arderea gazului; **c) cantitatea de căldură primită, dacă efectul termic al reacției de ardere a metanului este de 412 kJ.

DERIVAȚII OXIGENAȚI AI HIDROCARBURILOR

(pentru profilul umanist)

1.1. Aldehydele

După studierea acestei subunități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să explici și să operezi în situații de comunicare orală și scrisă cu noțiunile ce se referă la derivații oxigenați ai hidrocarburilor;
- să modelezi pentru aldehyde, formulele moleculare și de structură ale omologilor, izomerilor, denumirea lor;
- să caracterizezi prin scheme și ecuațiile reacțiilor obținerea, proprietățile chimice ale aldehyde-
lor și a legăturii lor genetice;
- să rezolvi probleme cu conținut aplicativ în baza proprietăților, obținerii, acțiunii fiziologice/ecologice a compușilor organici vizați;
- să investighezi experimental proprietățile aldehydelor;
să apreciezi critic utilizarea aldehydei formice în compoziția diferitor produse.



Noțiuni-cheie

- Compuși carbonilici
- Aldehyde
- Alcanali
- Grupa aldehydică



Compuși organici ce conțin în moleculă grupa funcțională aldehydică $-\text{C}(=\text{O})\text{H}$ legată de un rest de hidrocarbură R se numesc **aldehyde** (cu excepția aldehydei formice $\text{H}-\text{CH}=\text{O}$, în molecula căreia R reprezintă un atom de hidrogen).

După natura restului de hidrocarbură, deosebim *aldehyde saturate, nesaturate, aromatice*. Vom examina aldehydele saturate.

1.1.1. Aldehydele. Caracterizarea generală

Seria omoloagă, nomenclatura. Aldehydele saturate provin de la alcani prin înlocuirea a doi atomi de hidrogen cu unul de oxigen. Astfel, formula generală a aldehydelor saturate este $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ ($n \geq 1$).

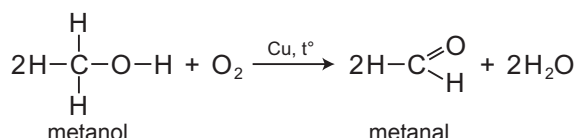
Seria omoloagă a alcanilor începe cu CH_4 , iar cea a aldehydelor – cu CH_2O sau $\text{H}-\text{C}(=\text{O})\text{H}$ (vezi tabelul 1.1).

Tabelul 1.1. **Primii reprezentanți ai seriei omoloage a aldehydelor**

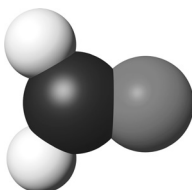
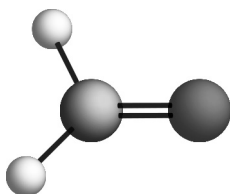
Formula		Denumirea		$T_f, ^\circ\text{C}$
moleculară	de structură	sistematică	istorică	
CH_2O	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})\text{H}$	Metanal	Aldehydă formică	-21
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})\text{H}$	Etanal	Aldehydă acetică	+20

Conform nomenclaturii sistematice, numele aldehydelor se formează de la numele alcanilor cu același număr de atomi de carbon, la care se adaugă sufixul *al*. Deseori sunt utilizate și denumirile istorice, formate din termenul *aldehidă* și numele acidului care provine de la această aldehidă (*tabelul 1.1*).

Obținerea. Oxidarea alcoolilor. Aldehidele se obțin prin oxidarea alcoolilor cu oxid de cupru(II) sau cu oxigenul din aer în prezența catalizatorului. De exemplu, la trecerea unui curent de vapori de metanol și aer peste o placă incandescentă de cupru care joacă rolul de catalizator, se obține metanal:

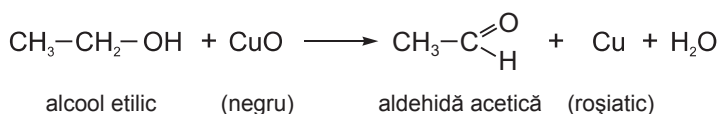


La încălzirea alcoolului etilic cu oxid de cupru (II), se formează etanal.

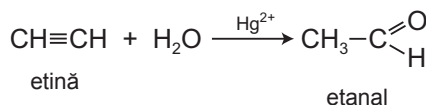


Modele ale moleculei de metanal

Să încălzim o spirală de cupru în flacăra spirtierei (ea se înnegrește de la formarea oxidului de cupru (II) CuO), apoi, fierbinte, să o introducem într-o eprubetă cu puțin etanol. Observăm că spirala își recapătă luciul și culoarea galben-roșiatică, iar din eprubetă se simte un miros plăcut de mere verzi, ceea ce indică prezența aldehydei acetice.



Hidratarea alchinelor. Tratarea cu apă a acetilenei (etinei) în condițiile reacției Kucarov permite obținerea etanalului:



EVALUARE

1. Definiți noțiunea de *aldehide*.
2. Scrieți formula generală a aldehydelor. Dați exemple de aldehide.
3. Scrieți formulele de structură ale primilor patru reprezentanți ai seriei omoloage a aldehydelor și denumiți-i după nomenclatura sistematică. Care dintre ei există sub formă de izomeri?
4. Caracterizați metodele de obținere a aldehydelor, exemplificând cu metanalul și etanalul.
5. Realizați transformările, arătați condițiile de efectuare, denumiți producții:
$$\text{CH}_3-\text{CH}_3 \longrightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 \longrightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_3-\text{CH}=\text{O}$$
6. Obțineți etanal din compuși anorganici. Indicați tipul fiecărei reacții.
7. Calculați cantitatea de substanță și masa de etanal, care se obține din alcoolul corespunzător cu masa de 69 g.

Răspuns: $v(\text{etanal}) = 1,5 \text{ mol}$; $m(\text{etanal}) = 66 \text{ g}$.

- Adiție
- Reducere
- Oxidare
- Formalină
- Rășini fenolformaldehidice
- Reactiv Tollens

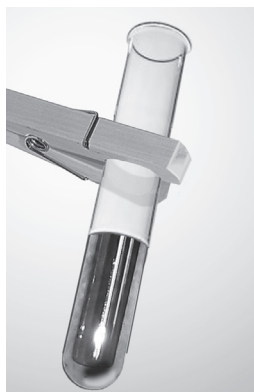


Fig. 1.1. Reacția oglinzii de argint

1.1.2. Metanalul și etanalul.

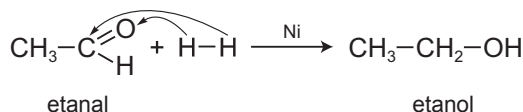
Proprietățile aldehydelor și utilizarea lor

Proprietățile fizice. Să examinăm ultima coloniță a *tabelului 1.1*. Din valorile punctelor de fierbere, pentru aldehyde rezultă că metanalul este un gaz, iar etanalul – un lichid volatil.

Ambele aldehyde au miros înțepător, sunt solubile în apă și în dizolvanți organici. Soluția apoasă de aldehydă formică de 40% este cunoscută sub numele de *formalină* sau *formol*.

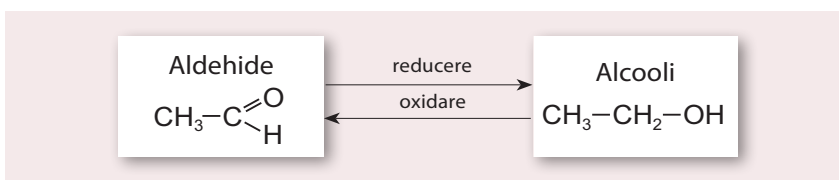
Proprietățile chimice. Prezența grupei aldehydice determină proprietățile chimice ale aldehydelor; acestea pot da reacții de adiție a hidrogenului la legătura dublă C=O, la fel ca alchenele, și se pot oxida.

Reducerea. Reacția de adiție a hidrogenului la legătura dublă C=O se mai numește *reducere*. La reducerea aldehydelor se formează alcoolii. De exemplu:

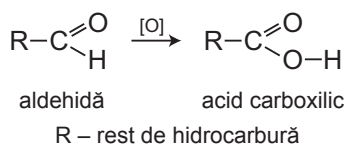


Să ne amintim că la oxidarea alcoolilor se formează aldehyde. Astfel, cele două clase de compuși – alcoolii și aldehydele – sunt legate genetic între ele.

De exemplu:



Oxidarea. Aldehydele se oxidează ușor cu diferiți agenți de oxidare sau chiar cu oxigenul din aer, transformându-se în acizi carboxilici conform schemei:



Drept agent de oxidare mai poate servi hidroxidul de cupru (II), care este agent de oxidare blândă.

a) *Reacția oglinzii de argint.* Pentru identificarea aldehydelor se folosește *reactivul Tollens*, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Pentru simplitate, în manual vom folosi formula Ag_2O .

Aldehyda acetică se oxidează cu reactivul Tollens până la acidul acetic (*fig. 1.1*):



Remarcă

Experiențele cu reactivul Tollens și $\text{Cu}(\text{OH})_2$ servesc la identificarea aldehydelor.

unor culori de la albastru spre galben până la roșu. Când pe pereții eprubetei se depune un precipitat fin sub formă de oglindă roșiatică, încetați încălzirea.

Completați tabelul. Descrieți (în caiete) mersul lucrării, notați observațiile, scrieți ecuațiile reacțiilor.

Utilaj și reactivi	Modul de lucru	Observații	Concluzii. Ecuațiile reacțiilor

EVALUARE

- Masele moleculare relative ale metanolului și metanalului sunt aproape identice (32 și, respectiv, 30), dar aceste substanțe se deosebesc mult după starea de agregare (metanolul este un lichid cu temperatura de fierbere 64°C, iar metanalul este un gaz). Explicați cauza.
- Scrieți ecuațiile reacțiilor de reducere a aldehydelor cunoscute. Numiți alcoolii formați.
- Scrieți ecuația reacției dintre etanal și: a) oxid de argint (I); b) hidroxid de cupru (II). Indicați oxidantul și reducătorul.
- Ce au în comun și prin ce se deosebesc legăturile duble C=C (din alchene) și C=O (din aldehide)? Argumentați, luând ca exemplu etena și etanalul.
- Selectați afirmațiile adevărate:
 - Aldehidele există doar sub formă de lichide.
 - Hidroxidul de cupru (II) servește la identificarea aldehydelor.
 - Aldehidele sunt mai active chimic decât alcanii.
 - La reducerea aldehydelor se formează acizi.
- Stabiliți compuşii care interacționează cu hidrogenul:
 - etanol;
 - buta-1,3-dienă;
 - etină;
 - benzen;
 - metanal;
 - butan;
 - propenă.
- În trei eprubete numerotate se află: a) formalină; b) etanol; c) glicerol. Propuneți un singur reactant de identificare a conținutului acestor eprubete. Indicați efectul vizibil pentru fiecare caz (acolo unde el este posibil).
- Numiți domeniile de utilizare ale aldehydelor: a) formică; b) acetică.
- Efectuați transformările, scriind ecuațiile reacțiilor:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_4 & \xrightarrow{?} & \text{C}_2\text{H}_2 & \xrightarrow{?} & \text{CH}_3-\text{CH}=\text{O} & \xrightarrow{?} & \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} & \xrightarrow{?} \\ & \xrightarrow{?} & \text{CH}_2=\text{CH}_2 & \xrightarrow{?} & \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Cl} & & & \end{array}$$
- Printr-un litru de apă a fost barbotat metanal cu volumul de 11,2 L (c.n). Care este masa soluției formate?
- Stabiliți masa etanolului necesar la obținerea aldehidei acetice cu cantitatea de substanță de 2,5 mol.
Răspuns: $m(\text{etanol}) = 115 \text{ g}$.

Să reținem!

Aldehidele:

- provin genetic din alcooli;
- se oxidează ușor până la acizii carboxilici;
- pot fi identificate cu ajutorul oxidului de argint (I) și al hidroxidului de cupru (II);
- se utilizează în sinteza organică, la producerea de rășini, cleiuri, lacuri.

Normele de lucru cu substanțele chimice



Experiențele sau lucrările practice le efectuați purtând halate din bumbac (în buzunarul halatului trebuie să aveți întotdeauna o bucată de pânză naturală și o cutie cu chibrituri).



Pentru experiențe se folosesc cantități mici de substanțe (până la 0,5 g de substanțe solide și până la 1–2 mL de lichide). Înainte de a lua o substanță din vas, citiți atent eticheta de pe el.



Strângeți-vă părul, pentru a nu vă incomoda în procesul de lucru și a nu lua foc! Se interzice ca în laborator să lucreze o singură persoană.



În lichidele ce urmează a fi încălzite, introduceți 1–2 bucățele de porțelan sau nisip pentru fierberea lentă.



Nu încercați gustul substanțelor chimice și nu le luați cu mâna, ci cu anumite lingurițe (pentru substanțele solide) sau cu pipete (pentru substanțele lichide).



Pentru a verifica mirosul unei substanțe, fluturați mâna dinspre probă spre voi și mirosiți cu atenție.



Dizolvanții organici sunt inflamabili. Experiențele care necesită folosirea unei surse de încălzire cer o atenție sporită! Gura eprubetei nu trebuie să fie îndreptată spre voi sau spre colegi.



Întotdeauna se adaugă acizii în apă, și nu invers.



Nu aruncați resturile de reactivi sau amestecurile reactante în chiuvete, ci adunați-le în vase speciale, la indicația profesorului.



În cazul asamblării unei instalații, verificați mai întâi ca recipientele să fie curate, fără fisuri, iar dopurile să corespundă dimensiunilor acestora.



La sfârșitul lucrărilor, spălați recipientele, lăsați locul de lucru în ordine.

Toate lucrările în laborator se efectuează cu precauție, iar dacă e necesar, se folosesc ochelari de protecție.

1.2. Acizii monocarboxilici saturați (alcanoici)

După studierea acestei subunități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să definești noțiunea de *acizi carboxilici*;
- să descrii compoziția și structura grupei carboxil, să deduci formula generală a acizilor monocarboxilici saturați, să identifice primii omologi, să explice denumirea lor;
- să descrii metodele de obținere a acidului acetic;
- să caracterizezi proprietățile fizice și chimice ale acizilor formic și acetic;
- să rezolvi exerciții și probleme la tema dată;
- să deduci și să exemplifici legătura genetică dintre hidrocarburi, alcooli, aldehide și acizi carboxilici;
- să studiezi experimental proprietățile acidului acetic.



Noțiuni-cheie

- Acizi carboxilici
- Acizi alcanoici
- Grupă carboxil
- Oxidarea alcoolului etilic
- Oxidarea compușilor organici

1.2.1. Acizii carboxilici. Caracterizarea generală

Următoarea clasă de compuși organici, legată genetic de aldehide, este reprezentată de acizii carboxilici.



Compuși ce conțin în moleculă o grupă funcțională carboxil $-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ sau $-\text{COOH}$, legată de un rest de hidrocarbură saturată sau de un atom de hidrogen, sunt **acizi monocarboxilici saturați** sau **acizi alcanoici**.

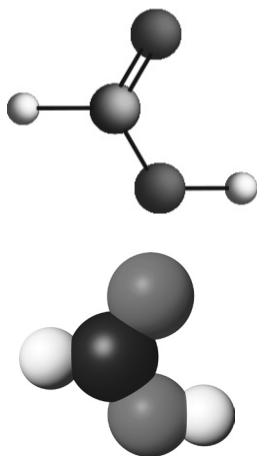
Seria omoloagă. Acizii alcanoici au în moleculă cu un atom de oxigen mai mult decât aldehidele, de la care provin. Prin urmare, formula generală a acizilor monocarboxilici saturați rezultă din cea a aldehidelor ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$), la care se adaugă un atom de oxigen: $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ ($n \geq 1$). Seria omoloagă a acizilor alcanoici începe cu CH_2O_2 .

Tabelul 1.2 conține primii trei reprezentanți ai seriei omoloage a acizilor monocarboxilici saturați inferiori și un exemplu de acid superior, $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$, din aceeași serie omoloagă a acizilor alcanoici.

Tabelul 1.2.

Reprezentanții mai importanți ai seriei omoloage a acizilor alcanoici

Formula ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$)		Denumirea		$T_f, ^\circ\text{C}$
moleculară	de structură	sistematică	istorică	
CH_2O_2	$\text{H}-\text{COOH}$	Acid metanoic	Acid formic	+101
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	CH_3-COOH	Acid etanoic	Acid acetic	+119
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Acid propanoic	Acid propionic	+141
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	Acid octadecanoic	Acid stearic	+376



Modele ale moleculei de acid formic

3. Specificați denumirea seriei de hidrocarburi sau a clasei de compuși din care face parte fiecare substanță dintre cele enumerate mai jos. Scrieți primul reprezentant al seriei omoloage corespunzătoare.
- a) propan; c) propină; e) benzen; g) etanal;
b) but-1-enă; d) buta-1,3-dienă; f) propan-1-ol; h) acid propionic.
4. Indicați formula generală a acizilor alcanici. Scrieți formulele de structură ale primilor patru reprezentanți ai seriei omoloage și denumiți-i după nomenclatura sistematică și cea istorică. Care dintre ei există sub formă de izomeri?
5. Examinați toate metodele de sinteză a acidului acetic. Care dintre ele sunt mai rentabile pentru obținerea acidului acetic: a) tehnic; b) alimentar (acidul acetic tehnic poate conține cantități nesemnificative de impurități, nocive pentru organismul uman)?
6. Selectați oxidanții cu ajutorul cărora etanalul se transformă în acid acetic. Care dintre acești oxidanți ar fi mai potrivit pentru: a) obținerea acidului în laborator; b) producerea la scară industrială; c) identificarea aldehydelor? Scrieți ecuațiile reacțiilor.
7. Ce masă va avea acidul acetic format la oxidarea etanalului cu cantitatea de substanță de 0,2 mol?
Răspuns: $m(\text{acid}) = 12 \text{ g}$.
8. Calculați volumul (c.n.) de etenă din care se poate forma etanolul necesar pentru a obține, prin oxidare, 3 kg de acid acetic.
Răspuns: $V(\text{etenă}) = 1,12 \text{ m}^3$.

1.2.2. Acidul formic și acidul acetic.

Proprietățile acizilor alcanici și utilizarea lor

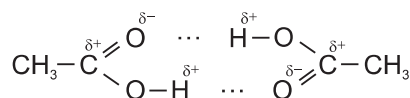


Noțiuni-cheie

- Legături de hidrogen
- Disociere
- Aciditate
- Neutralizare

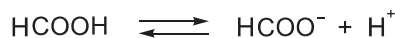
Proprietățile fizice. Primii trei reprezentanți ai seriei omoloage a acizilor alcanici sunt lichide cu miros înțepător, solubile în apă și în dizolvanți organici. Odată cu mărirea masei moleculare, scade solubilitatea în apă a acizilor și cresc temperaturile de fierbere (*tabelul 1.2*).

După proprietățile lor fizice, acizii se deosebesc considerabil de aldehidele de la care provin. De exemplu, aldehida formică este un gaz, iar acidul formic – un lichid cu temperatura de fierbere înaltă. Aceasta se explică prin faptul că între moleculele de acizi se realizează legături de hidrogen în baza atomilor de hidrogen electropozitivi și a celor de oxigen electronegativi. La acizi, legătura de hidrogen se produce între două molecule, formându-se asociați numiți **dimeri**:

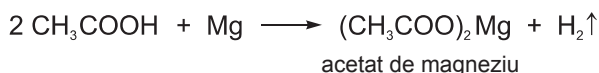


Proprietățile chimice. Acizii carboxilici se aseamănă mult cu acizii minerali, dar sunt mai slabi ca aceștia.

1. **Disocierea.** În soluție acizii carboxilici manifestă proprietăți de electroliți slabi. Acizii carboxilici solubili în apă colorează turnesolul, ca și metiloranjul, în roșu. Ei disociază cu formare de protoni:



2. **Formarea de săruri.** Acizii carboxilici, la fel ca acizii minerali, interacționează cu metalele active, cu oxizii bazici, cu bazele alcaline, cu sărurile acizilor mai slabi, formând sărurile corespunzătoare. De exemplu:



Remarcă



Sărurile acidului formic se numesc **formiați** (sau **metanoați**), sărurile acidului acetic – **acetați** (sau **etanoați**), ale acidului propionic – **propioniați** (sau **propa-noați**) etc.

Aceeași sare se formează și în reacția acidului acetic cu oxidul de magneziu:

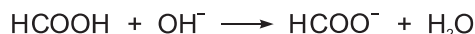


Interacțiunea acizilor carboxilici cu alcaliile este o **reacție de neutralizare**.

Ecuatia moleculară:



Ecuatia ionică redusă:



Acizii carboxilici elimină acizii minerali mai slabi sau instabili din sărurile acestora:



Răspândirea în natură și utilizarea. Acidul formic se găsește în secrețiile furnicilor, în acele de pin, în urzică (fig. 1.3). Prezența lui o simțim ușor, deoarece are acțiune iritantă asupra pielii.

Acidul formic este folosit pe larg în lucrările de vopsitorie, în dublărie, la sinteza pesticidelor și a diferitor esteri (utilizați în parfumerie). În medicină, acidul formic servește ca preparat antireumatic (soluție alcoolică de 1,4%), ca remediu de combatere a bolilor la albine, precum și ca agent de conservare a sucurilor, a masei verzi furajere.

Acidul acetic este prezent în plante sub formă de component al esterilor. Soluția apoasă de 70–80% poartă denumirea de **esență de oțet**. Soluția de 3–9% de acid acetic este folosită în alimentație drept condiment. Fiind un agent bactericid, acidul acetic alimentar este utilizat la conservarea ciupercilor, legumelor, maselor furajere. Acidul acetic servește ca materie primă la producerea medicamentelor, în sinteza fibrelor acetat, a coloranților, a pesticidelor etc.



Fig. 1.3. Acidul formic este secretat de furnici (a) și este prezent în perii urticante ai urzicii (b)



Știați că...

Consumul global de acid acetic constituie 3,5 milioane tone/an, iar cel de acid formic – 200 mii tone/an.

EXPERIENȚA DE LABORATOR nr. 2

Detartrarea/ înlăturarea calcarului/ petelor de rugină cu acid acetic

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Ustensile și reactivi: stativ cu eprubete, cretă mărunțită, țință ruginită, acid acetic cu concentrația molară de 2 mol/L.

Realizarea experiențelor	Efecte observate	Concluzii. Ecuatiile reacțiilor
1. Introduceți într-o eprubetă cretă mărunțită și adăugați acid acetic. Ce observați?		
2. Introduceți într-o eprubetă o țință ruginită și adăugați acid acetic. Ce observați?		



Proprietățile chimice ale acidului acetic

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Utilaj și reactivi: stativ cu clemă și cu eprubete, dop cu tub de evacuare a gazelor, tampon de vată, pipetă, turnesol, două granule de zinc sau praf de magneziu, soluție de 8% de NaOH, carbonat de calciu (marmură), soluție de 3% de acid acetic, apă de var ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Experiența 1. Acțiunea asupra indicatorilor. Interacțiunea cu bazele alcaline. Într-o eprubetă cu 0,5 mL de soluție de acid acetic adăugați o picătură de turnesol. Ce observați?

Pot fi utilizați și alți indicatori precum metiloranj, indicator universal.

Adăugați apoi, prin picurare, soluție de NaOH până la schimbarea culorii, adică până la neutralizarea deplină a acidului. Ce produs s-a format? Cum se numește această reacție?

Experiența 2. Interacțiunea cu zincul (sau cu magneziul). Într-o eprubetă cu 0,5 mL de soluție de acid acetic adăugați o granulă de zinc. Ce observați?

Experiența 3. Interacțiunea cu carbonatul de calciu. Montați o instalație ca în figura 1.4. În eprubeta A introduceți o granulă de marmură, iar în eprubeta B – apă de var. În eprubeta A turnați 0,5 mL de soluție de acid acetic și puneți imediat dopul cu tub. Urmăriți ca tubul de evacuare să se afle în apa de var.

Ce observați? Când nu se mai elimină gazul, scoateți imediat capătul tubului din apa de var.

Transcrieți în caiete și completați tabelul de mai jos, descrieți mersul experiențelor, notați efectele observate, scrieți ecuațiile reacțiilor în formele moleculară și ionică. Formulați concluziile

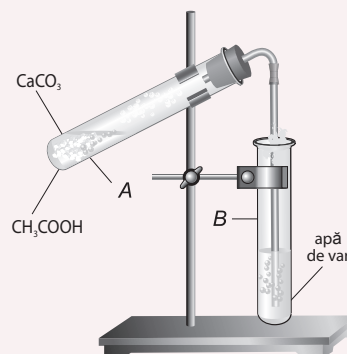


Fig. 1.4. Instalație pentru studierea interacțiunii acidului acetic cu carbonatul de calciu

Utilaj și reactivi	Modul de lucru	Observații	Concluzii. Ecuațiile reacțiilor

EVALUARE

- Se dau câteva substanțe cu același număr de atomi de carbon, dar care au temperaturi de fierbere diferite:
a) etan (-88°C); b) etanol (78°C); c) etanal (20°C); d) acid etanoic (119°C).
Pentru fiecare compus, indicați formula de structură, starea de agregare și temperatura de fierbere. Stabiliți corelația între structura și proprietățile fizice ale acestor substanțe.
- Alcătuieți ecuațiile reacțiilor în formă moleculară și ionică pentru reacțiile acidului formic cu:
a) MgO b) NaOH c) NaHCO_3
- Demonstrați, în temeiul unor anumite proprietăți, că cele două substanțe din fiecare pereche de mai jos se aseamănă sau se deosebesc:
1) etenă și etină; 3) acid formic și acid acetic;
2) etanol și etanal; 4) alcool etilic și acid acetic.
- Scrieți formulele de structură pentru fiecare din compușii de mai jos:
a) etan; c) etină; e) etanol; g) etanal;
b) etenă; d) 2-clorobutan; f) fenol; h) acid formic.
Pentru fiecare compus, scrieți câte o ecuație a reacției caracteristice.

5. Alcătuiți o schemă de transformări, prin care din etenă se poate obține acid acetic (două sau trei etape). Calculați masa acidului acetic obținut din 2,5 mol de etenă.

Răspuns: $m(\text{acid}) = 150 \text{ g}$.

6. Carbonatul de calciu a fost tratat cu o soluție de acid acetic în exces. În urma reacției s-au degajat 3,584 L de CO_2 (c.n.). Ce masă de acetat de calciu s-a format?

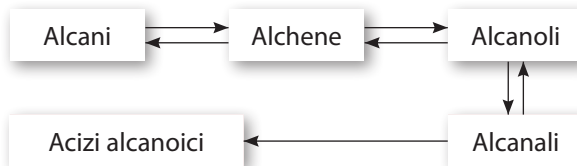
Răspuns: $m(\text{sare}) = 25,28 \text{ g}$.

7. Cu ajutorul Diagramei Venn, indicați ce au în comun și prin ce se deosebesc etanolul de acidul etanoic.



Lucru în echipă

8. Se propune schema legăturii genetice dintre alcani, alchene, alcanoli, alcanali și acizii monocarboxilici saturați. Completați schema cu formule generale și exemple concrete:



9. Folosind reprezentanți ai hidrocarburilor și claselor de compuși organici studiați până acum, scrieți câte o ecuație a reacțiilor de: a) adiție; b) descompunere; c) substituție.

Să reținem!

Acizii carboxilici:

- se obțin prin oxidarea compușilor organici (alcooli, aldehide);
- sunt acizi relativ slabi;
- după proprietățile lor, se aseamănă cu acizii minerali: disociază, interacționează cu agenții bazici (metalele, oxizii de metale, bazele, sărurile).

1.3. Esterii

După studierea acestei subunități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să definești noțiunile de *ester*, *reacție de esterificare*, *hidroliză*;
- să descrii răspândirea în natură, compoziția, structura și denumirea esterilor;
- să caracterizezi proprietățile chimice și să exemplifici utilizarea esterilor;
- să apreciezi rolul esterilor aromatizanți în sporirea calității produselor;
- să rezolvi exerciții și probleme în baza legăturii genetice.

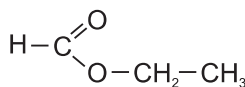
Caracterizarea generală. Esterii sunt derivați ai acizilor carboxilici.

Formula generală a esterilor saturați este identică cu cea a acizilor alcanoici $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$. Denumirea esterului este alcătuită din numele alcoolului și al acidului ce îl formează. Conform nomenclaturii sistematice, denumirea esterului include numele sistematic al acidului,

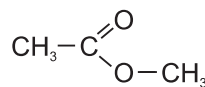
Noțiuni-cheie

- Ester
- Esterificare
- Reversibilitate
- Hidroliză acidă
- Hidroliză bazică
- Aromatizanți

în care sufixul *-oic* este înlocuit prin *-oat*, urmat de prepoziția *de* și denumirea restului alcoolic. De exemplu, $\text{CH}_3\text{--CO--O--CH}_3$ se numește *etanoat de metil*. Deseori este folosită denumirea istorică, de exemplu, *acetat de metil*.

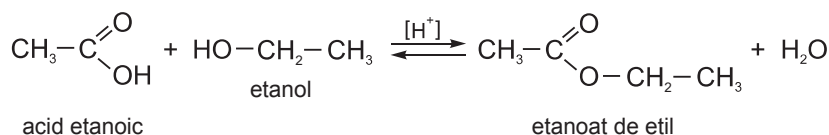


metanoat de etil (formiat de etil)



etanoat de metil (acetat de metil)

Obținerea. Esterii se obțin la interacțiunea acizilor carboxilici cu alcooli. Un asemenea proces se numește *reacție de esterificare*. El decurge la încălzire în prezența catalizatorilor (acizi tari) și este reversibil. De exemplu:



Pentru a favoriza obținerea esterului, se elimină continuu apa din mediul reactant.

Proprietățile fizice. Esterii sunt substanțe lichide sau solide, insolubile în apă, dar solubile în dizolvanți organici. Unii esteri inferiori sunt plăcut mirositori, ceea ce le sporește valoarea practică.

Proprietățile chimice. Cea mai importantă transformare a esterilor este *hidroliza*. Cu ajutorul acestei reacții, din esterii accesibili se obțin alcoolii și acizii carboxilici corespunzători. Hidroliza cu apă în prezența acizilor tari este reacția inversă esterificării:



Pentru a favoriza hidroliza acidă din mediul reactant, se elimină unul dintre produși.



Aroma perelor o asigură acetatul de izoamil ($\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$)

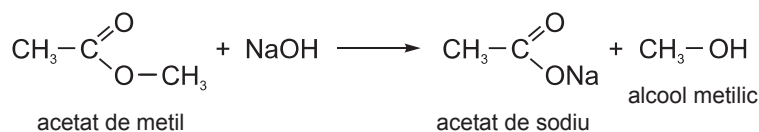


Aroma de vișine se datorează formiatului de amil ($\text{HCOOC}_5\text{H}_{11}$)



Butiratul de etil ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$) are miros de ananas

Esterii interacționează și cu soluții apoase de alcalii (hidroliză bazică). De exemplu:



Acetatul de sodiu format nu interacționează cu alcoolul metilic și, astfel, procesul este ireversibil.

Răspândirea în natură și utilizarea. Esterii inferiori se formează în fructe și în flori, conferindu-le o aromă specifică.

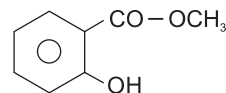
Dat fiind că diversele industrii (alimentară, cosmetică, textilă etc.) necesită cantități mari de esteri aromatizanți, unii dintre ei sunt obținuți din surse naturale prin extragere, volatilizare, iar o bună parte – pe cale chimică.

Din esterii inferiori nenocivi se produc diferite esențe de fructe (pere, ananas, vișine, prune, mere etc.). De exemplu, acetatul de izoamil ($\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$) are miros de pere, butiratul de etil ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$) – de ananas ș.a. Esențele servesc ca aditivi (adaosuri) obligatorii la parfumuri, creme, săpunuri, șampoane, băuturi răcoritoare, produse de patiserie și de cofetărie.

Să ne închipuim că fructele, băuturile, copturile etc. nu ar avea miros. S-ar diminua capacitatea nutritivă a acestora? Nu. Rolul esterilor, ca aromatizanți inconfundabili, este de a asigura atractivitatea și calitatea sporită a produselor în care se conțin.



Salicilatul de metil



are miros de iasomie

TEST DE EVALUARE SUMATIVĂ

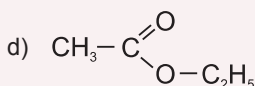
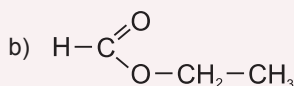
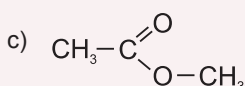
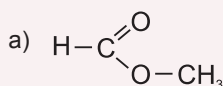
la unitatea de învățare „Derivații oxigenați ai hidrocarburilor”

Profil umanist

- Alegeți formula generală a: I – aldehydelor; II – acizilor monocarboxilici saturați:
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{COOH}$
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{O}_2$
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$
- Acidul acetic se obține prin:
 - hidratarea acetilenei;
 - oțetirea vinului;
 - oxidarea etanalului;
 - adiția apei la etenă.
- Completați doar ecuațiile reacțiilor ce pot decurge:
 - $\text{HCOOH} + \text{Cu} \longrightarrow$
 - $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
 - $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \xrightarrow{t^\circ}$
- Scrieți ecuația reacției de neutralizare a acidului formic cu KOH în formele moleculară și ionică.
- Indicați asemănările dintre alcanoli și acizii alcanici:
 - primii reprezentanți sunt gaze;
 - în soluții apoase disociază;
 - conțin legături de hidrogen;
 - se oxidează în aer.
- Calculați masa acidului acetic ce va interacționa cu 0,5 mol de MgO.

Răspuns: $m(\text{acid}) = 60 \text{ g}$.

7. Denumiți esterii:



8. Indicați formulele de structură și denumirea tuturor izomerilor cu formula moleculară $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.

9. Definiți reacția de esterificare. Alcătuiți ecuațiile reacțiilor de obținere a esterilor *a-d*, care sunt indicați în exercițiul 7.

10. Scrieți ecuațiile reacțiilor de hidroliză a acetatului de metil:

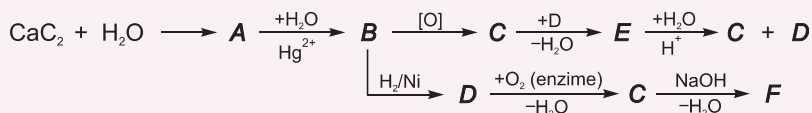
a) cu ajutorul apei în prezență de acizi; b) cu soluții de alcalii.

Comparați aceste tipuri de hidroliză acidă și bazică. Prin ce se aseamănă și prin ce se deosebesc ele?



Lucru în echipă

11. Efectuați transformările (aici C este un acid):



12. Examinați acasă etichetele de pe diverse flacoane sau cutii cu sucuri, parfumuri, creme, de pe ambalajele copturilor etc. Descrieți în caiete informația despre componenții aromatizanți, calificând-o drept una dintre categoriile: a) *generală* (de exemplu, aromă, parfum, aromatizant); b) *specifică* (aromatizant natural sau sintetic); c) *concretă* (ester al acidului lactic, din lapte, acetat de izoamil etc.).



Să reținem!

- Esterii sunt derivați ai acizilor carboxilici cu formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.
- Esterii se obțin prin interacțiunea acizilor carboxilici cu alcoolii.
- Esterii se supun hidrolizei (reacția inversă esterificării).

Proiect

Tema: *Conservanții și aromatizatorii – pro și contra*

Context: În viața de toate zilele ne întâlnim cu conservanți alimentari și aromatizatori.

Conservanții alimentari sunt substanțe chimice al căror rol este de a bloca multiplicarea micro-organismelor în produsele alimentare, împiedicând alterarea, fermentarea, modificarea texturii, culorii sau mirosului alimentelor.

Aromatizatorii reprezintă un grup de substanțe cu arome dintre cele mai diverse, care sunt adăugate în diverse alimente sau preparate alimentare, spre a le face mai plăcute, mai apetisante.

Trăim într-o lume chimică, mâncăm chimicale, ne spălăm cu produse de sinteză, pline de chimicale... În aceste condiții este obligatoriu să învățăm să folosim aceste produse, mizând pe importanța lor pentru sănătatea omului.

Formați o echipă cu câțiva colegi/colege și elaborați un proiect privind influența conservanților și aromatizatorilor asupra oamenilor, evidențiind importanța și nocivitatea unora din aceștia.

Etape de urmărit

- clasificați conservanții;
- clasificați aromatizatorii;
- descrieți câte 3 conservanți cu influență pozitivă asupra omului și câte 3 conservanți cu influență nocivă;
- descrieți câte 3 aromatizatori cu influență pozitivă asupra omului și câte 3 aromatizatori cu influență nocivă;
- indicați unde putem găsi conservanții și aromatizatorii menționați.

Modalități de prezentare

- Prezentări PowerPoint
- Colaje
- Postere
- Referat

Modalități de realizare

Fiecare echipă stabilește modul de prezentare a proiectului; alege o persoană care îl va prezenta în fața clasei;

Prezentarea se va face în decurs de 10 min.

Criterii de evaluare

- Originalitatea substanțelor selectate
- Conținutul științific al proiectului
- Mesajul transmis de echipă
- Sursele de documentare a proiectului
- Încadrarea în timpul acordat prezentării.

COMPUȘI ORGANICI CU IMPORTANȚĂ VITALĂ ȘI INDUSTRIALĂ

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să explici și să operezi cu noțiunile ce se referă la compușii organici cu importanță vitală și industrială;
- să analizezi comparativ compușii organici cu importanță vitală conform algoritmilor elaborați;
- să modelezi pentru compușii organici cu importanță vitală: a) reacțiile ce le concretizează proprietățile chimice, b) transformările în organism și în natură;
- să rezolvi probleme cu caracter formativ în baza proprietăților/metodelor de obținere/utilizării/identificării compușilor organici cu importanță vitală și industrială;
- să investighezi experimental unele contexte problematice reale/modelate, legate de proprietățile, obținerea, identificarea și utilizarea compușilor organici cu importanță vitală;
- să formulezi concluzii personale referitoare la importanța compușilor organici pentru un sistem de alimentație complex și echilibrat.

2.1. Grăsimile



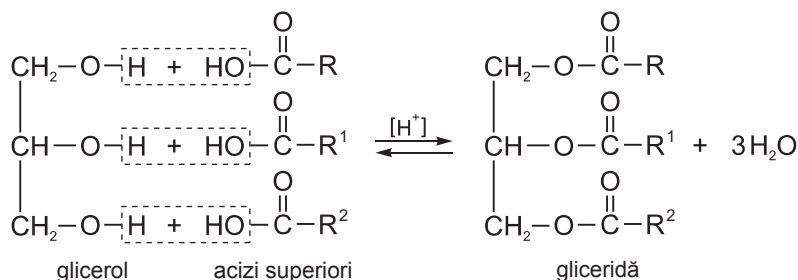
Noțiuni-cheie

- Gliceride
- Tristearat de gliceril
- Acizi grași
- Grăsimi, uleiuri
- Hidroliză
- Oxidare
- Râncezire

2.1.1. Structura și proprietățile grăsimilor

Structura și răspândirea în natură. Anterior, studiind esterii, am înțeles că la formarea lor pot participa reprezentanți ai diverselor serii de acizi carboxilici și de alcooli. Există însă un grup numeros și foarte variat de compuși esterici naturali, formați din anumiți acizi monocarboxilici superiori și un singur alcool – *glicerolul*. Acești compuși se numesc **gliceride**.

În formă generală, ecuația reacției de obținere a esterilor glicerici este următoarea:



Remarcă

Grăsimile, hidrații de carbon și proteinele sunt componentele de bază ale celulelor, fiind responsabile de schimbul de substanțe în celule și de protecția organismului.

Astfel, o moleculă de glicerol interacționează cu trei molecule (diferite sau identice) de acizi carboxilici superiori. Pentru simplitate vom admite că $\text{R}=\text{R}^1=\text{R}^2=\text{C}_{17}\text{H}_{35}$. Acidul respectiv $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{--COOH}$ se numește *acid stearic* (vezi tabelul 1.2, pag. 22).

Gliceridele naturale au mai fost numite **grăsimi**, deoarece sunt componenta lor de bază.

Grăsimile sunt bine cunoscute și folosite pe larg. Untul, grăsimile de vită, de porc sau de pasăre, uleiul de floarea-soarelui, de măsline și altele – toate intră în rația noastră zilnică.

După proveniența lor, grăsimile se împart în *animale* (de porc, de vită, de pasăre) și *vegetale* (de floarea-soarelui, de porumb, de soia etc.).

Grăsimile, de rând cu hidrații de carbon și proteinele, constituie sursa energetică a organismului. În plante ele se depun, de obicei, în fructe și semințe (tabelul 2.1), iar în organismele umane și animale – în straturile de sub piele, în țesuturile ce învelesc organele interne.

Știați că...

Laptele de vacă conține cca 3,6% de grăsimi, iar cel de capră – 4,8%.

Tabelul 2.1. Conținutul grăsimilor în fructele și în semințele plantelor

Planta	Conținutul, %	Planta	Conținutul, %	Planta	Conținutul, %
Cacao (boabe)	52	Câneapă	33	Porumb	5,6
Floarea-soarelui	51	Pepene verde (semințe)	30	Orez	2,9
Arahide	50	Soia	20	Grâu	2,7
Măsline	50	Ovăz	7,2	Secară	2,5

Diversitatea grăsimilor. Cercetările au demonstrat că în componența grăsimilor intră resturile a peste 200 de acizi carboxilici saturați și nesaturați, cu catena neramificată. Asemenea compuși au fost numiți *acizi grași*.

Un anumit fel de grăsime (de exemplu, untul de vacă, uleiul de porumb, grăsimea de porc sau cea de vită etc.) constituie un amestec de anumite gliceride, aflate într-un anumit raport.

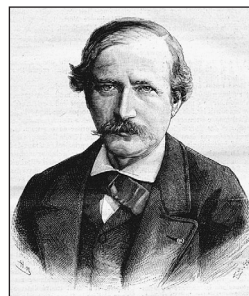
Cea mai mare pondere în componența grăsimilor o au resturile a 3-5 acizi grași cu 16-18 atomi de carbon în moleculă (inclusiv acidul stearic $C_{17}H_{35}-COOH$).

Proprietățile fizice. Grăsimile sunt substanțe lichide sau solide, fără miros, mai ușoare decât apa și insolubile în aceasta. Grăsimile se dizolvă în solvenți organici nepolari.

Gliceridele în care prevalează resturi de acizi nesaturați (de exemplu, acidul oleic $C_{17}H_{33}COOH$) sunt lichide; grăsimile ce le alcătuiesc sunt, de asemenea, lichide (uleiurile). Gliceridele preponderent saturate sunt solide (grăsimile solide). De obicei, grăsimile animale sunt solide, iar cele vegetale – lichide.

Gliceridele individuale solide au puncte fixe de topire, iar grăsimile solide se topesc în intervale mari de temperaturi, deoarece sunt formate din amestecuri de diferite gliceride.

Proprietățile chimice. *Hidroliza.* Gliceridele, la fel ca esterii, participă la reacția de hidroliză. Această reacție este catalizată de acizi

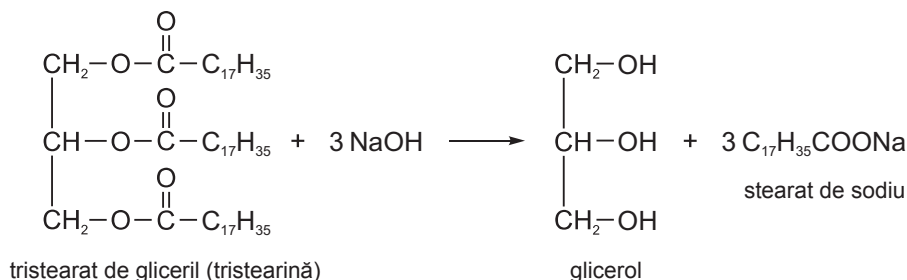


MARCELIN PIERRE BERTHELOT

(1827–1907)

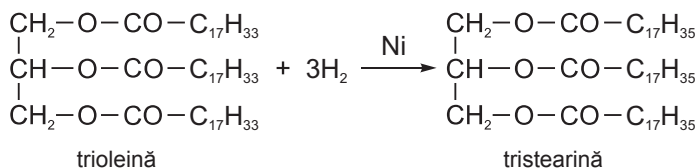
Unul dintre cei mai de vază chimiști din secolul al XIX-lea. A elaborat mai multe tipuri de sinteze organice, printre care sinteza alcanilor (din iodalceni, din alchene), a benzenului (prin trimerizarea acetilenei), a metanolului, a formiatului de sodiu, a grăsimilor (din glicerol și acizii grași).

minerali sau de baze. Reacția de hidroliză a grăsimilor în prezența acizilor, la fel ca în cazul esterilor, este reversibilă. Hidroliza bazică este un proces ireversibil, deoarece în urma reacției se formează săruri ale acizilor grași. *De exemplu, tristearatul de gliceril (numit și tristearină) se hidrolizează conform ecuației:



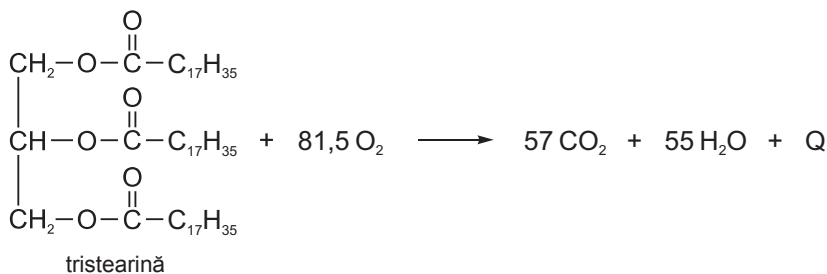
Sărurile de sodiu sau de potasiu ale acizilor grași saturați au acțiune detergentă (proprietatea de a spăla) și sunt utilizate drept componente de bază la producerea săpunurilor.

****Hidrogenarea.** Gliceridele lichide (uleiurile) în care prevalează resturi de acizi nesaturați, se supun reacției de hidrogenare:



Uleiurile sunt mai accesibile decât grăsimile solide, dar sunt mai instabile, se oxidează, se polimerizează.

Oxidarea. Grăsimile, prin analogie cu alți compuși organici, se pot supune oxidării parțiale sau totale. De exemplu, tristearina ($\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$) *arde în organism* conform ecuației:



Râncezirea. Cu timpul, grăsimile solide, dar mai ales cele lichide, își pierd calitatea, capătă gust și miros neplăcut (râncelesc sau se alterează). Râncezirea grăsimilor este cauzată de unele procese chimice: a) hidroliza enzimatică cu formarea acizilor carboxilici; b) oxidarea și scindarea ulterioară cu obținerea unor aldehide cu miros neplăcut; c) polimerizarea. Aerul, lumina și umezeala accelerează procesul de râncezire. De aceea se recomandă păstrarea grăsimilor la întuneric, ferindu-le de aer și de umezeală. Polimerizarea grăsimilor nesaturate este însoțită de scindarea legăturilor mai slabe $^*(\pi)$ din resturile de acizi nesaturați ale moleculelor de gliceride.

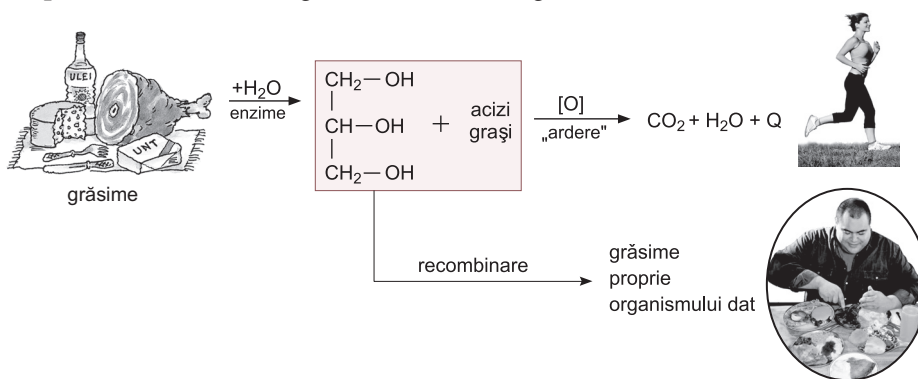
2.1.2. Importanța grăsimilor. Săpunurile și detergenții

Utilizarea. Grăsimile sunt una dintre sursele de alimentare a organismului, fiind de două ori mai calorice decât proteinele și decât hidrații de carbon. Ele au, de asemenea, o largă utilizare în industria săpunurilor și lumânărilor, a preparatelor medicinale și cosmetice. Grăsimile au rol de solvent în cazul unor vitamine, al produselor ce dau gust și culoare alimentelor.

Capacitatea grăsimilor de a se polimeriza are, de asemenea, o aplicare practică. Fiind depuse în strat subțire, uleiurile de floarea-soarelui, de porumb, cânepă, în ș.a., cu timpul se usucă, formând în aer pelicule transparente, elastice și stabile la acțiunea factorilor externi (*uleiuri sicative*). Această proprietate a uleiurilor stă la baza întrebuițării lor pentru producerea industrială de vopsele, uleiuri de firnis, lacuri, linoleumuri.

Rolul biologic al grăsimilor. În calitate de sursă energetică, grăsimile întrețin procesele ce stau la baza funcționării întregului organism. Depunerile de grăsime în organism sunt straturi termoizolatoare.

Ajungând cu hrana în organism, grăsimile se supun hidrolizei sub acțiunea enzimelor (lipazelor) din suc gastric și din cel intestinal. În stomac are loc hidroliza acidă, iar în intestine – hidroliza bazică. Producții de hidroliză se consumă parțial la procesul de „ardere” (oxidare eșalonată până la CO_2 și H_2O), soldat cu eliminarea energiei necesare organismului. Restul neconsumat se recombina, formând grăsimea proprie organismului dat. Aceasta este purtată prin sânge spre țesutul de grăsime, unde se depune ca rezervă energetică. Astfel, în organism se realizează schema:



După cum rezultă din această schemă, în organism au loc trei procese de importanță vitală:

- hidroliza enzimatică a grăsimilor cu formare de glicerol și acizi grași;
- oxidarea (*arderea*) unei părți a produșilor de hidroliză;
- recombina (esterificarea) restului produșilor de hidroliză.

Este foarte important să conștientizăm că ambele procese (de oxidare și de recombina) formează un tot întreg; dacă, folosind o cantitate moderată de grăsime în rația noastră zilnică, vom depune mai mult efort fizic, rezultă că în organism se va obține și se va acumula mai puțină grăsime, și invers.

Importanța grăsimilor în alimentația noastră. Deseori auzim îndemnul că trebuie să excludem grăsimile din alimentație, deoarece sunt dăunătoare, sporesc conținutul colesterolului, duc la obezitate etc. Există și alte afirmații cu privire la acțiunea lor vitală, precum că grăsimile

Remarcă

Utilizarea uleiurilor sicative la pregătirea vopselelor a jucat un rol important în dezvoltarea picturii. Descoperite în epoca Renașterii, culorile în ulei au revoluționat în mod decisiv arta, tablourile lucrate în această tehnică păstrând prospețimea cromatică un timp îndelungat.

sunt o sursă de energie necesară organismului, sunt partea componentă a membranelor celulare, reglează presiunea osmotică a sângelui, contribuie la transmiterea impulsurilor nervoase, la producerea unor hormoni de bază și la asimilarea vitaminelor.

Care informație este cea adevărată? Ambele.

După rolul lor vital, grăsimile se împart în *relativ dăunătoare* și *foarte folositoare*. La cele dăunătoare se referă grăsimile saturate (solide), care se conțin în carne, unt, lapte, gălbenuș de ou ș.a. Aceste produse nu pot fi totuși excluse din alimentație, dat fiind că ele conțin și componenți utili (proteine, vitamine, elemente vitale). În acest scop, industria alimentară propune și produse degresate.

Grăsimile folositoare conțin gliceride nesaturate. Acestea sunt uleiurile naturale de măsline, arahide, avocado, nuci, semințe. Foarte util este uleiul de pește. Acesta se produce și ca medicament (cu denumirea *Omega 3 Plus*) care previne ateroscleroza, afecțiunile cardio-vasculare, normalizând procesele metabolice.

Astfel, este recomandabil să reducem din alimentație cantitatea de produse ce conțin grăsimi saturate și să utilizăm zilnic cantități moderate de produse ce conțin uleiuri naturale folositoare.

EVALUARE

1. Efectuați o caracterizare comparativă a esterilor și a gliceridelor.
2. Arătați deosebirea dintre gliceride și grăsimi.
3. Dați exemple de grăsimi: a) vegetale; b) animale.
4. Caracterizați gliceridele, indicând clasa în care sunt încadrate și răspândirea lor în natură.
5. Explicați proprietățile fizice ale grăsimilor. Din ce cauză grăsimile solide se topesc în intervale mari de temperaturi?
6. Indicați factorii ce cauzează râncezirea grăsimilor și specificați măsurile de prevenire.
7. Descrieți domeniile de utilizare a grăsimilor și proprietățile ce le caracterizează.
8. Calculați orientativ volumul minim de lapte de vacă (concentrația grăsimii 3,6%) necesar pentru producerea unui calup de unt cu masa de 10 kg.
- *9. Stabiliți formula de structură a gliceridei cu compoziția $C_{57}H_{104}O_6$.

ACTIVITATE CREATIVĂ

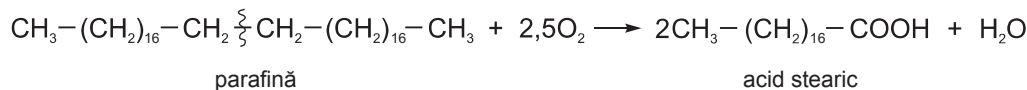
Prezentarea unei substanțe organice în contradictoriu

Pentru comparare, prezentăm bine cunoscuta substanță – trinitratul de glicerol. Aceasta este o substanță explozivă, care a fost descoperită în anul 1847 de către chimistul italian Ascanio Sbroero. Ulterior, a fost stabilită o altă proprietate: soluția apoasă de 1% de trinitrat de glicerol poate fi administrată în cazul maladiilor cardiace ca agent de dilatare a vaselor sangvine. Astfel, aceeași substanță poate distruge, dar poate și salva. Totul depinde de condițiile de utilizare.

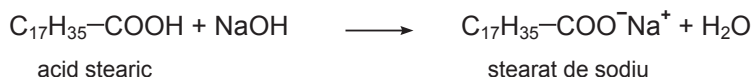
Sarcină: Alegeți o altă substanță, pe care să o caracterizați în contradictoriu (căutați informații din internet). Substanța poate face parte din diverse hidrocarburi sau clase de compuși organici.

Săpunurile și detergenții sintetici. Componentele de bază ale săpunurilor sunt sărurile de sodiu sau de potasiu ale acizilor carboxilici superiori. Aceștia se obțin fie prin hidroliza

bazică a grăsimilor saturate, fie prin oxidarea unor hidrocarburi ce se conțin în fracțiile petroliere superioare, de exemplu, $C_{28}-C_{36}$. În ultimul caz, acizii carboxilici superiori se obțin conform schemei:

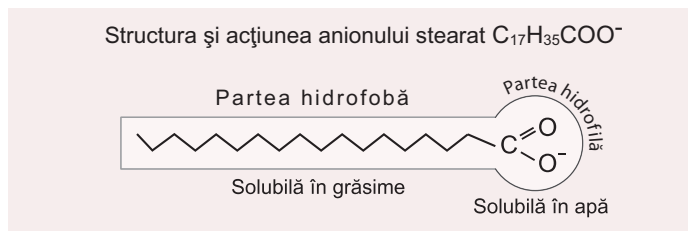


Asemenea acizi sunt tratați ulterior cu hidroxizi de sodiu sau de potasiu. Sărurile de sodiu sunt *solide*, iar cele de potasiu – *lichide*.



Acțiunea detergentă (de spălare) a săpunului este determinată de structura sărurilor din care este constituit. În ce mod trece grăsimea în apă în timpul spălării țesăturilor?

Soluția apoasă de săpun conține anioni (de exemplu, $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-$), care sunt formați din două părți: una *polară* COO^- , solubilă în apă (*hidrofilă*), și alta *nepolară* $\text{C}_{17}\text{H}_{35}$, solubilă în grăsime (*hidrofobă*). Asemenea substanțe se numesc **tensioactive**.



În timpul spălării, picăturile de grăsime de pe țesătură sunt pătrunse de capetele nepolare din săpun, acoperindu-se cu grupe încărcate negativ COO^- . Are loc respingerea, adică dispersarea petei de ulei și formarea unei emulsii alcalino-apoase. Astfel, grăsimea de pe țesătură trece în soluție (fig. 2.1, a, b, c).

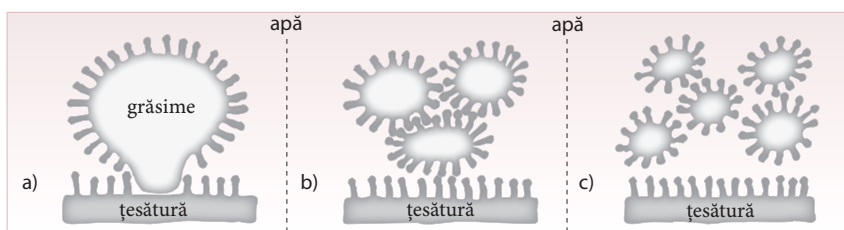
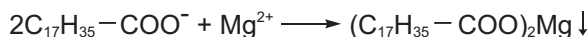


Fig. 2.1. Mecanismul spălării grăsimii de pe țesătură: a → b → c

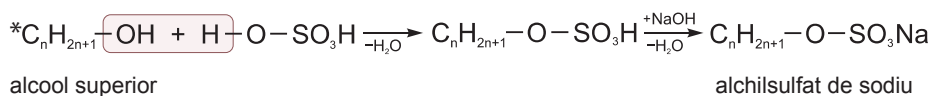
Săpunurile au o capacitate redusă de spălare în apa dură, deoarece formează săruri insolubile cu ionii Ca^{2+} , Mg^{2+} :



Detergenții sintetici, spre deosebire de săpunuri, sunt mai eficienți la spălare. Componentele de bază ale detergenților sunt sărurile acizilor superiori alchilsulfatici. Acestea au structură similară hidrofilo-hidrofobă și manifestă aceeași capacitate de spălare ca și componentele săpunurilor, dar nu formează precipitate în apa dură. Sărurile acizilor alchilsulfatici se obțin din alcoolii superiori ($\text{C}_{12}-\text{C}_{18}$) conform schemei:

Știați că...

Istoricul, filozoful și omul de știință roman Pliniu cel Bătrân, unul dintre cei mai mari înțelepți ai Antichității, a descris procesul de obținere a săpunului prin tratarea cu cenușă a grăsimilor animale încă din sec. I d.H.

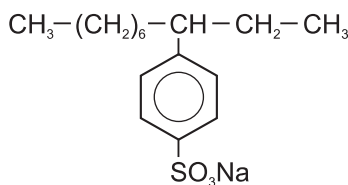


Detergenții au anumite avantaje față de săpunuri: soluțiile lor apoase sunt neutre; au capacitate mare de spălare și în apă rece, și în apă dură.

Protecția mediului ambiant contra poluării cu detergenți. Utilizarea zilnică și în cantități mari a detergenților în industrie și în gospodăria casnică a creat pericolul poluării mediului înconjurător. Apele reziduale (provenite în urma diverselor activități ale omului, legate de utilizarea detergenților) se scurg în râuri, în bazine acvatice, poluând solul și apele și sporind, în mod indirect, riscul intoxicării organismelor vii. De menționat că detergenții, alături de substanțele tensioactive, conțin și alte componente (aromatizanti, emulgatori, înălbitori) care, în cantități mari, acționează asupra organelor olfactive ale omului și animalelor, contribuind la apariția bolilor de astm, a alergiilor cronice, tratarea cărora este dificilă. Iată de ce este important să fie asigurate condițiile de menținere a mediului ecologic pur:

- apele de spălare trebuie să fie acumulate în bazine cu destinație specială;
- trebuie să fie create noi tipuri de detergenți cu o capacitate pronunțată de biodegradare (descompunere în condiții naturale sub acțiunea microorganismelor).

Unul dintre detergenții moderni biodegradabili are următoarea formulă de structură:



EVALUARE

1. Explicați rolul biologic al grăsimilor. Care este sensul expresiei: „Valoarea calorică a grăsimii”?
- *2. Folosind ca exemplu tristearina, scrieți ecuațiile reacțiilor de hidroliză, de oxidare și de esterificare (recombinare) care decurg în organism. Descrieți importanța fiecărui proces.
3. Ce sunt substanțele tensioactive? Explicați mecanismul acțiunii lor asupra grăsimilor în timpul spălării.
4. Studiați marcajul de pe ambalajul de săpun și de detergent pe care le folosiți acasă. Cum se numesc, ce conțin și în ce scopuri se recomandă? Care sunt măsurile de precauție?
5. Se știe că 1 g de grăsime furnizează energie în valoare de cca 40 kJ.
Cea mai înaltă este valoarea calorică (în kJ) furnizată de:
a) 50 g de arahide; b) 75 g de grâu; c) 40 g de semințe de floarea-soarelui.
Datele necesare le găsiți în *tabelul 2.1*.
6. Care dintre produsele propuse pun la dispoziția organismului mai multă energie (vezi tab. 2.1):
a) 4 g de soia sau 40 g de secară;
b) 50 g de arahide sau 300 g de grâu;
c) 100 g de ovăz sau 450 g de orez?
7. Calculați norma zilnică de grăsime pentru un elev, dacă norma energetică zilnică obținută din conținutul grăsimilor este de 3800 kJ (1 g de grăsime furnizează 40 kJ).

Să reținem!

Grăsimile:

- sunt esteri ai glicerolului și ai acizilor superiori;
- cele solide conțin preponderent resturi de acizi saturați, cele lichide – de acizi nesaturați;
- se hidrolizează cu formare de glicerol și acizi grași;
- sunt principala sursă energetică a organismului;

Săpunurile și detergenții sunt săruri ale acizilor superiori.

EXPERIENȚA DE LABORATOR nr. 3



Investigarea proprietăților săpunului și ale detergenților sintetici

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Utilaj: stativ cu clemă și eprubete, pipetă, spirtieră sau bec de gaz.

Reactivi: o bucată de săpun (~ 0,2 g), detergent sintetic solid sau lichid (~ 0,2 g), soluție de sare de calciu, ulei (grăsime), apă distilată, turnesol, apă de la robinet.

1. Pregătirea soluției de săpun și de detergent sintetic

Într-o eprubetă introduceți o bucată de săpun, adăugați 3 mL de apă distilată, apoi, prin agitare, încălziți atent conținutul eprubetei la flacăra spirtierei până la dizolvarea săpunului. În altă eprubetă introduceți detergent, 3 mL de apă distilată și agitați atent. Examinați ambele soluții. Ce ați observat? În care eprubetă dizolvarea a avut loc mai ușor? De ce?

2. Studiarea proprietăților săpunului și ale detergentului

1) Într-o eprubetă introduceți două-trei picături de soluție de săpun și una de turnesol. Care este mediul de reacție?

2) Transferați soluția de săpun în trei eprubete (circa 1 mL în fiecare).

În eprubeta *I* adăugați câteva picături de soluție de sare de calciu, în *II* adăugați cca 2 mL de apă de robinet, în *III* – o picătură mică de ulei. Agitați conținutul lor.

Repetăți aceleași operații – 1) și 2) – cu soluția de detergent.

Comparați proprietățile săpunului cu ale detergentului și trageți o concluzie.

Transcrieți și completați în caiete tabelul de mai jos.

Utilaj și reactivi	Modul de lucru	Observații	Concluzii. *Ecuatiile reacțiilor

ACTIVITATE CREATIVĂ



În scopul valorificării cunoștințelor privind rolul biologic al grăsimilor, organizați câteva dezbateri pe tema: „Valoarea grăsimilor în alimentația noastră”. Explicați de ce uneori grăsimile sunt utilizate incorect (prin excluderea totală sau folosirea lor în exces), ceea ce duce la obezitate sau anorexie.



Identificarea caracterului nesaturat al uleiului vegetal

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Utilaj și reactivi: stativ cu eprubete, două pipete, apă de brom (iod), ulei.

Tratarea uleiului cu apă de brom. Într-o eprubetă introduceți cu pipeta 0,5 mL de ulei. Cu o altă pipetă, prin agitare energetică, adăugați în eprubeta cu ulei 2-3 picături de apă de brom. Ce ați observat?

Transcrieți și completați în caiete tabelul de mai jos, ținând cont de faptul că uleiul utilizat este trioleina, iar reacția de bromurare decurge conform celei de hidrogenare.

Utilaj și reactivi	Modul de lucru	Observații	Concluzii. *Ecuatiile reacțiilor

2.2. Hidrații de carbon – produși ai fotosintezei



Fructele conțin zaharide

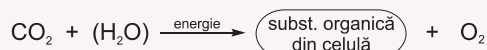
Importanța, obținerea. Răspândirea în natură. Hidrații de carbon (zaharidele) reprezintă una dintre cele mai importante și răspândite clase de compuși organici naturali, alcătuind cca 80% din masa uscată a componentelor regnului vegetal. Glucoza, fructoza, zaharoza, amidonul, celuloza reprezintă *clasa hidraților de carbon*, care se obțin prin fotosinteză.



Fotosinteza este unicul proces din natură prin care, din materie anorganică, se obțin substanțe organice. Dioxidul de carbon, participant la fotosinteză, este un deșeu al activității noastre, care impurifică mediul înconjurător. Fotosinteza îndeplinește trei funcții vitale: a) sinteza compușilor organici; b) purifică atmosfera; c) generează oxigen.

Ca proces chimic, fotosinteza este o transformare foarte complexă, care parcurge mai multe etape consecutive și paralele, cu participarea unor compuși intermediari, în prezența multor catalizatori. Deși s-au realizat diverse investigații, procesul de fotosinteză încă nu a fost imitat integral de savanți în condiții de laborator. Cercetările au demonstrat că, printre produșii finali ai fotosintezei, alături de hidrații de carbon, se obțin grăsimi (lipide) și proteine.

Procesul de fotosinteză are loc în cadrul unei serii de organisme (plante superioare, alge, unele bacterii) în care, în prezența luminii, se formează substanțele organice. Ecuatia chimică generalizatoare a procesului fotosintezei este:



În această ecuație, apa și oxigenul sunt indicate convențional. Plantele superioare și algele asimilează CO_2 și H_2O , iar unele bacterii folosesc CO_2 și H_2S , eliminând, în loc de oxigen, alți produși. În figura 2.4, pag. 49 este prezentat schematic circuitul în natură al dioxidului de carbon și al oxigenului.

Amintiți-vă

Procesul de formare a hidraților de carbon în plantele verzi prin asimilarea de CO_2 și H_2O la lumină și căldură se numește *fotosinteză*.

Unii hidrați de carbon stau la baza obținerii produselor alimentare, alții sunt folosiți ca material de construcție, combustibil, materie primă în producerea de fibre, explozivi, preparate medicinale, hârtie ș.a.

Pe lângă sinteza de grăsimi și proteine, hidrații de carbon participă la schimbul de substanțe din organismul omului și al animalelor, furnizează energia necesară activității vitale.



Denumirea *hidrați de carbon* este legată de formula generală, în care se înscriu reprezentanții acestei clase de compuși: $C_nH_{2n}O_n$ sau $C_n(H_2O)_n$. Numele *zaharide* sau *glucide* se datorează gustului dulce al unora dintre ele (lat. *saccharum* – „zahăr”, gr. *glycos* – „dulce”).

Chimiștii optează pentru denumirea provenită din formula $C_n(H_2O)_n$ – hidrat de carbon, iar biologii îi dau preferință celei care indică proprietatea gustativă – zaharide, glucide. Însă toate aceste trei denumiri sunt convenționale.

După structura lor, hidrații de carbon se împart în două categorii: *hidrați de carbon simpli* sau *monozaharide* și *hidrați de carbon compuși* sau *polizaharide*.

2.2.1. Monozaharide. Glucoza



Monozaharide se numesc compușii care nu se supun hidrolizei, iar polizaharide – compușii care hidrolizează, formând monozaharide.

Principalii reprezentanți ai monozaharidelor sunt *glucoza* și *fructoza*. Ambii compuși conțin câte șase atomi de carbon în moleculă și mai sunt numiți *hexoze* (în greacă, *hexa* – „șase”).

Proprietățile fizice. Glucoza este o substanță cristalină, incoloră, dulce la gust, bine solubilă în apă. Solubilitatea ei se datorează grupelor OH, care asigură prezența legăturilor de hidrogen.

Determinarea formulei de structură. Glucoza are formula moleculară $C_6H_{12}O_6$. Formula de structură a glucozei a fost determinată cu ajutorul reacțiilor redacte în tabelul 2.2.



Noțiuni-cheie

- Glucoză
- Monozaharidă
- Aldehidoalcool
- Fermentare alcoolică
- Fotosinteză
- Fructoză

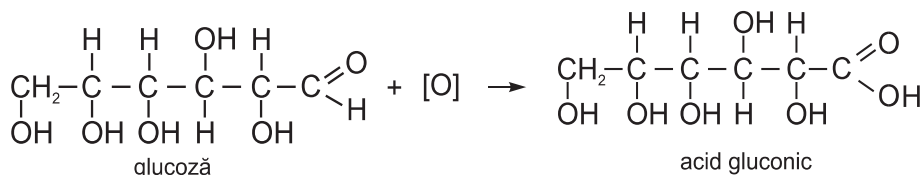
Tabelul 2.2. *Experiențe de stabilire a formulei de structură a glucozei*

Experiența de testare	Rezultatul	Concluzia
1. Încălzirea soluției apoase de glucoză cu reactivul Tollens.	Are loc reacția oglinzii de argint.	Molecula de glucoză conține grupa aldehydică: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
2. Agitarea precipitatului de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ cu soluție de glucoză.	Se dizolvă precipitatul de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ și culoarea albastră se întuneacă.	Glucoza este un alcool polihidroxilic. Câte grupe OH are ea?
3. **Esterificarea dozată a glucozei cu clorură de acetyl $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{Cl}$.	La 1 mol de glucoză se consumă 5 mol de clorură de acetyl.	Molecula conține cinci grupe OH. Formula de structură este: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{H} \quad \text{OH} \end{array}$

Experiențele descrise în tabelul 2.2 demonstrează că glucoza face parte din compuși cu funcțiuni mixte; ea este concomitent aldehydă și alcool polihidroxilic. Grupa aldehydică poate fi amplasată doar la capătul catenei, iar grupele OH sunt repartizate câte una la fiecare din cei cinci atomi de carbon (de același atom de carbon nu pot fi legate două sau trei grupe OH).

Proprietățile chimice. Unele proprietăți ale glucozei au fost examinate la determinarea structurii ei (tabelul 2.2). Glucoza are funcție duală (de alcool polihidroxilic și de aldehydă).

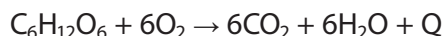
Ca *aldehydă*, glucoza manifestă proprietăți de reducător și de oxidant. Ea se oxidează, în condiții blânde, transformându-se în acid gluconic:



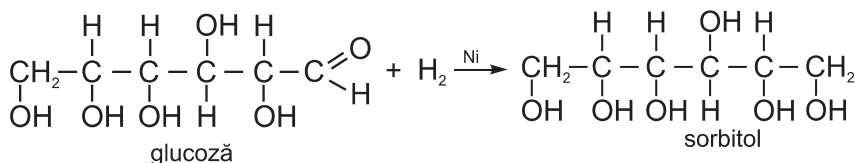
Sarea de calciu a acidului gluconic este utilizată pe larg în medicină, fiind numită *glucolat de calciu* (preparat antialergic, antiinflamator).

Reacția de oxidare a glucozei cu reactivul Tollens stă la baza producerii oglinzilor și bibelourilor din sticlă.

La oxidarea totală (ardere) a glucozei decurge reacția sumară:



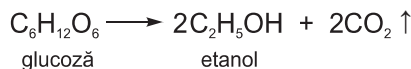
Reducerea glucozei dă un alcool hexahidroxilic – *sorbitolul*:



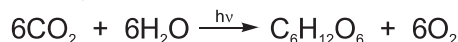
Sorbitolul este materia primă în sinteza vitaminei C.

Importante sunt transformările fermentative ale glucozei. Există mai multe tipuri de fermentări (alcoolică, lactică, butirică, citrică ș.a.), care decurg sub acțiunea enzimelor specifice.

Fermentare alcoolică:



Răspândirea în natură și obținerea. Glucoza se obține în natură prin *fotosinteză*. Ecuația sumară este:



În natură, glucoza este răspândită în toate organele regnului vegetal: rădăcini, tulpini, frunze, fructe. Cantități apreciabile de glucoză conțin strugurii, fructele. Extragerea glucozei din sucuri este nerentabilă. În industrie, ea se obține prin hidroliza amidonului și a celulozei, care sunt compuși macromoleculari, formați din fragmente de glucoză. Ecuația acestei reacții este indicată la pag. 46.

Sarcini imediate

Scrieți ecuațiile reacțiilor de oxidare a glucozei cu oxid de argint și cu hidroxid de cupru (II).

Remarcă

O parte din glucoza din organism, care nu este consumată prin oxidare, este supusă unor transformări enzimatice, în urma cărora se formează glicogen, proteine, grăsimi proprii organismului dat. Iată de ce cura de slăbire a persoanelor ce suferă de obezitate limitează cantitatea de dulciuri în rația alimentară.

Rolul biologic și importanța industrială. Glucoza este una din principalele surse energetice ale organismelor vii. Ea ajunge în organism împreună cu hrana, fie în stare liberă, fie sub formă legată, ca parte componentă a zaharozei sau a amidonului (conținut în cartofi, pâine, orez etc.).

În organism, amidonul este hidrolizat până la glucoză sub acțiunea enzimelor gastrice și intestinale. Glucoza, bine solubilă în apă, trece prin pereții intestinali și ajunge în sânge, de unde este transportată spre diverse organe. În celule, o parte din glucoză „arde” (se oxidează), furnizând energia necesară activității vitale. Procesul complicat de oxidare poate fi redat prin următoarea ecuație sumară:



Glucoza este o componentă indispensabilă sângelui, dar conținutul ei trebuie să se mențină în limitele de 0,07–0,11%. Dacă acesta depășește limita admisibilă, atunci se dereglează schimbul de zaharide și se dezvoltă *diabetul zaharat*, boală care afectează organismul uman.

Fiind un compus ușor asimilabil și un bun furnizor de energie, glucoza este utilizată în medicină pentru întărirea organismului istovit. Din glucoză se obțin diferite preparate medicinale: gluconatul de calciu, vitamina C, sorbitolul. În industria alimentară, glucoza este folosită la prepararea marmeladei, a biscuiților, a sucurilor etc.

Deoarece este un bun reducător, glucoza se întrebuițează la producerea oglinzilor de argint, la colorarea și imprimarea țesăturilor.

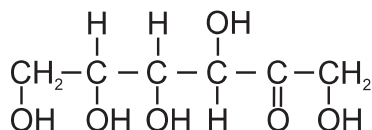
2.2.2. Fructoza

Fructoza, alături de alți hidrați de carbon, se obține prin fotosinteză. Ea se găsește în fructe, struguri, miere. Este o substanță cristalină, incoloră, bine solubilă în apă, de 1,5 ori mai dulce decât zahărul și de trei ori mai dulce decât glucoza.

Fructoza, spre deosebire de glucoză, se asimilează mai ușor, nu necesită insulină (hormon) și de aceea este recomandată bolnavilor de diabet zaharat. Glucoza și fructoza, în cantități egale, sunt componenta principală a mierii de albine.

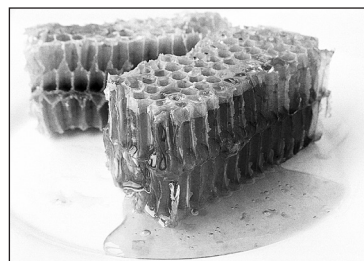
Formula moleculară a fructozei este $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, ea fiind un izomer al glucozei.

*La stabilirea structurii fructozei a fost aplicat același algoritm ca pentru glucoză (vezi *tabelul 2.2*). Spre deosebire de glucoză, fructoza nu dă reacțiile caracteristice aldehydelor, comportându-se concomitent ca cetonă și ca alcool pentahidroxilic. Formula de structură a fructozei este:



Știați că...

Toate organele interne utilizează, ca surse de energie, hidrați de carbon, proteine, grăsimi. Excepție face creierul uman, pentru care sursa de energie este glucoza. Astfel, alimentarea noastră zilnică cu produse ce furnizează glucoză este o necesitate vitală.



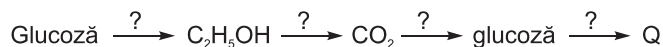
Mierea conține cantități egale de glucoză și fructoză

EVALUARE

1. Folosind exemple din viața cotidiană, descrieți răspândirea în natură și importanța hidraților de carbon.
2. Care este proveniența denumirilor *hidrați de carbon*, *zaharide*, *glucide*? În ce măsură ele corespund realității?
3. De ce glucoza și fructoza sunt bine solubile în apă? Comparați glucoza și fructoza cu hexanolul, care este insolubil în apă. Scrieți formulele lor de structură.
4. Descrieți experiențele, prin care poate fi demonstrată structura glucozei de:
 - a) aldehydă; b) alcool pentahidroxilic.
- *5. Scrieți formulele de structură ale glucozei (I) și fructozei (II). Indicați care dintre aceste hexoze:
 - a) este bine solubilă în apă;
 - b) este mai dulce;
 - c) în stare solidă, reprezintă cristale incolore;
 - d) se oxidează în condiții blânde, formând acidul gluconic;
 - e) se reduce, formând sorbitol;
 - f) dă reacția oglinzii de argint;
 - g) servește ca sursă energetică.
 Scrieți ecuațiile reacțiilor (acolo unde acestea au loc).

6. Propuneți un reagent comun de identificare a glucozei ca aldehydă și ca alcool polihidroxilic. Scrieți schematic ecuațiile acestor reacții și specificați condițiile de efectuare a lor.

7. Scrieți ecuațiile reacțiilor pentru următoarele transformări:



Indicați condițiile de realizare ale acestora în natură. Numiți fiecare transformare.

8. Calculați masa alcoolului etilic obținut la fermentarea glucozei: a) cu masa de 1 kg; b) cu cantitatea de substanță 3 mol.

Răspuns: a) $m(\text{alcool}) = 0,51 \text{ kg}$; b) $m(\text{alcool}) = 276 \text{ g}$.

9. Un gram de glucoză pune la dispoziția organismului nostru 17,6 kJ de energie. Stabiliți valoarea energiei furnizate de 200 g de suc de struguri ce conține 20% de glucoză.

Răspuns: 704 kJ.

10. Calculați masa acidului gluconic ce se poate forma la oxidarea glucozei cu cantitatea de substanță 2 mol.

Răspuns: $m(\text{acid gluconic}) = 392 \text{ g}$.

- *11. Determinați masa hidroxidului de calciu consumat la absorbirea oxidului de carbon (IV), eliminat la fermentarea alcoolică a 10 kg de glucoză cu 5% de impurități.

Răspuns: $m(\text{Ca(OH)}_2) = 7,84 \text{ kg}$.

Să reținem!

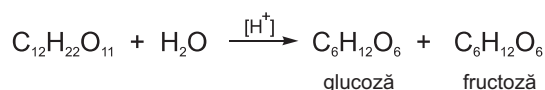
- Glucoza și fructoza sunt monozaharide izomere, cu formula moleculară $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
- Glucoza și fructoza se obțin prin fotosinteză.
- Ambele sunt alcooli pentahidroxilici, glucoza fiind o aldehydă, fructoza – o cetonă.
- Glucoza și fructoza manifestă proprietăți de alcool polihidroxilic și de compus carbonilic.

2.2.3. Zaharoza

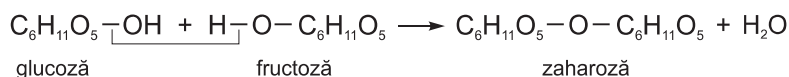
Proprietățile fizice și răspândirea în natură. Zaharoza (zahărul alimentar) este o substanță cristalină, incoloră, bine solubilă în apă, dulce la gust. Se topește la 160°C. Fiind încălzită până la 180°C și răcită brusc, se transformă într-o substanță amorfă cu aspect și gust de caramelă.

În natură, zaharoza se găsește în morcovi, în știuleții necopți, în frunzele și semințele multor plante, în fructe (caise, piersici, pere), în sucurile de mesteacăn, de palmier, de arțar. Cantități considerabile de zaharoză (15–20%) se conțin în suc de sfeclă și în cel de trestie-de-zahăr, din care este extrasă această substanță.

Compoziția și prelucrarea industrială. Formula moleculară a zaharozei este $C_{12}H_{22}O_{11}$. La hidroliza acesteia, se formează două monozaharide: glucoza și fructoza. Prin urmare, zaharoza este o dizaharidă alcătuită dintr-un rest de glucoză și unul de fructoză:



Molecula de zaharoză poate fi concepută ca un eter format prin eliminarea apei dintr-o moleculă de glucoză și una de fructoză:



De menționat că eterul natural format din două resturi de glucoză provenite din amidon se numește *maltoză*, iar eterul alcătuit din două resturi de glucoză provenite din celuloză se numește *celobioză*.

În Republica Moldova, zaharoza este extrasă din sfecla-de-zahăr, plantată anual pe suprafețe mari în partea de nord și în cea centrală. Fabrici de prelucrare a sfeclei-de-zahăr au fost construite în Ghindești, Drochia, Glodeni, Fălești, Dondușeni, Cupcin ș.a.

Tehnologia de prelucrare a sfeclei-de-zahăr începe cu spălarea și mărunțirea. Urmează extragerea cu apă caldă (80°C), prin contracurent, a zaharozei și separarea acesteia de alte componente.

Utilizarea. Zaharoza este un important produs alimentar. Rolul biologic al zaharozei este similar cu cel al glucozei și fructozei (produșii de hidroliză ai acesteia). Derivații ei sunt utilizați ca plastifianți în producerea industrială a maselor plastice. Zaharoza este utilizată la prepararea unor medicamente, mixturi și siropuri pentru copii.

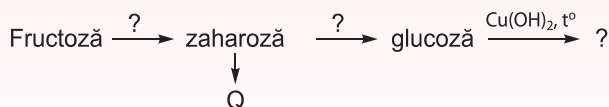


Noțiuni-cheie

- Zaharoză
- Zahăr rafinat
- Dizaharidă
- Hidroliză

EVALUARE

1. Faceți o caracterizare generală a zaharozei după schema: a) formula moleculară; b) răspândirea în natură; c) solubilitatea în apă; d) punctul de topire.
2. Arătați asemănările și deosebirile dintre:
 - a) zaharoză și glucoză; b) zaharoză și fructoză; c) zaharoză și glicerol; **d) zaharoză și eterul dietilic.
3. Efectuați transformările:



- *4. Molecula cărui hidrat de carbon conține o parte mai mare de masă de carbon:
a) glucoza; b) fructoza; c) zaharoza?
5. Ce masă de zaharoză se produce din 50 t de sfeclă-de-zahăr cu partea de masă a zaharozei egală cu 15%?

Răspuns: $m(\text{zaharozei}) = 7,5 \text{ t}$.

Să reținem!

- Zaharoza (zahărul alimentar) este o dizaharidă cu formula moleculară $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.
- La hidroliză, zaharoza formează glucoză și fructoză.
- Zaharoza se obține industrial din sfecla-de-zahăr și din trestia-de-zahăr.

* EXPERIENȚA DE LABORATOR nr. 5



Investigarea procesului de hidroliză a zaharozei

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Utilaj: stativ cu eprubete, spatulă, clemă pentru eprubete, pipetă, spirtieră sau bec de gaz, baie de apă.

Reactivi: zaharoză, soluții de CuSO_4 (0,1 mol/L), NaOH (2 mol/L), H_2SO_4 ($\omega = 20\%$).

Într-o eprubetă, turnați 1 mL de apă și introduceți un vârf de spatulă de zahăr. Agitați până la dizolvarea completă, apoi adăugați 3 picături de acid sulfuric de 20%. Încălziți eprubeta la baie de apă fierbinte cca 10 minute, apoi răciți. Are loc hidroliza zaharozei cu formarea glucozei și fructozei. Neutralizați amestecul (cu sol. NaOH) și încercați-l la prezența grupei aldehydice, încălzindu-l slab cu 3 picături de soluție de CuSO_4 (vezi Experiența de laborator nr. 1, pag. 19). Apariția culorii roșiatice demonstrează că zaharoza s-a supus hidrolizei, formându-se fructoză și glucoză.

Transcrieți în caiete tabelul și completați-l.

Utilaj și reactivi	Modul de lucru	Observații	Concluzii. Ecuațiile reacțiilor

Proiect

Tema: *Fast-foodul* – o necesitate sau un capriciu?

Argument: *Fast-foodul* este un fel de mâncare care poate fi preparată și servită rapid (din engleză *fast-food* – mâncare rapidă) la pauze (între lecții), în transport, pe stradă etc. Din această clasă face parte *hamburgerul* sau *cheesburgerul* (prescurtat *burger*). Acesta constă dintr-o chiflă tăiată în două, între felii punându-se o bucată de carne preparată sau diverse brânzeturi, legume, salamuri, murături, creme, sosuri.

Elaborați un proiect la tema enunțată.

Etape de urmărit

În procesul de elaborare a proiectului, se vor respecta următorii pași:

- diversitatea și valoarea calorică a alimentelor incluse în *fast-food*;
- viteza de asimilare în organism;
- influența *fast-foodului* asupra sănătății omului;

- ce afecțiuni poate cauza măncaarea *fast-food*.

Modalități de realizare

- Prezentări PowerPoint
- Colaje
- Postere
- Referat

Modalități de prezentare

- Fiecare echipă va stabili modul de prezentare a proiectului; va alege o persoană care îl va prezenta în fața clasei.
- Prezentarea se va face timp de 8-10 min.

Criterii de evaluare

- Originalitatea informației incluse în proiect
- Conținutul științific al proiectului
- Mesajul transmis de echipă
- Sursele de documentare
- Încadrarea în timpul alocat prezentării

2.2.4. Amidonul

Amidonul este un polimer natural care se formează în frunzele verzi în urma procesului de fotosinteză. Are o mare răspândire în natură și este principalul hidrat de carbon de rezervă al plantelor. Cantități considerabile de amidon conțin orezul, porumbul, cartoful (fig. 2.2).

Compoziția și proprietățile. Amidonul reprezintă un praf alb, puțin solubil în apă, asemănător cu făina de grâu. Se umflă în apă fierbinte, dând un amestec coloidal, numit *clei de amidon* (*pap de amidon*).

Dacă am depune câteva picături de soluție de iod (tinctură de iod diluată de zece ori) pe o bucată de cartof proaspăt tăiată, am observa apariția imediată a unei culori albastre. Această probă servește la identificarea amidonului cu ajutorul iodului.

Dacă am încălzi puțin clei de amidon cu hidroxid de cupru (II), culoarea roșie de Cu_2O nu ar apărea, semn că amidonul nu conține grupe aldehydice libere.

Fiind o polizaharidă, amidonul se supune hidrolizei la fel ca zaharoza.



Noțiuni-cheie

- Amidon
- Glicogen
- Polizaharidă
- Hidroliză
- Dextrine
- Fotosinteză



Colorarea cartofului cu tinctură de iod.

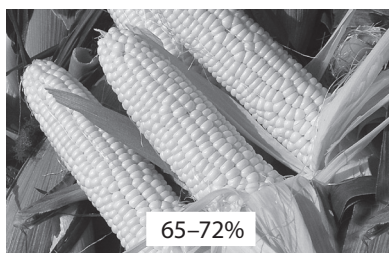
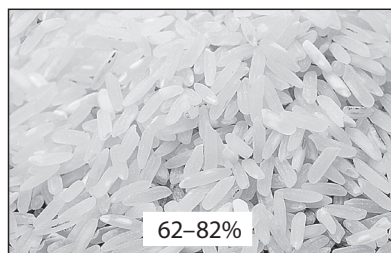
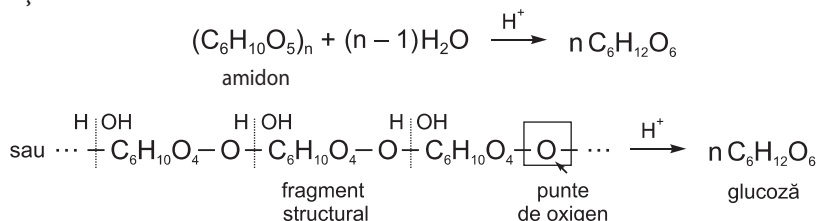
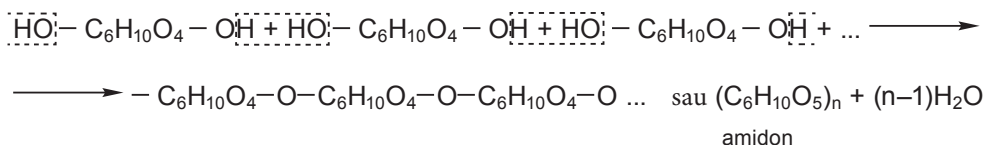


Fig. 2.2. Conținutul amidonului în orez, în porumb și în cartofi

Procesul de hidroliză decurge treptat, cu formarea intermediară a unor polizaharide inferioare (*dextrine*), ajungându-se până la glucoză. Astfel, macromoleculele de amidon sunt alcătuite din resturi de glucoză, legate între ele prin punți de oxigen, care se scindează hidrolitic sub acțiunea acizilor minerali:



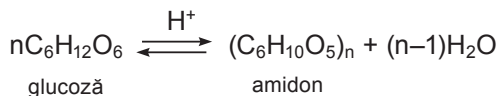
Formula moleculară a amidonului este $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ (n indică gradul de polimerizare). Procesul de hidroliză este reversibil; prin deshidratarea intermoleculară, la care participă un număr mare de molecule de glucoză, se formează macromolecule de amidon.



Știați că...

Cristalinul ochiului este, practic, format din polizaharide. Stomacul nostru nu se „mănâncă” pe sine (nu se digere) datorită unui strat protector, alcătuit din hidrați de carbon.

*Procesul de formare a unui compus macromolecular (amidonul) și a unui inferior (H_2O) se numește *reacție de policondensare*. În formă sumară, acest proces poate fi indicat astfel:



Macromoleculele de amidon nu sunt identice. Gradul de polimerizare n variază în acestea de la câteva sute până la câteva mii. Unele macromolecule sunt liniare, altele – ramificate. În materialele naturale (orez, porumb, cartofi), macromoleculele de amidon sunt aranjate sub formă de granule.

Rolul biologic. Amidonul este una dintre sursele energetice importante ale organismelor umane și animale. Nimerind în organism cu hrana, amidonul se supune hidrolizei enzimatice, transformându-se în glucoză. Aceasta este transportată spre celule, unde se consumă parțial pentru necesitățile energetice ale organismului, conform schemei:



Glucoza care nu a fost consumată se combină din nou, formând un compus macromolecular – *glicogenul* – cu aceeași formulă moleculară $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, dar mult mai ramificat decât amidonul.

Glicogenul este rezerva energetică a organismului între mese și în cazul unor eforturi sporite. El se consumă după același principiu ca și amidonul.

Glicogenul se depune în ficat și în mușchi. Dacă conținutul de glicogen depășește limita de 50–60 g la 1 kg de masă, organismul în-

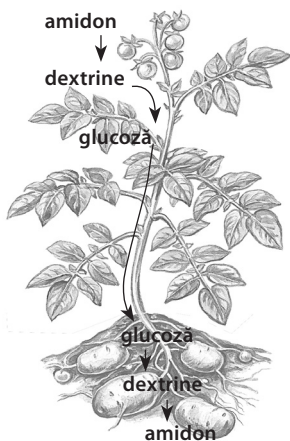


Fig. 2.3. Transportarea amidonului din frunze spre tuberculii de cartof

cetează să-l sintetizeze, restul glucozei transformându-se în grăsime.

În figura 2.4 este redat circuitul oxigenului și al dioxidului de carbon în natură care participă în procesul de fotosinteză.

Utilizarea. Amidonul este una dintre principalele surse alimentare. Producția hidrolizei parțiale și totale a amidonului (dextrinele și glucoza) se asimilează mai ușor, de aceea pregătirea bucatelor din cartofi, din porumb sau cereale presupune o prelucrare termică (fierbere, prăjire, coacere), însoțită de hidroliza amidonului. Apariția unei pojghițe rumene pe pâinea coaptă sau pe cartofii prăjiți se datorează formării dextrinelor cleioase.

Amidonul este utilizat la obținerea glucozei, a dextrinelor (folosite la prepararea dulciurilor, marmeladelor, jeleurilor, biscuiților), precum și la fabricarea adezivilor (cleiurilor), hârtiei, cartonului. Cantități mari de amidon se consumă în industria textilă la imprimarea și apretarea țesăturilor. El se întrebuințează și la fabricarea chibriturilor, ca material de închegare a componentelor. În farmaceutică, din substanțe medicamentoase și amidon se produc paste, unguente, pastile ș.a.

Metoda de obținere. Amidonul este extras din cartofi și din porumb. Materia primă este mărunțită și depusă pe site, unde este spălată din abundență cu apă. Granulele de amidon sunt antrenate de șuvoiul de apă, trec prin sită și se depun pe fundul vasului. După spălare și decantare, amidonul este uscat la presiune redusă.

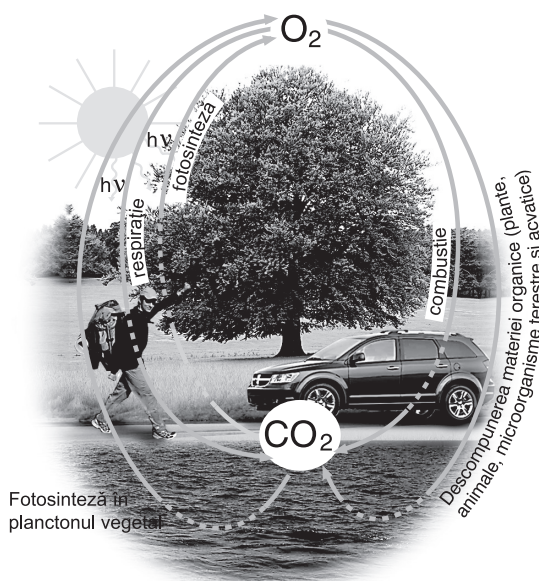


Fig. 2.4. Circuitul oxigenului și al dioxidului de carbon în natură

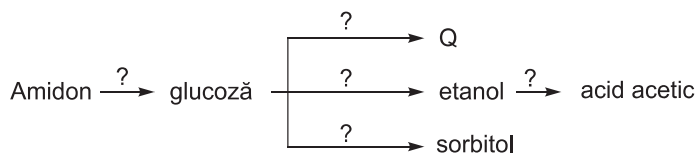
Hidroliza amidonului

Să fierbem puțin clei de amidon cu câteva picături de acid sulfuric. Neutralizăm apoi amestecul și îl testăm pentru a stabili prezența grupei aldehidice, încălzindu-l cu hidroxid de cupru (II). Apariția culorii roșii demonstrează că amidonul se supune hidrolizei cu formarea glucozei.

EVALUARE

1. Caracterizați amidonul după schema: a) răspândirea în natură; b) formula moleculară; c) proprietățile fizice.
2. Scrieți ecuația reacției de hidroliză a amidonului cu formarea glucozei. Arătați, în formula macromoleculei, fragmentul structural și punțile de oxigen.
3. Prin ce se deosebește hidroliza amidonului de hidroliza zaharozei?
4. Din ce cauză fierbem sau prăjim cartofii?
5. Indicați asemănările și deosebirile dintre:
 - a) glucoză și amidon;
 - b) amidon și zaharoză;
 - c) amidon și polietenă.
6. Cartofii „atinși” de ger sunt dulci la gust. De ce?

7. Scrieți ecuațiile reacțiilor și indicați condițiile pentru următoarele transformări:



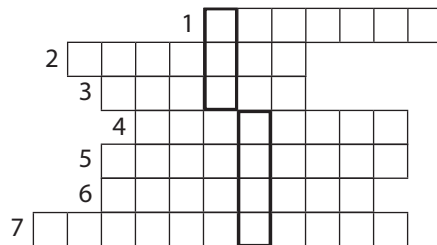
Denumiți fiecare transformare chimică.

8. Rufele scrobite, când sunt călcate cu fierul de călcat, se acoperă cu o pojghiță. Explicați transformările ce au loc.
9. Definiți procesul de fotosinteză. Cum se formează amidonul în bulbii de cartofi din sol, unde nu există condiții de realizare a fotosintezei?
10. Se iau trei eprubete fără etichete. În una se află glucoză, în alta – zaharoză, în a treia – amidon. Cum poate fi identificat conținutul fiecărei eprubete?
11. Ce masă de glucoză se va obține la hidroliza amidonului extras din 67,5 kg de cartofi, dacă partea de masă a acestuia în cartofi este de 24%?
Răspuns: $m(\text{glucozei}) = 18 \text{ kg}$.
12. Descrieți rolul biologic al amidonului. Ce este glicogenul și unde se depune acesta în organism? Când, cum și cu ce scop se consumă glicogenul în organism?



Lucru în echipă

13. Examinați *figura 2.4*. Alcătuiți un eseu în care să arătați circuitul în natură al dioxidului de carbon și al oxigenului, folosind exemple din mediul înconjurător. În baza eseului, desenați un tablou pentru a fi expus în cabinetul de chimie. Scrieți ecuațiile reacțiilor cuprinse în eseu.
14. Completând rubricile pe orizontală, veți obține pe verticală denumirea unui preparat gustos ce conține dextrine:
 1. Compus macromolecular.
 2. Zahărul din struguri.
 3. Substanță.
 4. Împreună cu glucoza, formează zaharoză.
 5. Reacția amidonului cu apa.
 6. Produși intermediari ai hidrolizei amidonului.
 7. Proces natural de sinteză a hidraților de carbon.



Să reținem!

Amidonul $(C_6H_{10}O_5)_n$:

- este un polimer natural format din resturi de glucoză;
- se supune hidrolizei în etape, prin dextrine până la glucoză;
- poate fi identificat cu ajutorul iodului (apare o culoare albastră);
- se extrage din cartofi și din porumb.



Solubilitatea hidraților de carbon. Identificarea glucozei și a amidonului

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Utilaj: stativ cu eprubete, spatulă, clemă pentru eprubete, pipetă, spirtieră sau bec de gaz.

Reactivi: glucoză, zaharoză, amidon, reactiv Tollens, soluții de CuSO_4 (0,1 mol/L), NaOH (2 mol/L), tinctură de iod, cartof, apă distilată.

a) Studiarea solubilității hidraților de carbon

În trei eprubete numerotate introduceți câte o spatulă de glucoză (I), zaharoză (II), amidon (III). Turnați în fiecare câte 2 mL de apă. Agitați 2-3 min. Care dintre substanțe s-a dizolvat? Încălziți puțin conținutul eprubetelor, agitând. Ce s-a format în eprubeta cu amidon? Notați observațiile, concluzionând privitor la solubilitatea substanțelor la rece și la cald.

b) Identificarea glucozei

În două eprubete bine curățate introduceți câte trei picături de soluție de glucoză (din experiența a) și adăugați în I – trei picături de reactiv Tollens, iar în II – trei picături soluție de CuSO_4 și câteva picături de soluție de NaOH (în exces). Încălziți slab conținutul eprubetelor, fără a-l agita. Ce observați? Există vreo asemănare cu probele de identificare a aldehydelor (experiența nr. 1, pag. 19)? Notați observațiile.

c) Identificarea amidonului

Aplicați câteva picături de soluție diluată de iod pe o felie proaspăt tăiată de cartof. Ce colorație apare? Completați tabelul. Descrieți mersul lucrării, notați observațiile, scrieți ecuațiile reacțiilor.

Utilaj și reactivi	Modul de lucru	Observații	Concluzii. Ecuațiile reacțiilor

2.2.5. Celuloza

Răspândirea în natură. Celuloza este materialul de construcție al pereților celulelor vegetale, de unde provine și denumirea. Celuloza conferă plantelor stabilitate și elasticitate.

La fel ca amidonul, celuloza este un produs al procesului natural de fotosinteză. Conținutul celulozei în reprezentanții regnului vegetal variază: fibrele de bumbac, de in, de cânepă sunt alcătuite, practic, numai din celuloză (până la 98%), lemnul conține circa 50% de celuloză.

Mostre de celuloză pură, obținute prin prelucrarea celulozei naturale, sunt vata și hârtia de filtru.

Proprietățile fizice și compoziția. Celuloza este o substanță solidă, fibrilară, insolubilă în apă și în dizolvanți organici, cu o stabilitate mecanică înaltă.

Ca și amidonul, celuloza este un polimer natural cu formula moleculară $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Macromoleculele de celuloză sunt constituite din fragmente de glucoză, având doar structură liniară. Moleculele de celuloză se formează, ca și cele de amidon, la combinarea prin deshidratare a moleculelor de glucoză. Masa moleculară medie a celulozei este mai mare decât cea a amidonului. Între moleculele liniare ale celulozei, în baza grupelor hidroxil, se realizează legături de hidrogen, ce apropie macromoleculele și le ordonează sub formă de



Noțiuni-cheie

- Celuloză
- Polizaharidă
- Hidroliză
- Nitrare
- Acetilare
- Viscoză

R emarcă

Spre deosebire de amidon, celuloza nu poate fi folosită ca produs alimentar, deoarece organismul uman nu conține enzime capabile să o hidrolizeze. Asemenea enzime au doar animalele rumegătoare, al căror stomac este constituit din patru camere, ceea ce permite să se mărească durata procesului de fermentare.

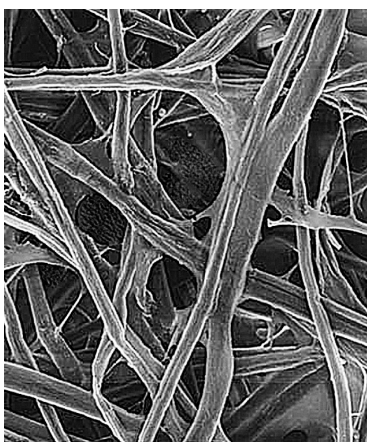


Fig. 2.5. Orientarea macromoleculor de celuloză în componența lemnului

S arcini imediate

Scrieți ecuația sumară a reacției de hidroliză a celulozei, prin analogie cu cea a amidonului.

fibre. Aceasta îi conferă celulozei, comparativ cu amidonul, o stabilitate mecanică pronunțată.

Celuloza din bumbac, din in sau cânepă poate fi ușor trasă în fire, iar celuloza din lemn nu poate forma fire, deoarece este în amestec cu alte componente naturale, inclusiv lignina, rășinile etc. În afară de aceasta, în lemn, macromoleculele liniare de celuloză sunt orientate în diverse direcții, suprapuse una peste alta, ca într-o armătură (fig.2.5).

Obținerea industrială. Celuloza din bumbac, din in sau cânepă este, practic, pură și poate fi folosită după o tratare neesențială. Dar aceste culturi tehnice necesită anumite condiții climaterice și o îngrijire specială. O sursă accesibilă de celuloză este lemnul, însă conținutul celulozei în acesta constituie doar 50%.

Chimiștii-tehnologi au elaborat procedee de extragere a celulozei din lemn. Masa lemnoasă este tratată, conform *metodei viscozice*, cu bază alcalină și cu sulfură de carbon. Dintre toate componentele lemnului, doar celuloza interacționează, formând un derivat solubil în apă. Acesta este separat și pompat apoi prin filiere de diferite forme și dimensiuni, fiind concomitent supus hidrolizei acide. Celuloza extrasă din lemn se numește *viscoză*.

Proprietățile chimice. Celuloza este o substanță chimic stabilă și, la fel ca amidonul, nu are reacții caracteristice aldehidelor. Fiind o polizaharidă, celuloza se descompune hidrolitic sub acțiunea acizilor. Celuloza, la fel ca amidonul, se supune hidrolizei în etape, formând, în cele din urmă, glucoză.

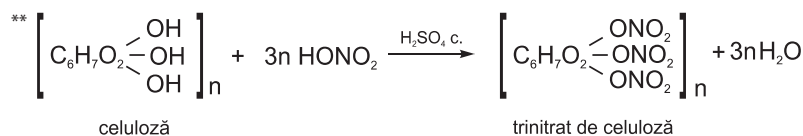


Hidroliza. Să mărunțim într-o capsulă de porțelan câteva bucățele de hârtie de filtru; să le îmbibăm cu acid sulfuric diluat. Diluăm amestecul cu puțină apă și îl neutralizăm cu soluție de Na_2CO_3 . Încercăm produsul de hidroliză cu agenți de identificare a aldehidelor, de exemplu, cu hidroxid de cupru (II). La încălzire, apare culoarea roșie-atică de Cu_2O .

Alte proprietăți chimice ale celulozei sunt legate de prezența grupelor hidroxil care, asemeni celor din alcooli, pot fi supuse esterificării.

Reacțiile de nitrare și de acetilare a celulozei au importanță industrială. Pentru scrierea acestor ecuații, vom evidenția cele trei grupe hidroxil (ale fragmentului structural glucozidic) care suferă transformările chimice respective.

***Nitrarea.** Tratarea celulozei cu amestec nitrant duce la formarea esterului trinitrat de celuloză, numit *piroxilină*:



Piroxilina este un exploziv puternic. Din ea se produce pulbere fără fum.

*6. Indicați asemănarea și deosebirea dintre procesul de nitrare a celulozei și cel al glicerolului.

7. Descrieți domeniile de utilizare a celulozei extrase din lemn.

*8. Indicați asemănările și deosebirile (privind proprietățile fizice sau/și chimice) dintre:

a) celuloză și glucoză; b) celuloză și amidon; c) celuloză și cauciuc.

9. Un copac verde poate asimila prin fotosinteză circa 50 g de dioxid de carbon pe zi. Câți litri de oxigen (c.n.) se elimină într-o zi?

Răspuns: $V(O_2) = 25,45 \text{ l.}$

Să reținem!

Celuloza $(C_6H_{10}O_5)_n$:

- este un polimer natural, format din resturi de glucoză;
- se găsește în bumbac, în, cânepă, lemn;
- participă la reacții de hidroliză, nitrare, acetilare, descompunere termică, ardere;
- este extrasă din lemn prin metoda viscozică.

TEST DE EVALUARE SUMATIVĂ

la subunitatea de învățare „Hidrații de carbon”

În itemii 1-4, încercuiți literele ce corespund răspunsurilor corecte.

1. Glucoza conține în moleculă grupele funcționale:

a) hidroxil b) carboxil c) aldehydică d) nitro

2. Sunt hidrați de carbon compuși:

a) $C_6H_{12}O_6$ b) $C_6H_{12}O$ c) $(C_6H_{10}O_5)_n$ d) $C_{12}H_{22}O_{11}$

3. Care afirmații sunt adevărate?

A F Producții de hidroliză a zaharozei sunt substanțe izomere.

A F Fructoza este o dizaharidă.

A F Glucoza se supune hidrolizei.

A F Amidonul și celuloza sunt polimeri naturali.

4. Care dintre substanțele enumerate dau reacția oglinzii de argint:

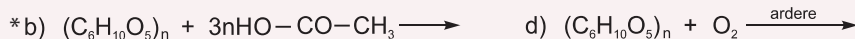
a) etena; d) etanalul; *g) fructoza;

b) etina; *e) acidul metanoic; h) amidonul;

c) metanolul; f) glucoza; i) celuloza.

5. Din amidon obțineți: *a) gluconat de calciu; b) etanol.

6. Scrieți produsele reacțiilor ce caracterizează proprietățile chimice ale celulozei:



7. Calculați masa carbonatului de calciu care se obține la barbotarea prin apa de var a oxidului de carbon (IV) format la fermentarea glucozei cu cantitatea de substanță 2 mol.

Răspuns: $m(CaCO_3) = 400 \text{ g.}$

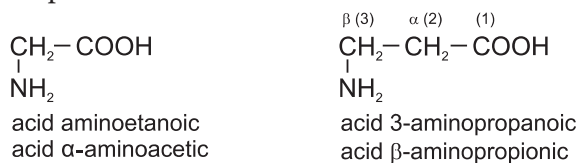
2.3. Aminoacizii și proteinele

2.3.1. Aminoacizii



Compuși ce conțin în moleculă grupele funcționale amină -NH_2 și carboxil -COOH se numesc *aminoacizi*.

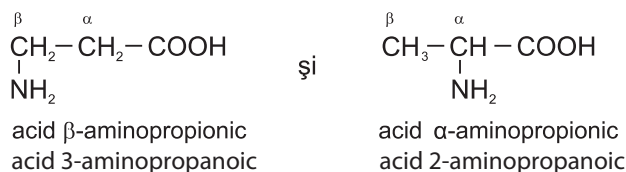
Nomenclatura și *izomeria. După nomenclatura sistematică, aminoacizii poartă numele acidului respectiv, precedat de termenul *amino*, indicându-se, prin intermediul cifrelor, locul grupei -NH_2 . În denumirile istorice, poziția grupei -NH_2 este indicată prin litere grecești. De exemplu:



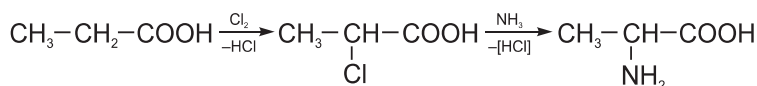
Aminoacizii din componența proteinelor au denumiri specifice (vezi tabelul 2.3, pag. 59).

*În seria acizilor monoaminomonocarboxilici saturați există izomerie legată de poziția grupei amine față de grupa carboxil și de ramificarea catenei carbonice.

De exemplu:



***Metodele de obținere.** Aminoacizii se obțin pe cale chimică prin diverse metode, din acizi carboxilici, compuși carbonilici etc. Conform unei metode generale, aminoacizii pot fi obținuți din amoniac și acizi halogenocarboxilici care, la rândul lor, se formează la halogenarea acizilor. De exemplu, acidul α -aminopropionic se obține conform schemei:



α -Aminoacizii care intră în componența proteinelor se obțin nu doar pe cale sintetică, ci și la hidroliza dirijată (în etape) a proteinelor.

Proprietățile fizice și chimice. Aminoacizii sunt substanțe cristaline, incolor, cu temperaturi înalte de topire, bine solubile în apă. Unii acizi au gust dulce.

Aminoacizii conțin în moleculă grupa funcțională -NH_2 , care le conferă proprietăți bazice, și grupa funcțională -COOH , ce le imprimă proprietăți de acizi carboxilici.



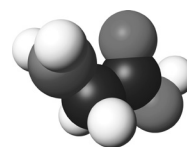
Noțiuni-cheie

- Aminoacizi
- Funcțiuni mixte
- Amfoteritate
- Policondensare
- Grupă amidă
- Grupă peptidică

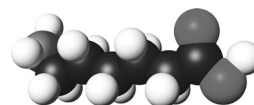
Remarcă



Clasa aminoacizilor face parte din compuși cu funcțiuni mixte.



Modelul moleculei de acid aminoacetic



Modelul moleculei de acid aminopropionic

Sarcini imediate

Care este mediul de reacție al soluțiilor apoase ale acizilor monocarboxilici?

Scrieți schema disocierii acidului formic.

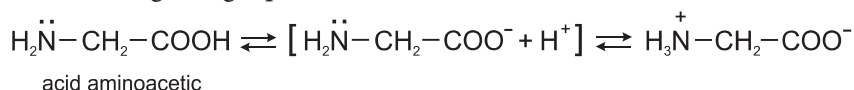
Să deducem comportamentul chimic al aminoacizilor.

În calitate de *amine*, aminoacizii vor manifesta proprietăți de bază, interacționând cu acizii și formând săruri. În calitate de *acizi*, aminoacizii vor disocia în soluții, vor interacționa cu compușii bazici (metalele active, oxizii de metale, bazele etc.).

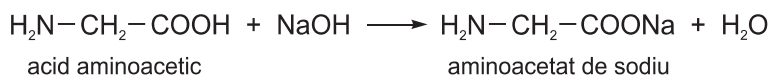
Care trebuie să fie mediul de reacție al soluțiilor apoase ale acizilor monoaminomonocarboxilici?

Având în moleculă o grupă bazică ($-\text{NH}_2$) și una acidă ($-\text{COOH}$), aceștia manifestă *amfoteritate*. Soluțiile lor sunt neutre și nu schimbă culoarea indicatorilor.

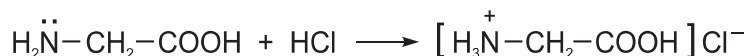
**Disocierea*. Aminoacizii disociază în soluție în modul următor: protonul eliberat de la grupa carboxil se leagă de grupa amină, formându-se o sare internă:



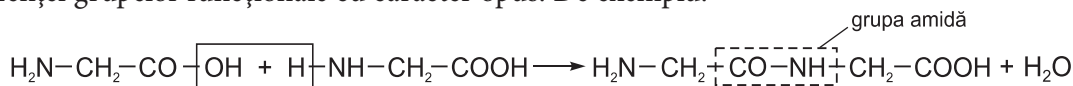
**Formarea de săruri*. În reacție cu agenții bazici, aminoacizii se comportă ca acizi, formând carboxilați de metale:



În reacția aminoacizilor cu acizii minerali se obțin sărurile de amoniu respective:

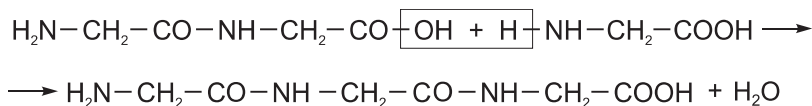


Proprietățile specifice. Moleculele de aminoacizi pot interacționa între ele datorită prezenței grupelor funcționale cu caracter opus. De exemplu:



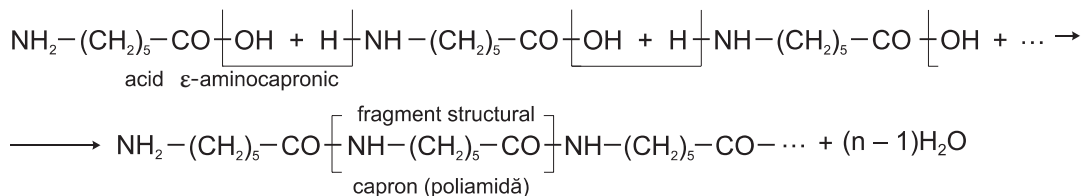
Procesul de combinare a moleculelor în urma eliminării apei se numește *condensare*. Grupa $-\text{CO}-\text{NH}-$ se numește *grupă amidă*.

*Produsul format la condensarea a două molecule este, de asemenea, un aminoacid, care, la rândul său, se poate condensa cu o a treia moleculă de aminoacid inițial:



Produsul constituit din trei molecule de aminoacizi conține două grupe amide $-\text{CO}-\text{NH}-$. La condensarea unui număr mare de aminoacizi se obține o macromoleculă cu un număr mare de grupe amide. Acest proces se numește *policondensare*, iar produsul macromolecular format – *poliamidă*.

*La policondensarea acidului ϵ -aminocapronic se formează o poliamidă, numită *capron*, din care se produc mase plastice și fibre sintetice:



Proteinele, de asemenea, sunt poliamide, însă la formarea acestora participă anumiți α -aminoacizi (*tabelul 2.3, pag. 59*). Macromoleculele de proteine sunt formate din multe resturi de α -aminoacizi diferiți, aranjați într-o anumită succesiune. Grupa $-\text{CO}-\text{NH}-$ din aceste poliamide se numește *grupă peptidică*.

Rolul biologic și utilizarea. Importanța mare a aminoacizilor din regnul animal și din cel vegetal se datorează participării lor la formarea proteinelor și a altor substanțe biologice importante. Nimerind în organism cu hrana, proteinele se hidrolizează enzimatic până la α -aminoacizii componenți, care, la rândul lor, se recombina, formând proteine proprii organismului respectiv.

Organismul uman poate produce unii α -aminoacizi, necesari la sinteza proteinelor proprii. În *tabelul 2.3* este indicată norma medie zilnică de α -aminoacizi pentru un om matur. Insuficiența de α -aminoacizi duce la dereglări fizice și psihice. De aceea α -aminoacizii sunt recomandați bolnavilor în caz de istovire a organismului, după intervenții chirurgicale ș.a. De exemplu, norma zilnică de acid glutamic, care, de altfel, are miros și gust de zeamă de pui, este de 16 g.

În afară de industria alimentară și cea farmaceutică, aminoacizii mai sunt utilizați la producerea coloranților, a maselor plastice, a fibrelor sintetice (de exemplu, capron) etc.

R emarcă

Plantele sunt o sursă naturală de α -aminoacizi și de proteine. Ele produc α -aminoacizii din dioxid de carbon și apă în *procesul de fotosinteză*, asimilând elementele necesare (N, P, S, Fe, Mg ș.a.) din sărurile solubile ce se găsesc în sol.

Știați că...

Organismul uman și cel animal nu pot sintetiza o serie de α -aminoacizi, printre care: valina, leucina, izoleucina, treonina, metionina, lizina, triptofanul, fenilalanina ș.a. (vezi *tabelul 2.3*). Corpului nostru îi sunt însă absolut necesari respectivi compuși, de aceea ei trebuie administrați prin hrană. Aceștia sunt numiți *acizi esențiali*.

EVALUARE

1. Definiți aminoacizii. Din ce tip de compuși fac parte aminoacizii (după natura grupelor funcționale din molecula lor)?
- *2. Scrieți formulele de structură și numiți aminoacizii izomeri cu formula moleculară $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$.
- *3. Argumentați amfoteritatea aminoacizilor în baza exemplului acidului β -aminopropionic. Scrieți ecuațiile reacțiilor.
4. Examinați grupele funcționale și structura aminoacizilor din *tabelul 2.3*. Cum vor acționa asupra turnesolului soluțiile de: a) alanină; b) acid glutamic; c) lizină; d) acid asparagic?
- *5. Caracterizați reacția de policondensare. Scrieți ecuația reacției de policondensare a acidului aminoenantic $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$. Produsul reacției este o poliamidă folosită la obținerea fibrelor sintetice *enant*. Cu ce fibră poliamidică se aseamănă enantul (după formula de structură)?
- *6. Obțineți acidul aminoacetic din compuși anorganici. Scrieți ecuațiile reacțiilor necesare.
- *7. Un acid monoaminomonocarboxilic saturat cu masa de 4,45 g formează, prin tratare cu metanol, 5,15 g de ester metilic. Care sunt formulele moleculară și de structură ale acestui acid, dacă el intră în componența proteinelor? Indicați necesarul zilnic al organismului de acest acid.

Răspuns: $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$.

Să reținem!

Aminoacizii:

- conțin în moleculă grupele $-\text{NH}_2$ și $-\text{COOH}$;
- se obțin din acizii carboxilici halogenați și din proteine;
- manifestă proprietăți amfotere (de bază și de acid);
- participă la reacții de policondensare, formând poliamide.

Noțiuni-cheie

- Biopolimeri
- Proteine
- Peptide
- Legătură peptidică
- Structură primară, secundară, terțiară
- Denaturare



Produse alimentare bogate în proteine

2.3.2. Proteinele

Denumirea *proteine* provine de la grecescul *proteios* „primul”. Acest nume corespunde perfect rolului *primar* al proteinelor în viața omului și în cea a animalelor.

Răspândirea în natură și importanța. Proteinele se găsesc în protoplasma și în nucleul tuturor celulelor animale și vegetale. Ele constituie baza a tot ce este viu pe pământ, îndeplinind cele mai diverse funcții în organism (fig. 2.7).

Proteinele intră în componența pielii, oaselor, unghiilor, părului, ligamentelor, sângelui, țesuturilor nervoase și musculare ale tuturor organelor interne. Se găsesc în ouă, lapte, lână, mătase ș.a.

În natură, sursa primară de aminoacizi și de proteine sunt plantele, care le produc din dioxid de carbon și apă prin fotosinteză, folosind elementele necesare din sol. Conținutul proteinelor în regnul vegetal este mai redus (până la 15%) decât în regnul animal (în limitele a 20–80% din masa uscată).

Organismul unui om matur are nevoie zilnic de 70–80 g de proteine. Sursele principale de proteine pentru om sunt carnea (până la 30%), peștele (~18%), brânza (20–22%), laptele (până la 4%), pâinea și crupele (8–10%), fasolea (36%), ouăle (12%), ciupercile (30%).

După funcțiile pe care le îndeplinesc în organism, proteinele sunt divizate în:

- *constructori* – constituie partea principală a materialului de construcție pentru celule și pentru țesuturi;
- *hormoni* – asigură coordonarea activității diverselor organe;
- *protectori* – sunt responsabili de imunitatea organismului;
- *transportori* – de exemplu, hemoglobina din sânge transportă oxigenul spre țesuturi și dioxidul de carbon – dinspre țesuturi spre plămâni;
- *enzime* – catalizează toate procesele biologice din organism;
- *rezervă energetică* – 1 g de proteină, la oxidarea enzimatică, furnizează organismului 17,6 kJ de energie.

Acestea și alte funcții biologice ale proteinelor sunt consemnate în figura 2.7.

După importanța lor pentru organismele vii, proteinele pot fi comparate doar cu acizii nucleici, întrucât aceștia dirijează sinteza proteinelor.

Componența, legătura peptidică. Proteinele sunt compuși macromoleculari (biopolimeri). Principalele elemente constitutive ale proteinelor sunt C, H, N, O, S, P. Componența structurală a proteinelor a fost determinată cu ajutorul reacțiilor de hidroliză acidă, bazică sau enzimatică. În amestecul obținut la hidroliza diverselor tipuri de proteine au fost identificați 20 α -aminoacizi (tabelul 2.3), care poartă denumiri specifice și au însemne internaționale, folosite la redarea structurii moleculelor de proteină.

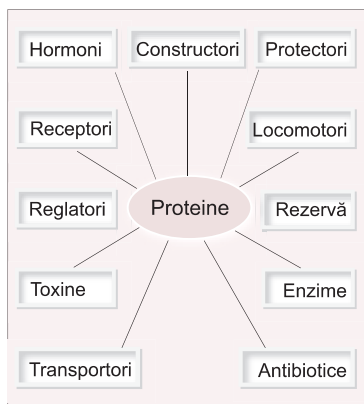


Fig. 2.7. Funcțiile biologice ale proteinelor

Tabelul 2.3. *Unii α-aminoacizi din componența proteinelor*

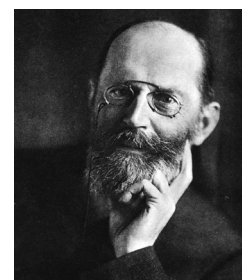
Denumirea (însemnul internațional)	Structura	Norma zilnică (g)
Glicină (Gly)	$\text{H}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	3
Alanină (Ala)	$\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	3
Valină (Val) (<i>esențial</i>)	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	4
Cisteină (Cys)	$\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	3
Serină (Ser)	$\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	3
Acid asparagic (Asp)	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	6
Acid glutamic (Glu)	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	16
Lizină (Lys) (<i>esențial</i>)	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	4
Fenilalanină (Phe) (<i>esențial</i>)	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	3

Cum sunt legate în molecula de proteină resturile de α-aminoacizi?

La începutul secolului al XX-lea, savantul chimist Hermann Emil Fischer a elaborat *teoria peptidică*. Conform acestei teorii, resturile de α-aminoacizi sunt unite în molecula de proteină prin intermediul legăturilor peptidice –CO–NH–.



Compuși naturali sau sintetici, ce conțin în moleculă resturi de α-aminoacizi, se numesc *peptide*. După numărul acestor resturi, deosebim *dipeptide*, *tripeptide*, *tetrapeptide* etc. Peptidele formate din mai multe resturi de aminoacizi se numesc *polipeptide*. Polipeptidele naturale cu masa moleculară relativă mai mare de 6 000 se numesc *proteine*.

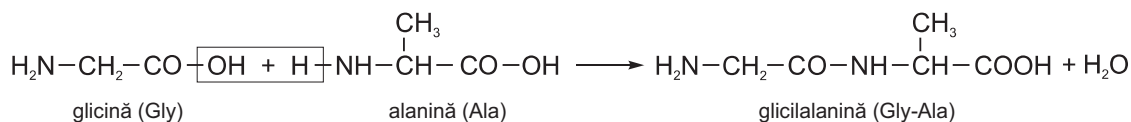


**HERMANN
EMIL FISCHER**
(1852–1919)

Chimist german. A planificat și a realizat sinteze dificile din domeniul compușilor naturali: hidrați de carbon, α-aminoacizi, proteine, baze purinice. A fost numit *Magistru al sintezei organice*. Este laureat al Premiului Nobel (1902).

Prin hidroliza în etape a proteinelor se formează, într-o fază intermediară, polipeptide, apoi peptide și, în final, α-aminoacizi.

Sinteza proteinelor este procesul invers hidrolizei în etape a acestora. Schematic, formarea unei dipeptide din doi acizi poate fi redată astfel:



În total, din acești doi aminoacizi se pot forma patru dipeptide: glicilglicină (Gly-Gly), alanilalanină (Ala-Ala), alanilglicină (Ala-Gly) și glicilalanină (Gly-Ala).

S arcini imediate

a) Scrieți ecuațiile de formare a dipeptidelor: Gly-Gly, Ala-Ala, Gly-Ala și Ala-Gly.

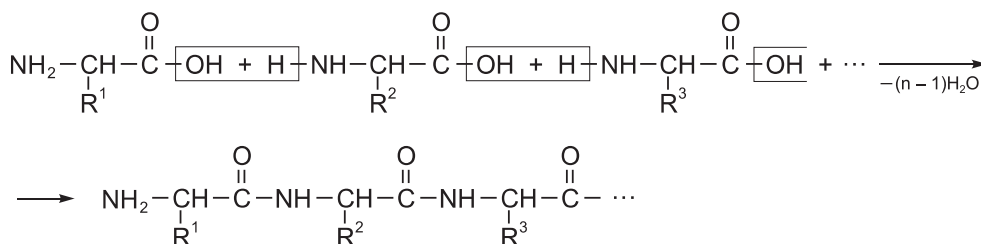
b) Calculați numărul tripeptidelor ce se pot forma din trei α -aminoacizi și pronunțați-vă privitor la diversitatea proteinelor.

Diversitatea proteinelor. O moleculă de proteină poate fi alcătuită din câteva sute sau chiar mii de resturi de α -aminoacizi. Numărul combinațiilor posibile este incomensurabil. Prin urmare, numărul tipurilor de proteine este foarte mare. Fiecare tip de proteină are structură și funcții strict determinate.

Structura proteinelor. Examinând formulele de structură ale aminoacizilor din *tabelul 2.3*, observăm în ele un fragment comun ce are structura $\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}}{\text{CH}}-\text{COOH}$.

Formula generală a α -aminoacizilor este $\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}}{\text{CH}}-\text{COOH}$, unde R poate fi: H, CH_3 , HOCH_2 , HSCH_2 etc.

Schematic, formarea unei molecule de polipeptidă se prezintă astfel:



Știați că...

Pentru a obține insulina în laborator, savanții chimiști au parcurs o cale dificilă alcătuită din 223 de etape succesive de sinteză a celor două catene A și B (*fig. 2.8*), pe care apoi să le unească prin două punți disulfurice. Pentru aceasta, zeci de chimiști au muncit timp de 3 ani. Savanții biochimiști au stabilit că în celula vie insulina este sintetizată în... 3 secunde! Trei ani și trei secunde! Aceasta demonstrează cât de perfect este aparatul de sinteză al celulei vii.

Structura moleculei de proteină este foarte complexă. Există câteva niveluri de caracterizare a structurii proteinelor.

Structura ce arată, *care* aminoacizi și *în ce succesiune* sunt uniți la formarea catenei peptidice, se numește *structură primară* (vezi catena de mai sus în formă generală).

Au fost elaborate metode perfecte de stabilire a componenței proteinei în aminoacizi. Dar, determinarea succesiunii aminoacizilor în catenă este o sarcină foarte dificilă, care necesită mijloace tehnice sofisticate, specialiști calificați și timp.

O realizare excelentă reprezintă determinarea structurii hormonului de insulină (a. 1953). S-a stabilit că molecula de insulină are masa moleculară relativă 5 733 și este alcătuită din 51 resturi de α -aminoacizi (*fig. 2.8*), situați în două catene (A – cu 21 resturi și B – cu 30 resturi), legate prin două punți disulfurice. Insulina reglează metabolismul glucozei în organism. În caz de insuficiență, survine boala diabetul zaharat. Iată de ce bolnavilor li se administrează insulina ca preparat medicinal.

*Macromoleculele de proteină au o anumită aranjare în spațiu: unele sunt întinse, fibrilare, altele sunt răsucite. Forma fibrilară este specifică pentru un număr redus de proteine, inclusiv cea din mătase naturală (numită *fibroină*). În majoritatea cazurilor, catena de proteină este împachetată sub formă de spirală. Această amplasare spațială se datorează prezenței atomilor de hidrogen electropozitivi în gruparea N–H și a celor de oxigen electronegativi în C=O din diferite sectoare ale catenei polimerice care, apropiindu-se, formează legături de hidrogen

R emarcă

În prezent, la nivel global, cca 415 mln de persoane suferă de diabet zaharat. În Republica Moldova sunt atestați peste 90 000 de bolnavi, dintre care 16 000 sunt dependenți de insulină.

Atenție! Orice boală (inclusiv diabetul) poate fi prevenită. Important este să ne informăm și să ținem cont de măsurile de precauție. Cunoscând chimia, o putem face cu ușurință.

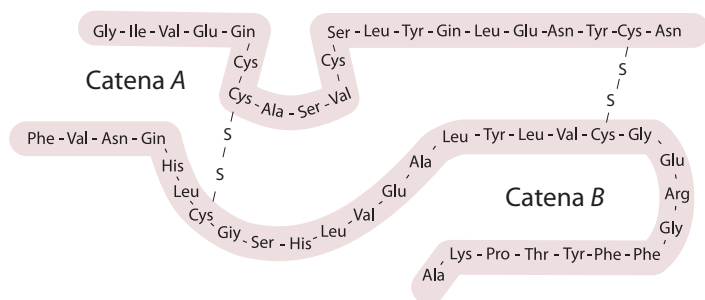


Fig. 2.8. Structura primară a hormonului de insulină

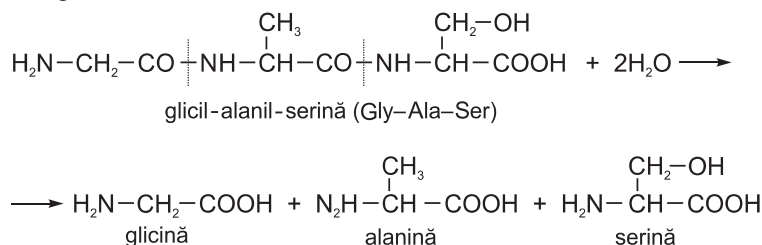
$C=O \dots H-N$ (fig. 2.9). Asemenea tip de aranjare spațială a catenei polipeptidice se numește *structură secundară*.

*Catena spiralică, la rândul său, poate avea diverse îndoiri și împachetări, datorită unui ansamblu de legături: disulfidice, ionice (în baza grupelor libere NH_2 și $COOH$), de atracție a sectoarelor cu diferită polaritate. O asemenea aranjare spațială a moleculei spiralice de proteină constituie *structura terțiară* (fig. 2.10).

Specificul aranjării spațiale la nivelul structurii terțiare determină activitatea biologică individuală a moleculei de proteină.

Proprietățile fizice și chimice. Majoritatea proteinelor sunt substanțe lichide sau gelatinoase. La dizolvarea în apă, unele proteine formează soluții coloidale (de exemplu, albușul de ou).

Hidroliza. Precum s-a menționat, proteinele se scindează hidrolitic la încălzire cu apă în prezența acizilor, bazelor sau enzimelor. De exemplu, hidroliza totală a tripeptidului glicil-alanil-serina decurge conform schemei:



Denaturarea. Structurile secundară și terțiară ale moleculei de proteină constituie o anumită aranjare spațială (configurație). Ele se datorează unor legături mai slabe decât cele covalente (exceptând legăturile $-S-S-$), de aceea, sub influența unor factori externi (încăl-

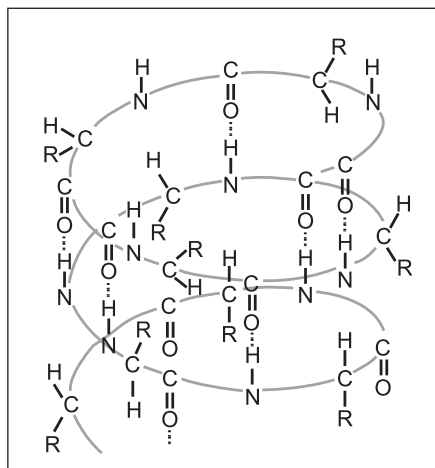


Fig. 2.9. Structura secundară a moleculei de proteină

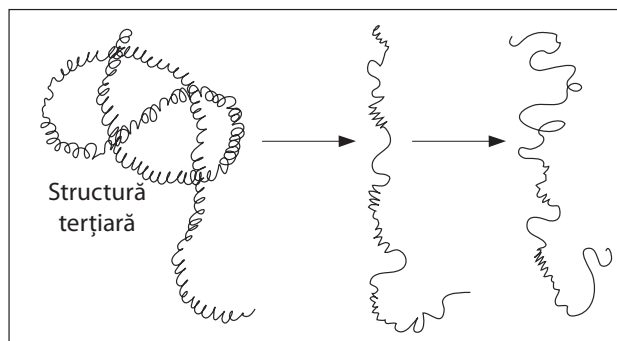


Fig. 2.10. Schema procesului de denaturare a moleculei de proteină

zire, tratare cu soluții de săruri, acizi, fenol, aldehydă formică sau vibrație, iradiere), aceste legături se distrug și configurația specifică a moleculei suferă modificări (fig. 2.10). Ca urmare, proteina se sedimentează sau se coagulează. Asemenea proces de distrugere a structurii secundare și terțiare se numește *denaturarea proteinei*. La fierberea cărnii, ouălor, la conservarea preparatelor anatomice (în formalină, vezi fig. 1.2) are loc denaturarea proteinelor.

Descompunerea termică. La încălzire puternică, moleculele de proteină se descompun și elimină produși volatili ce răspândesc miros de pene arse. Această proprietate permite identificarea proteinelor. Fibrele sintetice, la ardere, răspândesc alt miros decât cele naturale.

Rolul proteinelor în organism. Proteinele constituie, alături de grăsimi și hidrații de carbon, o componentă importantă a rației alimentare zilnice.

În organism, proteinele se hidrolizează enzimatic până la polipeptide, peptide și, în final, se obțin α -aminoacizi. Aceștia sunt transportați de sânge în țesuturile diverselor organe, unde, în mare parte, se recombina pentru a forma proteinele proprii organismului respectiv și, în cantități mai mici, se consumă la sinteza acizilor nucleici și la scindarea oxidativă pentru a furniza energia necesară organismului.

LUCRAREA PRACTICĂ nr. 2



Identificarea proteinelor. Investigarea acțiunii factorilor de denaturare a proteinelor

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Utilaj: stativ cu eprubete, clemă, spirtieră sau bec de gaz, balon conic, pâlnie de filtrare, pipetă.

Reactivi: albuș de ou, carne tocată, soluții de NaOH (2 mol/L), CuSO_4 (0,1 mol/L), $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, HNO_3 (c), etanol, apă distilată.

1.1. Pregătirea soluțiilor

a) Turnați 25 mL de apă distilată într-un balon conic și adăugați $\frac{1}{4}$ dintr-un albuș de ou. Agitați energic amestecul, apoi filtrați-l. Turnați câte 1 mL din soluția obținută în cinci eprubete, numerotate de la 1 la 5.

b) Introduceți 2 g de carne tocată într-un balon conic, adăugați 5 mL de apă distilată și fierbeți amestecul timp de două minute. Repartizați soluția în cinci eprubete numerotate de la 1' la 5'.

1.2. Reacțiile de culoare

1) *Reacția xantoproteică.* În eprubetele 1 și 1' adăugați câte 2-3 picături de acid azotic concentrat. Are loc tulburarea soluției. Încălziți conținutul eprubetelor. Ce observați?

2) *Proba biuretică.* În eprubetele 2 și 2' adăugați câte 1 mL de soluție de NaOH și câte trei picături soluție de CuSO_4 . Agitați. Ce observați?

1.3. Denaturarea proteinelor

1) Încălziți conținutul eprubetelor 3 și 3'. Ce observați?

2) În eprubetele 4 și 4' adăugați prin agitare soluții de $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ sau de CuSO_4 până la apariția precipitatului.

3) În eprubetele 5 și 5' picurați (la agitare) alcool etilic până la apariția precipitatului.

Planificarea și realizarea experimentului

Stabiliți tipul problemei experimentale:
a) studiul proprietăților fizice;
b) separare/ purificare;
c) identificare;
d) sinteză.

Alcătuți planul de lucru.

Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

Alcătuți planul pentru fiecare experiență.

Efectuați experiențele.

Notați concluziile.

Ce tipuri de structură ale proteinelor sunt distruse prin denaturare? Transcrieți și completați tabelul de mai jos, descrieți mersul experiențelor, notați efectele observate, trageți concluziile.

Utilaj și reactivi	Modul de lucru	Observații	Concluzii

EVALUARE

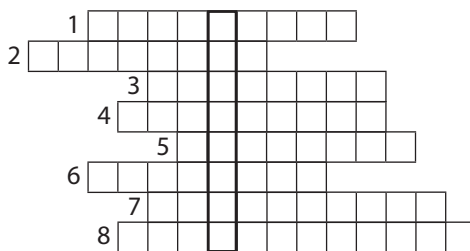
1. Care este sursa primară de proteine? Descrieți răspândirea lor în regnul animal și cel vegetal.
2. Clasificați proteinele după funcțiile lor în organism.
3. Enumerați elementele chimice constitutive ale proteinelor, folosind pentru aceasta aminoacizii consemnați în *tabelul 2.3*.
4. Indicați numărul α -aminoacizilor din componența proteinelor, scrieți formulele de structură și denumirile a trei α -aminoacizi.
5. Scrieți ecuația reacției de condensare a glicinei cu: a) alanina; *b) valina. Numiți produșii reacției.
- *6. Câte dipeptide se pot forma din: a) doi α -aminoacizi; b) trei α -aminoacizi? Folosiți exemple de α -aminoacizi din *tabelul 2.3*, scrieți ecuațiile de condensare și numiți dipeptidele obținute.
7. Definiți structura primară a proteinei. Dați exemple de structură primară: a) generală; b) în baza exemplului unei tripeptide, care să conțină două resturi de glicină și unul de alanină.
8. Descrieți structurile secundară și *terțiară ale proteinelor. Ce factori le determină?
9. Explicați fenomenul denaturării proteinelor. Ce condiții cauzează denaturarea acestora? Dați exemple din viața cotidiană.
10. Comparați rolul biologic al grăsimilor cu cel al amidonului și al proteinelor.
- *11. Propuneți un agent comun de identificare a glucozei și proteinei. Cum pot fi ele deosebite cu ajutorul acestui agent?
- *12. Examinați *figura 2.8*. Stabiliți în molecula de insulină numărul resturilor pentru următorii aminoacizi: a) glicină; b) alanină; c) valină; d) cisteină; e) serină.
- *13. Masa moleculară relativă a insulinei este egală cu 5 733. Ea conține în moleculă un anumit număr de atomi de sulf, care leagă catenele (punți de sulf). Analizând *figura 2.8*, calculați partea de masă a sulfului în insulină.



Lucru în echipă

14. Completați rubricile, introducând cuvintele-lipsă pe orizontală și veți citi pe verticală numele unei proteine, care este hormonul pancreasului și poate fi obținut pe cale sintetică.

1. H.E. Fischer a elaborat teoria ... 2. Molecula de ... este un biopolimer. 3. α -Aminoacidul ... conține în moleculă grupa SH. 4. Structura ... a proteinelor se datorează legăturilor de hidrogen. 5. Organismul nostru necesită zilnic 16 g de acid ... 6. Aranjarea spațială a spiralei de moleculă proteică constituie structura ... 7. Distrugerea structurilor secundară și terțiară ale moleculelor de proteină se numește ... 8. Proteinele-enzime sunt ... ai proceselor biologice din organism.



Să reținem!

- Proteinele sunt polimeri naturali formați din resturile a 20 α -aminoacizi.
- Structura proteinelor (primară, secundară, terțiară) și funcțiile lor biologice sunt diverse.
- Proteinele se obțin în natură prin fotosinteză, iar în organism – prin policondensarea enzimatică a α -aminoacizilor.
- Probele de identificare a proteinelor: xantoproteică (cu HNO_3), biuretică (cu $\text{Cu}(\text{OH})_2$), denaturarea.

ACTIVITATE CREATIVĂ

Pentru a vă convinge că utilizarea produselor alimentare (grăsimile, hidrații de carbon, proteinele) este o necesitate stringentă pentru dezvoltarea organismului și menținerea sănătății, selectați din internet informații necesare și completați fraza, ținând cont de condiția expusă în lanțul logic: „Dacă mă dezic de grăsimi, hidrați de carbon, proteine, atunci ...”.

2.4. Compuși macromoleculari sintetici

După studierea acestei subunității de învățare, vei fi capabil/ capabilă:

- să explici și să operezi cu noțiunile ce se referă la compuși organici macromoleculari;
- să caracterizezi în mod comparativ compuși organici macromoleculari;
- să modelezi pentru compuși organici macromoleculari: a) modelele de obținere prin ecuații chimice, b) situațiile practice ce vizează utilizarea lor;
- să rezolvi probleme cu caracter formativ în baza proprietăților, utilizării, reciclării compușilor organici macromoleculari;
- să investighezi experimental unele contexte problematice reale/ modelate, legate de proprietățile, utilizarea, reciclarea compușilor organici macromoleculari;
- să argumentezi avantajele și dezavantajele utilizării compușilor organici macromoleculari.

Polimerii care au moleculele formate dintr-un număr mare de fragmente, unite prin legături chimice, se numesc *compuși macromoleculari*.

2.4.1. Polimerii sintetici – produși ai reacțiilor de polimerizare și policondensare

După proveniența lor, compuși macromoleculari se împart în: *naturali*, *artificiali* și *sintetici*. Cauciucul natural, amidonul, celuloza sunt *polimeri naturali*. Compuși macromoleculari naturali din organisme vii se numesc *biopolimeri* (dați exemple).

Polimerii obținuți cu ajutorul reacțiilor chimice sunt *polimeri sintetici*. Unii dintre aceștia (polietena, cauciucurile sintetice, capronul) au fost descriși la studierea proprietăților chimice ale compușilor

Noțiuni-cheie

- Polimeri naturali, sintetici
- Biopolimeri
- Polimerizare
- Policondensare
- Fragment structural
- Grad de polimerizare
- Polimeri liniari, ramificați, reticulați

nesaturați (alchenele, dienele) sau ale celor cu funcții active, capabili să participe la reacții de policondensare (acidul aminocapronic, fenolul cu aldehida formică).

Cum vom nominaliza viscoza și acetilceluloza (studiate anterior)?

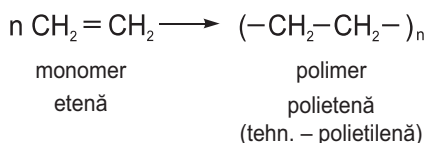
Polimerii naturali (de exemplu, celuloza), supuși anumitor modificări chimice pentru a le ameliora calitatea, poartă denumirea de *polimeri artificiali*.

Compușii macromoleculari pot fi sintetizați cu ajutorul reacțiilor de polimerizare sau de policondensare (studiate anterior).



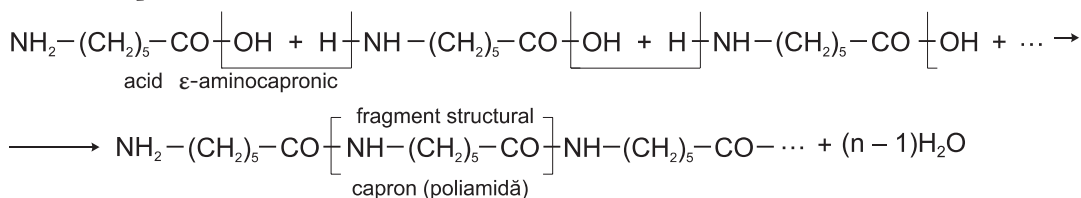
Combinarea consecutivă a mai multor molecule de aceeași substanță nesaturată (numită *monomer*), în baza scindării legăturilor chimice mai slabe *(legăturile π) cu formarea unui compus macromolecular (numit *polimer*), este reacție de *polimerizare*.

De exemplu:



*Combinarea consecutivă a moleculelor de substanță, în procesul căreia se formează un compus macromolecular și unul inferior (H_2O , NH_3), se numește *policondensare*.

De exemplu:



Fragmentul sau grupa de atomi ce se repetă de mai multe ori în macromoleculă se numește *fragment structural*.

Din ecuațiile de mai sus se vede că, *după compoziția sa*, fragmentul structural din cadrul polimerizării este identic cu monomerul, iar cel din cadrul policondensării se deosebește de monomerul sau monomerii inițiali. În aceste ecuații n este *gradul de polimerizare*. Valoarea lui n din partea stângă constituie numărul moleculelor de monomer ce se combină, iar a celui din partea dreaptă – numărul de fragmente structurale.

Gradul de polimerizare n diferă de la moleculă la moleculă în cadrul aceleiași polimer, de aceea se indică *valoarea medie* a lui sau a masei moleculare. De exemplu, masa moleculară medie relativă a polietenei este de 28 000, dar în realitate ea conține macromolecule cu valori ale lui M_r în limitele 10 000–46 000. Respectiv, gradul mediu de polimerizare este egal cu 1 000.

Clasificarea structurală a polimerilor. După structura și modul de aranjare a macromoleculelor, deosebim trei tipuri de polimeri: a) *liniari*; b) *ramificați*; c) *reticulați* (fig. 2.14).

S arcini imediate

La ce tip de reacții poate fi raportată sinteza cauciucului izoprenic? Scrieți ecuația reacției.

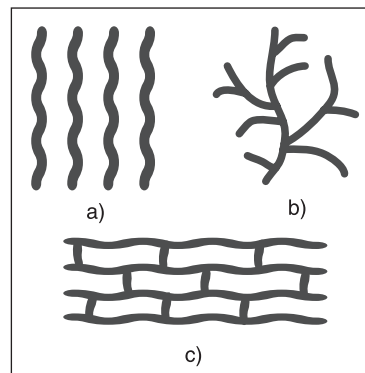
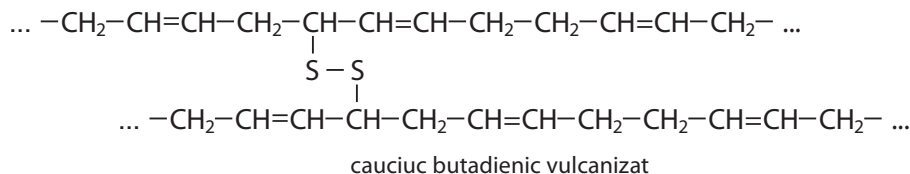


Fig. 2.14. Formele geometrice ale macromoleculelor de polimer:
a) liniare; b) ramificate; c) reticulate

Macromoleculele de polietenă, polipropenă, celuloză, capron sunt, practic, liniare, iar cele de amidon și glicogen – ramificate.

La vulcanizarea cauciucurilor se formează o rețea (carcasă) în baza creării legăturilor chimice de sulf în locul scindării unor legături π din macromolecule sau prin substituirea unor atomi de hidrogen din grupele $-\text{CH}_2-$. Astfel se formează *polimeri reticulați* (cu formă de rețea):



Să ne amintim că până la inventarea și aplicarea procesului de vulcanizare, cauciucul natural era necalitativ: la căldură se înmuia, iar la rece devenea casant. „Legarea” macromoleculelor în anumite sectoare le conferă elasticitate, stabilitate termică și mecanică.

*La policondensarea fenolului cu aldehydă formică în prezența alcaliilor se formează polimeri fenolformaldehidici liniari (*novolacuri*), iar la temperaturi mai înalte, în exces de aldehydă – polimeri tridimensionali (*bachelite*).

După conținutul lor în elemente, polimerii se împart în: *hidrocarbonici* (de exemplu, polietena), *halogenați* (policloroetena), *oxigenați* (celuloza), *azotați* (capronul).

***Proprietățile polimerilor.** După caracteristicile lor, compușii macromoleculari se deosebesc considerabil de compușii inferiori. Fiind un amestec de macromolecule cu diferite mase moleculare, ei nu au valori fixe ale temperaturilor de topire, de fierbere sau ale altor caracteristici. Dacă încălzim un polimer liniar (polietenă), observăm că acesta mai întâi se înmoaie, apoi se transformă, treptat, într-un lichid vâscos, care se descompune odată cu creșterea temperaturii de încălzire.

Majoritatea polimerilor liniari se dizolvă cu greu în unii dizolvanți organici, formând soluții vâscoase. Polimerii reticulați nu se topesc și nu se dizolvă. Ei se descompun la temperaturi înalte. Pentru ca substanța să se topească sau să se dizolve, trebuie învinse forțele de atracție dintre molecule. Aceste forțe sunt cu mult mai mari în cazul polimerilor superiori decât în cel al compușilor inferiori, de aceea polimerii respectivi se topesc și se dizolvă mai greu. În cazul polimerilor reticulați, unde macromoleculele sunt legate chimic, este, practic, imposibilă dizolvarea sau topirea fără a evita descompunerea.

Totalitatea forțelor intermoleculare le conferă polimerilor o înaltă rezistență mecanică. Aceasta, împreună cu alte proprietăți importante, cum sunt stabilitatea chimică pronunțată, densitatea mică, le asigură polimerilor o arie largă de utilizare în industrie, în agricultură și în gospodăria casnică.

EVALUARE

1. Cum pot fi clasificați polimerii după sursa de obținere?
2. Definiți reacțiile de: a) polimerizare; *b) policondensare. Dați câte un exemplu pentru fiecare tip de reacție.
3. Selectați substanțele capabile de polimerizare: a) etenă; b) metanol; c) acid acetic; d) benzen; e) clorobenzen; f) cloroetenă; g) buta-1,3-dienă.

- *4. Aldehida formică este un gaz. Pentru a o face mai practicabilă, ea este polimerizată (pe contul legăturii π din $C=O$) și transformată într-o substanță solidă (poliformaldehidă), stabilă la păstrare. Prin încălzire lentă, ea se depolimerizează până la aldehida inițială. Scrieți ecuațiile acestor două transformări.
5. Definiți noțiunile de: a) monomer; b) polimer; c) grad de polimerizare. Indicați-le pe exemplul ecuației de polimerizare a propenei.
6. Se dau polimerii: a) polietenă; b) polipropenă; *c) policloroetenă; d) cauciuc natural; e) cauciuc butadienic vulcanizat; f) amidon; g) celuloză; *k) capron; *i) triacetilceluloză. Clasificați acești polimeri în trei colonite după structura lor: A (liniari); B (ramificați); C (reticulați).
7. Caracterizați polimerii din colonitele A și C (*exercițiul 6*) după comportamentul lor la încălzire.
8. Scrieți formulele de structură ale polimerilor din exercițiul 6. Clasificați-i după conținutul calitativ al catenei lor polimerice: a) conțin doar atomi de carbon și hidrogen; b) conțin atomi de carbon, hidrogen și oxigen; c) conțin atomi de carbon, hidrogen, oxigen și azot.

2.4.2. Noțiuni de mase plastice, fibre și cauciucuri

Polimerii sintetici se utilizează la producerea industrială a maseilor plastice, a fibrelor sintetice, a cauciucurilor.

Masele plastice

Materialele polimerice capabile să treacă, prin încălzire, în stare plastică, să adopte și, la răcire, să păstreze forma necesară se numesc *mase plastice*.

După componența lor, masele plastice se împart în: *simple* și *compuse*. Masele plastice simple sunt alcătuite dintr-un anumit polimer cu mici adaosuri de stabilizator și colorant. Cele compuse constituie un amestec de umplutură, de plastifiant, colorant și de alte ingrediente, la care se adaugă polimerul în stare topită, ca material de legare (liant). De exemplu, pentru rășinile fenolformaldehidice, sunt utilizate ca umplutură făina sau rumegușul de lemn, fibrele de sticlă, țesăturile și deșeurile textile, hârtia. Acestea măresc duritatea, stabilitatea și rezistența mecanică a materialelor polimerice, sporesc rentabilitatea producerii lor.

După comportamentul lor la încălzire, masele plastice se împart în *termoplastice* și *termoreactive*. Cele termoplastice se înmoaie la încălzire și pot lua orice formă, pe care o păstrează ulterior la răcire. Forma lor poate fi schimbată din nou prin repetarea procedurii de încălzire și de răcire. Această proprietate este caracteristică doar maseilor plastice obținute în baza polimerilor liniari.

Masele plastice termoreactive sunt produse din unii polimeri, care se înmoaie la prima încălzire, capătă forma necesară, apoi pierd plasticitatea și solubilitatea, datorită legăturilor chimice care se creează între macromolecule, formându-se polimeri reticulați. De exemplu, cauciucul vulcanizat, bachelitele sunt mase plastice termoreactive.

Notiuni-cheie

- Mase plastice termoplastice și termoreactive
- Fibre sintetice, artificiale și naturale
- Cauciucuri sintetice
- Cauciuc natural
- Cauciuc vulcanizat

Remarcă

Din mase plastice se fabrică detalii care înlocuiesc diferite părți ale organelor (*implanturi*). De exemplu, din polimerii care au la bază acizi acrilici se produc oase, trahei, articulații, din politetrafluoroetenă și polipropenă – vase sanguine, din polietenă – accesorii pentru inimă, intestine, oase, încheieturi ale degetelor etc.



Știați că...

Teflonul a salvat Statuia Libertății!

Construită în anul 1883 din plăci de cupru, prinse de bare din fier cu 300 000 de nituri, cântărind 280 de tone și având înălțimea de circa 50 m, Statuia Libertății se înalță la periferia orașului New York, SUA. Cu timpul, din cauza aerului și a apei, a început un proces vertiginos de corodare a statuii.

SUA au lansat un apel către toți savanții din lume, anunțând că „Libertatea pierde electroni” (adică statuia este corodată).

Cea mai eficientă metodă de salvare s-a dovedit a fi acoperirea tuturor pieselor cu teflon.

Din masele plastice obținute în bază de polietenă, polipropenă, policlوروetenă se produc materiale electroizolante, pelicule protectoare, țesături hidro- și gazoimpermeabile, conducte (fig. 2.15), obiecte de uz casnic (pungi, veselă, canistre ș.a.).

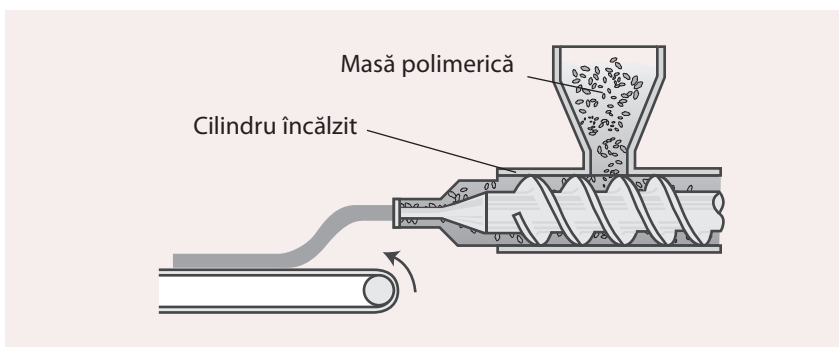


Fig. 2.15. Schema fabricării conductelor din mase termoplastice

Masa plastică obținută pe bază de polistiren este termoplastică, se înmoaie la 80°C, apoi se topește. Polistirenul se formează la polimerizarea feniletenei ($C_6H_5-CH=CH_2$). El este stabil față de acizi și alcalii, se dizolvă în benzen și în dicloroetan. Datorită acestor însușiri, confecțiile din polistiren pot fi înclieiate sau modelate. La barbotarea aerului prin topitura de polistiren, se formează un material penoplastic (poros), care este folosit în calitate de termo- și fonoizolant (izolator de sunet).

O mare importanță au masele plastice pe bază de polimetilmetacrilat (sticlă organică sau plexiglas) și politetrafluoroetenă ($-CF_2-CF_2-$)_n, denumită și *teflon*. Acesta se topește la temperatura de peste 300°C, este insolubil în dizolvanți și are o stabilitate deosebită față de orice agenți chimici. Din polimetilmetacrilat se produce sticlă ce permite trecerea razelor ultraviolete (cca 70%), se fabrică proteze în medicină, se confecționează detalii pentru aparatele cu laser, se produc lacuri. Din politetrafluoroetenă se produc pompe, fibre, conducte rezistente la temperaturi înalte și la medii agresive chimic.

Obiectele sanitare și de igienă, flacoanele, folia pentru împachetarea medicamentelor și alte articole din mase plastice au o utilizare largă în medicina contemporană. Acestea se produc din polimeri medico-biologici.

Polimerii medico-biologici trebuie să fie: a) netoxici; b) compatibili cu organismul; c) durabili; d) să nu formeze produși nocivi în procesul descompunerii.

Fibrele naturale, artificiale și sintetice

Fibrele alcătuite din polimeri naturali se numesc *fibre naturale*. De exemplu, *bumbacul* este o fibră naturală obținută din planta cu aceeași denumire și reprezintă structura celulozei ($C_6H_{10}O_5$)_n, la

rândul său, este un polimer liniar, alcătuit din fragmente de glucoză (pag. 48).

Fibra de in este o fibră naturală care se extrage din tulpina plantei cu același nume. Fibrele de in primesc și cedează ușor vaporii de apă, se aprind ușor, ard uniform și nu lasă cenușă. De regulă, sunt mai rezistente decât bumbacul față de agenți chimici.

Mătasea este un component polimeric proteic (polipeptidă) provenit de la insecte (viermele de mătase).

Lâna este o fibră naturală de origine animală. Are o formulă complexă constituită din 20 de aminoacizi, dispuși într-o ordine de lanțuri lungi. Este higroscopică, elastică, neșifonabilă, rezistentă la uzură. Nu rezistă la acțiunea soluțiilor alcaline. Lâna se folosește la confecționarea hainelor călduroase, articolelor de tricotaj, cuverturilor etc.



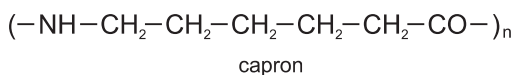
Fibrele care au la bază polimeri naturali modificați chimic (viscoza, triacetilceluloza) se numesc *fibre artificiale*, iar cele formate în bază de polimeri obținuți integral prin sinteză chimică – *fibre sintetice*.

La pomparea sub presiune a topiturii de polimer prin filiere cu orificii de diferite dimensiuni se formează șuvițe de polimer. După răcire, acestea se transformă în fibre, care sunt apoi depănate pe bobine. În momentul întinderii, macromoleculele capătă formă orientată, fibrele obținând astfel o rezistență mecanică înaltă.

Marcajele de pe diversele confecții indică neapărat natura fibrei, pentru a ne sugera modul de îngrijire a articolului respectiv. Astfel, întâlnim deseori confecții din polipropenă, lavsan, nitron, capron, viscoză etc. (fig. 2.16). Din fibre polipropenice se confecționează de asemenea covoare, odgonuri, cabluri ș.a.

Fibra de viscoză este o fibră artificială care se obține din celuloză și se prelucrează cu disulfură de carbon și bază alcalină. Ca rezultat se obține un ester al celulozei și acidului xantogenic. Fibra de viscoză este rezistentă la uzură, la abraziune și lumină. Se folosește la fabricarea țesăturilor pentru diverse piese vestimentare și articole casnice.

Capronul este o fibră sintetică, alcătuită din macromolecule poliamidice, în componența cărora intră resturi de acid aminocapronic (vezi și pag. 65):



Din capron se produc obiecte de îmbrăcăminte, covoare, huse, plase de pescuit, piese tehnice. Un neajuns al fibrelor de capron este că ele se topesc la temperaturi mai înalte de 200°C și se distrug la acțiunea acizilor. De aceea se recomandă să nu călcăm confecțiile din fibre de capron cu fierul de călcat, să fim precauți în lucrul cu acizii.



Fig. 2.16. Confecții din fibre sintetice



Fig. 2.17. Anvelope din cauciuc

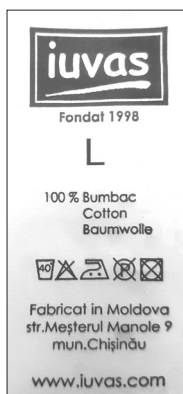
Cauciucurile naturale și sintetice. La studierea alcadienelor, ne-am familiarizat cu cauciucul natural și cu cauciucurile sintetice. Cauciucul natural se formează la coagularea sucului din anumite plante sau copaci. El este un polimer al izoprenului: $(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$.

Pentru a acoperi necesarul de cauciuc izoprenic, de care este mare nevoie în multe domenii ale vieții cotidiene, acesta este obținut și pe cale sintetică, la fel ca și cauciucul butadienic. Cauciucurile sintetice sunt produse industriale elastice și rezistente, fabricate prin procedee chimice. În urma tratării termice a cauciucului cu sulf (vulcanizarea), sporește elasticitatea acestuia și se amplifică apreciabil rezistența la temperaturi joase și înalte.

Din cauciucuri sintetice se produc diverse piese tehnice, încălțăminte, anvelope pentru toate tipurile de transport terestru (fig. 2.17).

DEX

Marcaj – semn distinctiv aplicat pe un obiect pentru a-l deosebi de altele.



Exemplu de marcaj al unui obiect vestimentar.

Studiu de caz

Marcajul produselor: descifrare, recomandări

Marcajul este o informație succintă ce cuprinde (grafic și textual) denumirea, tipul, recomandările de utilizare și îngrijire a produsului, toate fiind imprimate pe un material mic, prins de produsul oferit spre vânzare în magazin (îmbrăcăminte, încălțăminte etc.), în farmacie (seringi, vată, tifon ș.a.) sau în alte locuri.

Găsiți acasă marcaje prinse de haine, poșete, mănuși, umbrelă etc.

1. Studiați conținutul marcajului și stabiliți (unde e posibil) denumirea, conținutul produsului (de exemplu: bumbac – 50%, poliester – 25%, viscoză – 25%). Indicați tipul fibrelor.
2. Determinați denumirea și structura substanțelor organice – principalii trei componenți ai fibrelor indicate în marcaj.
3. Identificați condițiile de tratare și de păstrare a produsului.
4. Stabiliți data producerii și termenul-limită de utilizare.

EXPERIENȚA DE LABORATOR nr. 7



Identificarea materialelor pe bază de compuși macromoleculari (organoleptic, după marcaj)

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice”, pag. 21)

Reactivi: 4-5 confecții pe bază de mase plastice, fibre (naturale, artificiale sau sintetice), pentru care sunt respectivele marcaje.

- 1) Faceți o analiză organoleptică (cu ajutorul văzului, mirosului și pipăitului) a aspectului exterior al fiecărei confecții. Stabiliți care este natura ei, din ce compus macromolecular este produsă și completați rubricile din tabel.

2) Studiați marcajele fiecărei confecții și stabiliți în ce măsură reușiți să identificați materialele pe bază de compuși macromoleculari. Completați tabelul.

Materialul			Denumirea compusului macromolecular	
Masă plastică	Fibră	Tipul fibrei	Stabilită (propusă)	Adevărată
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

EVALUARE

- Definiți masele plastice. Cum se clasifică ele după:
 - componența chimică; b) comportamentul la încălzire? Exemplificați.
- Vasele din plastic, în care se vând băuturi răcoritoare, nu sunt recomandate pentru temperaturi înalte. De ce? Stabiliți gradul de rezistență la încălzire a unui astfel de vas, turnând în el apă fierbinte.
- Dați exemple de fibre naturale, artificiale și sintetice. Caracterizați procesul tehnologic de obținere a fibrelor și explicați de ce întinderea lor are importanță pentru mărirea rezistenței mecanice.
- Cum pot fi deosebite: a) țesătura din lână de cea din capron; b) țesătura din mătase naturală de cea din bumbac?
- În baza cărui tip de reacție (polimerizare sau policondensare) se obțin fibrele:
 - polietena; b) polipropena; c) capronul?
- Calculați gradul de polimerizare al polipropenei cu masa moleculară relativă medie egală cu 21 000.
- *7. Stabiliți masa de triacetilceluloză cu 10% de impurități, care se obține din 150 kg de celuloză.
- Examinați marcajul de pe diferite confecții din fibre, pe care le aveți la dispoziție. Apreciați proprietățile lor și corespunderea cu tipul produsului textil: calitățile mecanice, higroscopice, igienice, estetice.

Să reținem!

- Există trei tipuri de compuși macromoleculari: naturali, artificiali și sintetici.
- Polimerii sintetici se obțin pe cale chimică.
- Reacțiile de obținere a compușilor macromoleculari sunt: polimerizarea, policondensarea.
- Din polimeri se produc mase plastice, fibre sintetice, cauciucuri.

* LUCRAREA PRACTICĂ nr. 3



Studierea proprietăților produșilor pe bază de compuși macromoleculari utilizați în activitatea cotidiană

(Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțe chimice”, pag. 21)

Utilaj: bec de gaz sau spirtieră, clemă pentru creuzet, placă de tinichea, baghetă de sticlă, pipetă.

Planificarea și realizarea experimentului

Stabiliți tipul problemei experimentale:
a) studiul proprietăților fizice;
b) separare/ purificare;
c) identificare;
d) sinteză.

Alcătuiți planul de lucru.

Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

Alcătuiți planul pentru fiecare experiență.

Efectuați experiențele.

Notați concluziile.

Reactivi: mostre de mase plastice (polietenă), fibre naturale și sintetice (lână, bumbac, capron), soluție de NaOH de 10%.

1. Studiarea proprietăților maselor plastice. Identificarea polietenei

Examinați aspectul exterior al mostrelor de mase plastice: culoarea, duritatea, elasticitatea, transparența sau opacitatea, greutatea. Cercetați mai atent masele plastice din polietenă. Veți observa că mostrele din polietenă pot avea diferite culori, sunt grase la pipăit, semiopace, elastice, au duritate mecanică.

Comportarea la încălzire. Fixați placa de tinichea în poziție orizontală cu ajutorul clemei, puneți o bucătică de polietenă pe placă și încălziți-o la flacăra unei spirtiere. Masa plastică se va înmuia. Încercați să formați fire cu ajutorul baghetei de sticlă sau cu un chibrit.

Caracterul reacției de ardere. Prindeți în clește o bucătică de polietenă și țineți-o deasupra flăcării. Observați că ea se aprinde și arde cu flacăra violetă, răspândind un miros identic cu cel emanat la arderea lumânării de parafină. La ardere, se desprind picături. Scoateți polietena din flacăra. Veți observa că ea continuă să ardă.

Notați în tabel cele observate.

2. Studiarea proprietăților fibrelor și identificarea lor

Trei pachetele numerotate conțin mostre de fibre naturale și sintetice: lână, bumbac, capron. Studiați aspectul exterior al fiecărei mostre, apoi identificați conținutul lor, folosind în acest scop informația de mai jos, ce se referă la încălzirea și arderea fibrelor.

Lâna. Se aprinde și arde lent, răspândind miros de pene arse. După ardere, rămâne un scrum negru. Se dizolvă lent în soluție de NaOH de 10%.

Bumbacul. Arde rapid, emanând miros de hârtie arsă. În urma arderii, rămâne o cenușă surie. Nu se dizolvă în soluție de NaOH de 10%, dar numai se umflă.

Capronul. La o încălzire slabă, se înmoaie, apoi se topește, formând o bilă întunecată, care se întărește. Din topitură pot fi trase fire. La ardere, răspândește un miros neplăcut. Nu se dizolvă în soluție de NaOH de 10%.

Notați în tabel cele observate.

Materialul	Comportarea la încălzire Caracterul arderii	Acțiunea soluției de NaOH

Proiect

Tema: *Planeta în ambalaj de plastic*

Context: Ne uităm în jur și constatăm că toate activitățile noastre de pregătire a alimentelor, de producere, de procurare a diverselor produse și materiale, necesită împachetarea lor pentru a fi transportate, transferate mai ușor dintr-un loc în altul. Și în majoritatea cazurilor sunt utilizate ambalaje din polietilenă. Este o comoditate zilnică. Dar cum se răsfrânge totul asupra aspectului ecologic?

Oamenii își duc deșeurile la gunoi, în care prevalează pungile din plastic. Unele deșeuri se descompun în 2-5 luni, altele – în maximum 10-20 de ani. Iar plasticul practic nu se descompune. Astfel, pungile din plastic sunt un dezastru continuu pentru mediul ambiant.

Apele din râuri, mări, oceane, în care nimeresc cantități enorme de gunoaie, sunt cu nivel ridicat de poluare. Drept urmare, păsările, vietățile acvatice mor, căci li se „bate” stomacul cu deșeuri din plastic. De pe uscat, cca 80% din plastic ajunge în mări și oceane. Dacă gunoaiele sunt arse, în atmosferă pătrund substanțe foarte toxice.

Ce trebuie să întreprindem pentru a salva planeta noastră?

1) Fiind elevi competenți în domeniul chimiei organice, veți insista ca în apropierea locuințelor voastre să fie instalate containere de separare a gunoaielor pentru: a) hârtie, b) sticlă, c) resturi alimentare, d) metale, e) mase plastice.

2) Veți contribui la respectarea regulilor de separare a gunoaielor.

Elaborați un proiect la tema enunțată, prin care veți propune metode de renunțare la pungile de plastic, optând pentru pungile din materiale biodegradabile (din hârtie, carton, pânză din bumbac ș.a.).

Etape de urmărit

În procesul de elaborare a proiectului, se vor respecta următorii pași: formularea obiectivelor, colectarea datelor, materialelor, realizarea și prezentarea produsului.

Modalități de realizare

- Prezentări PowerPoint
- Colaje
- Postere
- Referat

Modalități de prezentare

- Fiecare echipă va stabili modul de prezentare a proiectului; va alege o persoană care îl va prezenta în fața clasei.
- Prezentarea se va face timp de 8-10 min.

Criterii de evaluare

- Originalitatea informației incluse în proiect
- Încadrarea în timpul alocat prezentării
- Conținutul științific al proiectului
- Sursele de documentare
- Mesajul transmis de echipă

COMPUȘII ORGANICI – SUBSTANȚE INDISPENSABILE ACTIVITĂȚII COTIDIENE

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să argumentezi relația cauză-efect dintre structură, proprietăți, obținerea, identificarea și utilizarea compușilor organici;
- să deduci și să exemplifici legăturile genetice dintre diversele tipuri de hidrocarburi și clase de compuși organici;
- să rezolvi exerciții și probleme integrate, teoretice și experimentale;
- să elaborezi și să prezinți lucrări creative ce vizează problematica relațiilor: activitate cotidiană – substanță organică – proces – mediu;
- să apreciezi critic raportul dintre beneficiile și efectele negative ale utilizării compușilor organici.

3.1. Diversitatea compușilor organici

Pe parcursul studierii chimiei organice (în clasele a XI-a și a XII-a), însușind principiile teoriei structurii chimice a compușilor organici, am ajuns să cunoaștem ce reprezintă compoziția și structura lor, care sunt omologii și izomerii acestora, care este relația dintre structură și proprietăți.

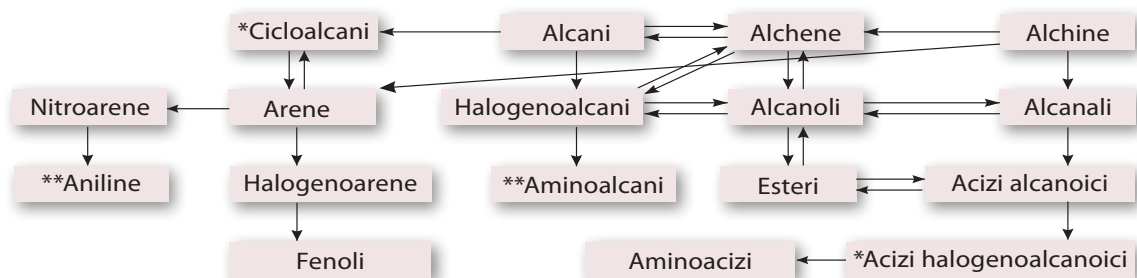
Serii omoloage, izomeri, clase de compuși organici. Compușii asemănători după compoziție, structură și proprietăți, care se deosebesc între ei prin una sau mai multe grupe CH_2 , sunt numiți *omologi*. Cunoscând câteva substanțe de acest fel, putem alcătui și caracteriza seria omoloagă a anumitor hidrocarburi sau a clasei respective de compuși. De obicei, cunoaștem începutul seriei omoloage (compusul cu cel mai mic număr de atomi de carbon), dar nu putem stabili sfârșitul ei, deoarece în continuare se întâmplă să fie descoperiți/sintetizați noi omologi din această serie. Marea diversitate a compușilor organici rezultă și din definiția noțiunii de *izomer*.

Substanțele cu aceeași compoziție moleculară, dar cu structură și proprietăți diferite se numesc *izomeri*.

Primul pas în studierea chimiei organice l-a constituit ordonarea *hidrocarburilor* în serii omoloage: a) cu catena deschisă și ciclică; b) saturate, nesaturate și aromatice. În continuare am înțeles că, prin înlocuirea atomului de hidrogen din aceste tipuri de hidrocarburi cu anumite grupe funcționale ($-\text{X}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{CH}=\text{O}$, $-\text{COOH}$ etc.), se obțin *clase de compuși organici* monofuncționali (halogenoderivați, alcooli, aldehide, acizi etc.) și difuncționali (hidrați de carbon, aminoacizi etc.).

Diversitatea compușilor organici este oglindită în schema de la pagina 75, prin care sunt redate legăturile genetice dintre seriile de hidrocarburi și clasele de compuși organici.

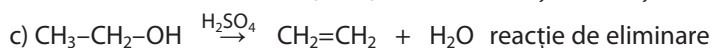
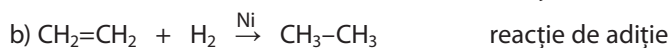
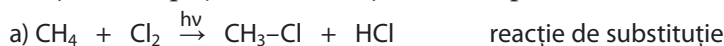
De menționat că orice serie de hidrocarburi sau clasă de compuși conține substanțe obținute din natură sau pe cale sintetică. Astfel, pentru toate lucrările care necesită combustibil, sunt utilizate hidrocarburile din gazul natural, din petrol. Pentru sudarea metalelor se aplică acetilena obținută din carbura de calciu, frigiderele funcționează (răcesc) datorită freonului, fibrele, masele plastice, cauciucurile au la bază compuși naturali și sintetici (celu-



loză, fenol, metanal, stiren, butadienă, izopren etc.). Conținutul alimentari (hrana noastră zilnică) conțin grăsimi, hidrați de carbon, aminoacizi, proteine și reprezentanți ai altor clase de compuși organici. Majoritatea compușilor alimentari sunt obținuți din natură.

3.2. Tipurile de reacții în chimia organică

Generalizând informația referitoare la proprietățile chimice ale compușilor organici, ajungem la concluzia că principalele tipuri de reacții caracteristice sunt cele de: a) substituție, b) aditie, c) eliminare. Reacțiile de substituție și eliminare sunt caracteristice compușilor saturați, cele de aditie – compușilor nesaturați. De exemplu:

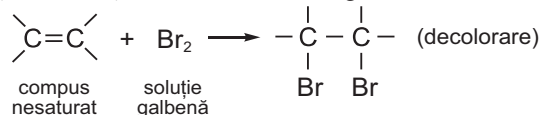


Pentru concretizare, unele reacții sunt numite după agentul cu care este tratat sau eliberat compusul organic. Astfel, sunt reacții de: a) hidrogenare, b) deshidrogenare, c) halogenare, d) hidratare, e) deshidratare, f) oxidare, g) reducere, h) hidroliză, i) esterificare, j) polimerizare.

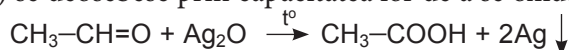
Pentru a caracteriza proprietățile de acid sau de bază ale unor compuși organici, se poate face comparație cu cei anorganici. De exemplu:

Acizii anorganici	Acizii organici
a) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$	a) $2\text{HCOOH} + \text{Mg} \rightarrow (\text{HCOO})_2\text{Mg} + \text{H}_2\uparrow$
b) $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	b) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
c) $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	c) $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Identificarea substanțelor organice. Corelația *structură-proprietăți* este un reper în studiul teoretic și experimental al proprietăților compușilor organici. Astfel, cu ajutorul acestei corelații este posibilă identificarea substanțelor (a hidrocarburilor sau a claselor de compuși). De exemplu, compușii ce decolorează apa de brom sunt calificați drept compuși nesaturați (are loc reacția de aditie a bromului la legătura dublă):



Compusul aromatic fenolul, fiind tratat cu apă de brom, formează un precipitat alb de 2,4,6-tribromofenol, iar compușii ce conțin în moleculă grupa alchidică $\text{CH}=\text{O}$ (aldehidele, acidul formic, glucoza) se deosebesc prin capacitatea lor de a se oxida ușor, de exemplu:



la unitatea de învățare „Compușii organici cu importanță vitală și industrială”

1. Notați formulele generale, cărora le corespund următorii reprezentanți ai seriilor de hidrocarburi și claselor de compuși organici: a) butan; b) bromoetan; c) propenă; d) etină; e) benzen; f) propan-2-ol; g) etanal; h) acid butanoic.
2. Scrieți câte un omolog pentru fiecare compus din *exercițiul 1*.
3. Indicați câte o metodă de obținere pentru compușii a-e din *exercițiul 1*.
4. Arătați câte o ecuație a reacției caracteristice pentru substanțele a-e din *exercițiul 1*.
5. Scrieți câte un exemplu de ecuație pentru fiecare tip de reacție din cele nominalizate: a) hidrogenare; b) halogenare; c) hidratare; d) deshidratare; e) oxidare; f) reducere.
6. La neutralizarea unui acid alcanic cu masa de 3,7 g s-au consumat 5 mL de soluție de KOH de 40% (dens. 1,4 g/mL). Care este formula moleculară a acestui acid?

Răspuns: $C_3H_6O_2$.

Proiect

Tema: *Prezentarea unei substanțe organice în contradictoriu*

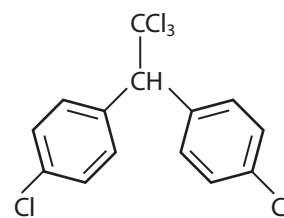
În anul 2019, întreaga populație de pe planeta noastră s-a pomenit într-o situație de criză majoră provocată de pandemia de Covid-19. Confruntându-se cu diferite tipuri ale bolii, una mai gravă decât alta, specialiștii s-au mobilizat să găsească un preparat eficient, în stare să distrugă virusul.

Sperăm ca, în urma unor experimentări reușite, să fie elaborat un vaccin care să ne protejeze definitiv de Covid, un preparat care să nu aibă efecte contradictorii, ci doar pozitive.

În acest context, putem face comparație cu anii 1940-1960, când era utilizat pe scară largă preparatul DDT (diclorodifeniltricloroetan), datorită eficienței sale în combaterea insectelor (a păduchilor). Dar, peste zece ani, s-a determinat că, în concentrații mari, DDT-ul este nociv. El se acumulează în sol și poate rezista până la o sută de ani. Astfel, a fost interzisă producerea și utilizarea lui. Chimiei i-au fost aduse multe critici. Dar, statistic a fost demonstrat că DDT-ul **a salvat** cca 50 milioane de vieți în perioada când pe glob bântuia epidemia de malarie și tifos.

Formați o echipă împreună cu 2-3 colegi/colage și elaborați un proiect, respectând următorii pași:

- 1) Aflați de la bunici dacă au auzit sau dacă au trecut prin asemenea situații de epidemie.
- 2) Ce aspecte prevalează în proprietățile DDT-ului (+ sau -)?
- 3) Cum putea fi evitat aspectul negativ în proprietățile DDT-ului?
- 4) Găsiți în internet informații similare/ contradictorii, privitoare la preparatele Talidomid, Difenilacetonă ș.a.



DDT
Diclorodifeniltricloroetan

Modalități de realizare

- Prezentări PowerPoint
- Colaje
- Postere
- Referat

Modalități de prezentare

- Fiecare echipă stabilește modul de prezentare a proiectului în fața clasei.
- Prezentarea se va face timp de 8-10 min.

Criterii de evaluare

- Originalitatea și importanța subiectelor abordate
- Mesajul transmis de echipă
- Conținutul științific al proiectului
- Sursele de documentare a proiectului

REAȚIILE CHIMICE ÎN PRODUCERE

(pentru profilul real)

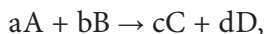
4.1. Reacțiile chimice – componente esențiale ale producerii chimice

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să explici și să operezi cu noțiunile ce se referă la reacțiile chimice, legitățile decurgerii lor, producerea chimică în situații de comunicare orală și scrisă;
- să caracterizezi comparativ: a) reacțiile chimice de diferite tipuri; b) procesele tehnologice de producere/ prelucrare chimică, de utilizare a produșilor finali;
- să modelezi: a) reacțiile chimice de diferite tipuri prin ecuații chimice; b) expresiile matematice ale legii acțiunii maselor și ale constantei echilibrului chimic în baza ecuațiilor chimice;
- să argumentezi legătura cauză-efect dintre acțiunea diferitor factori asupra vitezei reacției chimice și a deplasării echilibrului chimic;
- să extrapolezi și să aplici algoritmi: a) de rezolvare a problemelor cu situații ce vizează calculele termochimice, partea de masă a substanței pure/ impurităților; b) de stabilire a coeficienților în ecuațiile reacțiilor de oxidoreducere utilizate în producere;
- să apreciezi critic raportul dintre beneficiile și efectele negative ale utilizării/realizării reacțiilor chimice și a producerii chimice.

Chimia în zilele noastre poate fi numită „știința minunilor”. În ultimele decenii a fost descifrată structura mai multor substanțe biologice active, precum insulina, fiind utilizate procese de obținere a unor substanțe cu proprietăți fizico-chimice valoroase. La baza proceselor de obținere a substanțelor stau reacțiile chimice.

Proprietățile chimice ale substanțelor se manifestă în reacțiile chimice. Reacția chimică poate fi reprezentată, în formă generală, prin ecuația:



unde substanțele A și B, ce participă în reacție, se numesc *reactanți* (sau *substanțe inițiale*), iar C și D, formate în urma reacției, *produși de reacție* (sau *substanțe finale*). Parametrii a, b, c, d din ecuația reacției se numesc *coeficienți stoechiometrici*.

Vom menționa că una și aceeași reacție chimică poate fi de mai multe tipuri. Spre exemplu, reacția $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{HCl} + \text{Q}$ este: a) ireversibilă; b) de schimb; c) exotermă; d) omogenă; e) fără schimbarea numărului de oxidare.

Reacțiile chimice se clasifică după diverse criterii (*tabelul 4.1*).

Criterii de clasificare	Tipuri de reacții chimice	Exemple
1. Compoziția și numărul reactanților și al produșilor	a) combinare; b) descompunere; c) substituție; d) schimb.	a) $2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$ b) $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ c) $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ d) $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
2. Efectul termic	a) exoterme (cu eliminare de căldură, lumină); b) endoterme (cu absorbție de căldură, lumină).	a) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{Q}$ b) $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2 - \text{Q}$
3. Modificarea numărului de oxidare	a) oxido-reducere; b) fără schimbarea numărului de oxidare.	a) $2\overset{0}{\text{Zn}} + \overset{0}{\text{O}_2} \rightarrow 2\overset{+2}{\text{Zn}}\overset{-2}{\text{O}}$ b) $\overset{+2}{\text{Cu}}(\overset{-2}{\text{OH}})_2 \rightarrow \overset{+2}{\text{Cu}}\overset{-2}{\text{O}} + \overset{+1}{\text{H}}\overset{-2}{\text{O}}$
4. Direcția reacției	a) reversibile; b) ireversibile.	a) $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ b) $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2 \uparrow$
5. Prezența catalizatorului	a) catalitice; b) necatalitice.	a) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons{[\text{Fe}]} 2\text{NH}_3$ b) $2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$
6. Starea de agregare a substanțelor inițiale	a) omogene; b) eterogene.	a) $2\text{NO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(\text{g})}$ b) $\text{FeO}_{(\text{s})} + \text{CO}_{(\text{g})} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(\text{s})} + \text{CO}_{2(\text{g})}$

Ecuatia chimică este reprezentarea unei reacții chimice cu ajutorul simbolurilor, formulelor chimice și coeficienților lor.

Să ne amintim că ecuația chimică are o dublă semnificație: a) expresia calitativă a unei reacții chimice și b) expresia cantitativă a acesteia.

În toate reacțiile chimice este respectată legea conservării masei substanțelor. Formulați această lege!

EVALUARE

- Indicați reactanții și produșii în ecuațiile reacțiilor:
 - $3\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 - \text{Q}$
- Indicați tipul fiecărei reacții de mai jos:
 - $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{HCl}$
 - $\text{Mg}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2 - \text{Q}$
 - $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$
 - $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + \text{Q}$
- Alcătuieți ecuațiile reacțiilor chimice de schimb și stabiliți coeficienții:
 - hidroxid de potasiu + acid sulfuric $\rightarrow$ sulfat de potasiu + apă;
 - ortofosfat de sodiu + nitrat de argint $\rightarrow$ ortofosfat de argint + nitrat de sodiu;
 - sulfid de potasiu + acid azotic $\rightarrow$ nitrat de potasiu + oxid de sulf (IV) + apă.
- În ecuațiile reacțiilor de oxido-reducere, stabiliți coeficienții prin metoda bilanțului electronic, indicați oxidantul și reducătorul:
 - $\text{HCl} + \text{CrO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{KClO}_3 + \text{KOH} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$
 - $\text{Fe} + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KFeO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Se dau cuvintele-cheie: „a ceda”, „a adăuna”, „a reduce”, „a oxida”. Alegeți cuvântul potrivit pentru a completa spațiile libere din expresiile de mai jos:
 - oxidare – este procesul de ... a electronilor;
 - reducere – este procesul de ... a electronilor;
 - oxidant – este substanța care ... electroni;
 - reducător – substanța care ... electroni;
 - în reacție, oxidantul se ..., iar reducătorul se



Lucru în echipă

6. Prin analogie cu clasificarea din *tabelul 4.1*, arătați exemple de reacții din chimia organică. Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice respective.

4.2. Reacțiile chimice – surse și consumatori de energie

4.2.1. Efectele termice ale reacțiilor chimice

Reacțiile chimice sunt variate, dar toate au o trăsătură comună. De regulă, reacțiile chimice sunt însoțite de absorbție sau degajare de energie. Energia care se degajă în procesul reacțiilor se manifestă sub formă de căldură, lumină, electricitate.

Reacțiile însoțite de degajare de căldură se numesc *exoterme*.

Reacțiile însoțite de absorbție de căldură se numesc *endoterme*.



Cantitatea de căldură care se degajă sau se absoarbe în reacția chimică se numește *efect termic al reacției*.

Efectul termic al reacției Q se exprimă în kilojouli și se scrie în partea dreaptă a ecuației termochimice cu semnul „+” în cazul degajării căldurii și cu semnul „-” la absorbția ei. De exemplu:

reacție exotermă:

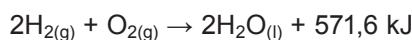


reacție endotermă:



Ecuațiile reacțiilor în care sunt indicate efectul termic și starea de agregare a substanțelor se numesc *ecuații termochimice*.

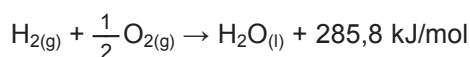
Calculul pot fi efectuate după ecuațiile termochimice, folosind raportul dintre cantitatea de căldură și cantitatea de substanță. În ecuațiile termochimice se admit și coeficienți fracționari. De exemplu, prin ecuația:



ecuație termochimică

se arată că la combinarea hidrogenului, cu cantitatea de substanță de 2 mol, cu oxigenul, având cantitatea de substanță de 1 mol, se degajă 571,5 kJ de căldură.

Următoarea ecuație:



arată că la combinarea 1 mol de hidrogen cu 0,5 mol de oxigen se formează apă cu cantitatea de substanță 1 mol și se degajă 285,8 kJ de căldură, de două ori mai puțin decât în prima ecuație.

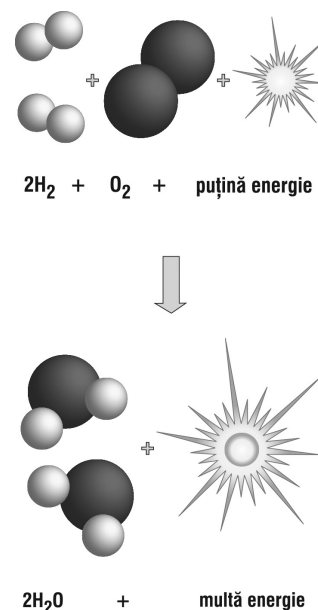


Fig. 4.1. Explozia este o reacție exotermă

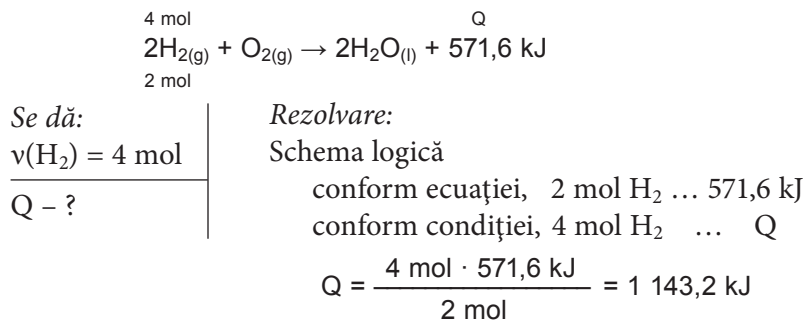
4.2.2. Ecuatii și calcule termochimice.

Aplicații practice ale calculelor termochimice

Pe baza ecuațiilor termochimice se pot rezolva multe probleme de importanță practică. De exemplu, se poate calcula capacitatea sau puterea calorică a diferitor tipuri de combustibili, efectul termic al reacțiilor pentru care acesta nu poate fi măsurat direct ș.a.

I. Determinarea cantității de căldură după cantitatea de substanță participantă la reacție

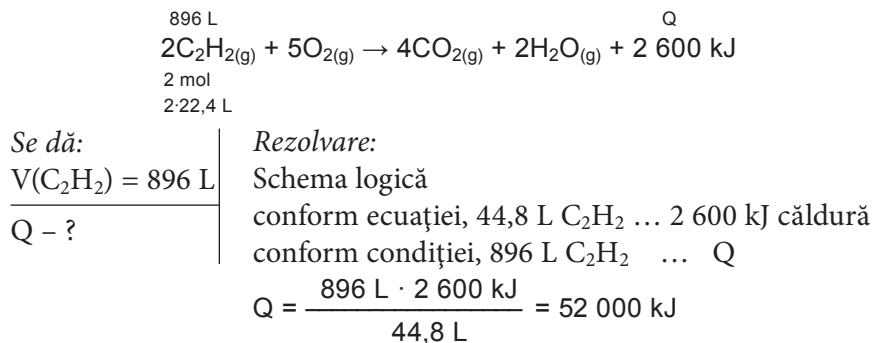
Exemplul 1. Calculați cantitatea de căldură Q care se degajă la arderea hidrogenului cu cantitatea de substanță de 4 mol conform ecuației termochimice:



Răspuns: Cantitatea de căldură degajată $Q = 1143,2 \text{ kJ}$.

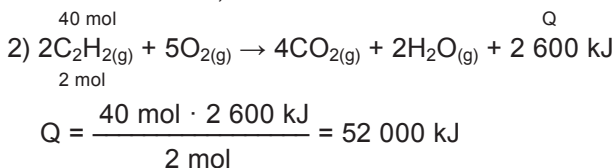
II. Stabilirea cantității de căldură după volumul cunoscut de gaz și efectul termic al reacției

Exemplul 2. Calculați cantitatea de căldură care se degajă la arderea acetilenei cu volumul de 896 L (c.n.) după ecuația:



Prin altă metodă:

$$1) v(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{896 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} = 40 \text{ mol}$$



Răspuns: Cantitatea de căldură degajată $Q = 52000 \text{ kJ}$.

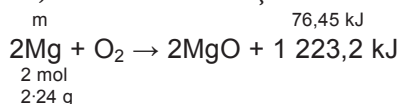
Această reacție are un efect termic mare, de aceea are o aplicare largă în arzătoarele acetilenice pentru sudarea și tăierea metalelor.

Sarcini imediate

Comparați diferite metode de rezolvare a problemelor.

III. Determinarea cantității de substanță, a masei sau a volumului uneia dintre substanțele reactante sau ale produsilor de reacție după cantitatea de căldură cunoscută

Exemplul 3. Calculați masa magneziului, dacă la arderea lui în oxigen s-au degajat 76,45 kJ de căldură. Ecuația termochimică a reacției:



Se dă:

$$Q = 76,45 \text{ kJ}$$

$$m(\text{Mg}) = ?$$

Rezolvare:

$$m(\text{Mg}) = \frac{48 \text{ g} \cdot 76,45 \text{ kJ}}{1 \text{ } 223,2 \text{ kJ}} = 3 \text{ g}$$

Răspuns: Masa magneziului este egală cu 3 g.

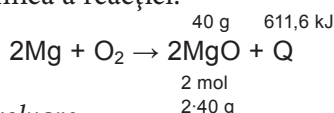
Sarcini imediate

Ce putem determina dacă se cunoaște efectul termic al reacției?

IV. Determinarea efectului termic al reacției după cantitatea de substanță (masă, volum) și cantitatea de căldură

Exemplul 4. Calculați efectul termic al reacției de ardere a magneziului în oxigen, dacă la formarea oxidului de magneziu cu masa 40 g se degajă 611,6 kJ de căldură.

Ecuația termochimică a reacției:



Se dă:

$$m(\text{Mg}) = 40 \text{ g}$$

$$Q = 611,6 \text{ kJ}$$

$$Q = ?$$

Rezolvare:

Schema logică

conform ecuației, 80 g MgO ... Q

conform condiției, 40 g MgO ... 611,6 kJ

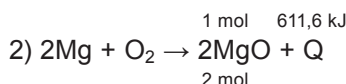
$$Q = \frac{611,6 \text{ kJ} \cdot 80 \text{ g}}{40 \text{ g}} = 1 \text{ } 223,2 \text{ kJ}$$

Ecuația termochimică a reacției:



O altă metodă:

$$1) \nu(\text{MgO}) = \frac{40 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$$



$$Q = \frac{611,6 \text{ kJ} \cdot 2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 1 \text{ } 223,2 \text{ kJ}$$

Răspuns: Efectul termic al reacției Q = 1 223,2 kJ.

EVALUARE

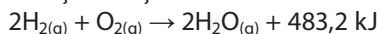
1. Alegeți afirmațiile corecte.

Reacția poate fi exotermă dacă:

- la ruperea legăturilor chimice, în substanțele inițiale se absoarbe mai puțină energie decât se va degaja la formarea noilor legături în produșii reacțiilor;
- este o reacție de combinare;
- este o reacție de descompunere;
- este o reacție de neutralizare.

2. Alegeți reacțiile exoterme:

a) obținerea oxidului de azot (II) din azot și oxigen; b) reacția de neutralizare; c) descompunerea carbonaților la calcinare; d) obținerea amoniacului din substanțe simple.

3. Ecuatia reacției termochimice de ardere a hidrogenului este:

Ce cantitate de căldură se degajă la formarea apei cu masa 180 g?

Răspuns: 2416 kJ.

4. Calculați efectul termic și alcătuiți ecuația termochimică de ardere a metanului, dacă la arderea a 100 L (c.n.) de metan s-au degajat 3 582 kJ de căldură?

Răspuns: 802,3 kJ.

5. La descompunerea carbonatului de calciu cu masa de 50 g se absoarbe 90 kJ de căldură. Calculați efectul termic al reacției și alcătuiți ecuația termochimică.

Răspuns: -180 kJ.

6. Calculați efectul termic al reacției de obținere a oxidului de aluminiu din substanțe simple, dacă la oxidarea aluminiului cu masa de 27 g s-au degajat 838 kJ de căldură.

Răspuns: 3352 kJ.

7. Alcătuiți ecuația termochimică și calculați cantitatea de căldură ce se degajă la arderea carbonului cu masa de 24 g, dacă efectul termic al reacției este 394 kJ.

Răspuns: 788 kJ.

**Lucru în echipă****8. Găsiți legătura dintre expresiile și ecuațiile reacțiilor din coloanele A, B și C.**

A
I. Reacție exotermă
II. Reacție endotermă

B
(1) Degajare de căldură
(2) Absorbție de căldură

C
a) $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 - Q$
b) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + Q$
c) $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + Q$
d) $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} - Q$

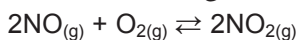
Viteza reacțiilor chimice. Factorii ce influențează viteza de reacție

4.3. ce influențează viteza de reacție

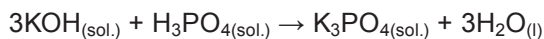
4.3.1. Viteza reacțiilor chimice în sistemele omogene și eterogene

Reacțiile chimice decurg:

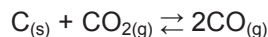
– în **mediu omogen**, de exemplu, reacția între gaze:



sau între substanțele din soluții:



– în **mediu eterogen** (între substanțe aflate în diferite stări de agregare), de exemplu, între o substanță solidă (cristalină) și un gaz:



Reacțiile omogene decurg în tot volumul ocupat de reagenți, iar reacțiile eterogene – la suprafața de contact a substanțelor.



Viteza de reacție omogenă se determină prin variația concentrației molare a substanței inițiale sau a produsului de reacție într-o unitate de timp.

Pentru a stabili viteza reacției, se alege o substanță în baza căreia poate fi urmărită experimental variația concentrației. Se măsoară concentrația la diferite intervale de timp și se trasează dependența grafică „concentrația molară C – timpul t” (fig. 4.2).

Noțiuni-cheie

- Viteza de reacție
- Factori ce influențează viteza de reacție
- Natura substanțelor
- Concentrația substanțelor
- Temperatura
- Presiunea
- Legea acțiunii maselor

Remarcă



Sistemul omogen constă din componente în aceeași stare de agregare, mărunțite până la molecule sau ioni și repartizate uniform între ele. *Sistemul eterogen* constă din două sau mai multe componente, separate printr-o suprafață de contact.

$$C(x) = \frac{v(x)}{V_{\text{(amestec)}}}; \text{ (mol/L)}$$

După cum se observă din *fig. 4.2, a*, concentrația substanțelor inițiale se micșorează în timp și diferența $C_2 - C_1$, este negativă; concentrația produșilor de reacție în timp crește (*fig. 4.2, b*) și respectiv, diferența $C_2 - C_1$ este pozitivă. Pentru ca viteza de reacție să reprezinte mereu o mărime pozitivă, în fața expresiei matematice se pune semnul „±”;

$$v_{\text{omog}} = \pm \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$v_{\text{omog}} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad \text{viteza medie de reacție} \quad (2)$$

$$v_{\text{omog}} = \pm \frac{\Delta v}{V \cdot \Delta t} \quad (3)$$

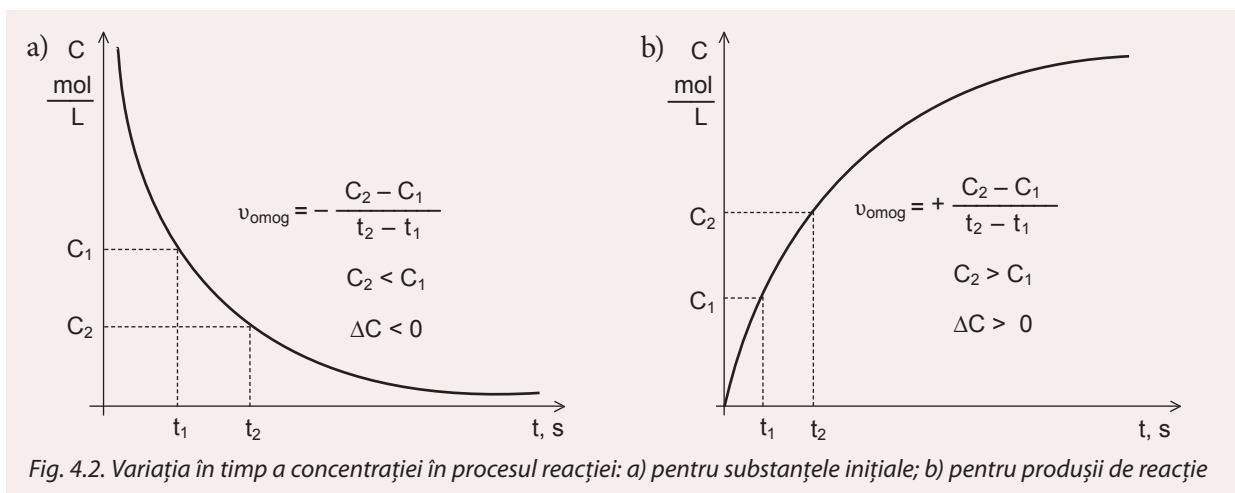


Fig. 4.2. Variația în timp a concentrației în procesul reacției: a) pentru substanțele inițiale; b) pentru produșii de reacție



Viteza de reacție eterogenă este determinată de cantitatea de substanță ce intră în reacție pe o unitate de suprafață de contact (S) într-o unitate de timp.

$$v_{\text{eter.}} = \pm \frac{\Delta v}{S \Delta t} \quad (4)$$

Valoarea vitezei de reacție determinată astfel este medie.

În decursul reacției (în cinetică) se examinează mai ales viteza momentană, adică viteza luată într-un moment dat de timp.

4.3.2. Factorii ce influențează viteza reacției chimice. Legea acțiunii maselor

Viteza reacțiilor chimice depinde de următorii factori:

- natura substanțelor reactante; – presiune (pentru gaze);
- concentrația substanțelor reactante; – gradul de mărunțire (pentru reacții eterogene);
- temperatură; – prezența catalizatorului.

Să examinăm mai detaliat influența fiecărui factor asupra vitezei de reacție.

Influența naturii substanțelor reactante. Dependența vitezei unei reacții de natura substanțelor o putem observa pe următorul exemplu. Hidrogenul se elimină mai repede în cazul interacțiunii

Sarcini imediate

Arătați exemple de reacții chimice în care se manifestă natura substanțelor reactante.

zincului cu acidul clorhidric decât în cazul zincului cu soluția de acid acetic. HCl este un electrolit mai tare, iar CH_3COOH – un electrolit slab în soluție apoasă.

Influența concentrației substanțelor reactante. Legea acțiunii maselor. Pentru realizarea reacției chimice, este necesară ciocnirea moleculelor. Cu cât mai mare este concentrația, cu atât mai mare este numărul de ciocniri și cu atât mai mare este viteza de reacție.

Pentru reacția scrisă în formă generală:



legea acțiunii maselor (LAM) pentru viteza de reacție are expresia:

$$v = kC^a(A) \cdot C^b(B) \quad (6)$$



Viteza de reacție este direct proporțională cu produsul concentrațiilor substanțelor reactante ridicate la indicii de putere egali cu coeficienții stoechiometrici.

Coeficientul de proporționalitate k – constanta de viteză – nu depinde de concentrație, ci doar de natura substanțelor și de temperatură.

Ecuția (6) se numește **ecuație cinetică**. Indicii de putere ai concentrațiilor substanțelor sunt egali cu coeficienții din ecuația reacției numai în cazul în care reacția (5) este un act elementar. În toate celelalte cazuri, indicii de putere, în ecuația cinetică, se determină experimental. În ecuația cinetică se introduc doar concentrațiile substanțelor în stare lichidă și gazoasă.

Variația presiunii și schimbarea volumului substanțelor reactante are importanță doar pentru gaze. Această schimbare se manifestă în concentrațiile substanțelor reactante.

La mărirea presiunii, se micșorează volumul și, prin urmare, se mărește concentrația.

Exemplu. Dacă admitem că presiunea se mărește de trei ori, cum se va modifica viteza de reacție directă pentru sistemul: $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$

Rezolvare:

1. Scriem legea acțiunii maselor:

$$v_1 = k \cdot C_1^2(\text{SO}_2) \cdot C_1(\text{O}_2)$$

notăm $C_1(\text{SO}_2) = a$; $C_1(\text{O}_2) = b$, atunci vom scrie

$$v_1 = ka^2b$$

2. Determinăm cum variază concentrația substanțelor după mărirea presiunii de trei ori. Volumul se micșorează de trei ori, prin urmare, concentrația se va mări de trei ori:

$$C_2(\text{SO}_2) = 3a; C_2(\text{O}_2) = 3b$$

3. Scriem legea acțiunii maselor pentru noile condiții:

$$v_2 = k(3a)^2 \cdot (3b) = 27 ka^2b$$

4. Calculăm raportul vitezelor:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{27 ka^2b}{ka^2b} = 27$$

Răspuns: Viteza de reacție directă se mărește de 27 de ori.

EVALUARE

1. Explicați ce sunt sistemele omogene și eterogene.
2. Scrieți expresia vitezei de reacție în sistemele: a) omogen; b) eterogen.
3. Alcătuiți expresia matematică pentru viteza medie în diferite sisteme de reacție, explicați semnele (+) și (–) în aceste expresii.

4. Enumerați factorii ce influențează asupra vitezei de reacție.
5. Explicați influența naturii substanțelor reactante asupra vitezei de reacție, dați exemple.
6. Formulați legea acțiunii maselor (LAM) pe exemplul $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$.
7. Comparați influența concentrației substanțelor reactante, a presiunii și a volumului asupra vitezei de reacție cu participarea gazelor.
8. Explicați în ce formă este aplicată legea acțiunii maselor pentru procesele eterogene, pentru reacția directă, pe baza exemplului $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$. Notă: expresia LAM nu include concentrația substanței solide.
9. Scrieți expresia legii acțiunii maselor pentru reacțiile ce decurg după schemele:
 - a) $\text{A}_{2(g)} + \text{B}_{2(g)} \rightarrow 2\text{AB}_{(g)}$
 - b) $2\text{A}_{2(g)} + \text{B}_{2(g)} \rightarrow 2\text{A}_2\text{B}_{(g)}$
 - c) $\text{A}_{2(g)} + \text{B}_{(g)} \rightarrow \text{BA}_{2(g)}$
 - d) $\text{A}_{(sol)} + \text{B}_{(sol)} \rightarrow \text{AB}_{(sol)}$
10. Viteza de reacție $\text{A} + 2\text{B} \rightarrow \text{AB}_2$ este egală cu $0,08 \text{ mol/L} \cdot \text{min.}$, la concentrația A egală cu $0,2 \text{ mol/L}$ și B egală cu $0,4 \text{ mol/L}$. Determinați constanta de viteză.
11. Cum se va schimba viteza de reacție directă pentru $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$ la:
 - a) mărirea concentrației oxigenului de două ori;
 - b) mărirea presiunii de patru ori;
 - c) mărirea volumului de trei ori? Argumentați răspunsul prin calcule.
12. Cum se schimbă viteza de reacție pentru sistemul $\text{A}_{2(g)} + \text{B}_{2(g)} \rightarrow 2\text{AB}_{(g)}$ la mărirea presiunii de cinci ori?
 - a) se va mări de cinci ori;
 - b) se va micșora de cinci ori;
 - c) nu se va schimba;
 - d) se va mări de 25 ori. Argumentați răspunsul prin calcule.



Lucru în echipă

13. Luând în considerare legea acțiunii maselor pentru ecuațiile propuse din coloana A, găsiți corespondența cu expresiile matematice pentru viteza reacțiilor directe din coloana B.

A	B
$2\text{NO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{NOCl}$	$v = k\text{C}(\text{H}_2) \cdot \text{C}(\text{I}_2)$
$2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$	$v = k\text{C}^2(\text{H}_2) \cdot \text{C}^2(\text{NO})$
$\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$	$v = k\text{C}(\text{N}_2\text{O}_4)$
$2\text{H}_2 + 2\text{NO} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$	$v = k\text{C}^2(\text{N}_2\text{O}_5)$
$\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$	$v = k\text{C}^2(\text{NO}) \cdot \text{C}(\text{Cl}_2)$

4.3.3. Influența temperaturii asupra vitezei de reacție

În baza teoriei cinetice a gazelor, s-a calculat că la mărirea temperaturii numărul de ciocniri crește. Dependența vitezei de reacție de temperatură se descrie empiric prin **regula lui Van't Hoff**:



La creșterea temperaturii cu fiecare 10°C , viteza de reacție chimică crește de două-patru ori.

Mărimea care se schimbă de la 2 la 4 se numește **coeficient de temperatură** (γ – gamma) și depinde de natura substanțelor participante la reacție.

Dacă la temperatura t_1 viteza de reacție este v_1 , iar la temperatura t_2 viteza de reacție corespunde v_2 , atunci expresia matematică a regulii lui Van't Hoff va fi:



**JACOBUS HENRICUS
VAN'T HOFF**
(1852-1911)

Chimist olandez. A pus
bazele cineticii chimice.
Premiul Nobel (1901).

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}; \quad \text{sau} \quad v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

unde γ este coeficientul de temperatură al vitezei de reacție.

Vom calcula de câte ori crește viteza de reacție la ridicarea temperaturii cu 50°C, dacă coeficientul de temperatură este egal cu 2 (a) și cu 3 (b):

$$\text{a) } \frac{v_2}{v_1} = 2^{\frac{50^\circ}{10^\circ}} \quad \frac{v_2}{v_1} = 2^5 = 32$$

$$\text{b) } \frac{v_2}{v_1} = 3^{\frac{50^\circ}{10^\circ}} \quad \frac{v_2}{v_1} = 3^5 = 243$$

Nu toate ciocnirile moleculelor conduc la reacții chimice. La reacție participă doar moleculele activate, cele care capătă o anumită energie pentru reacția dată.

Încălzirea este una dintre metodele de activare a moleculelor. Ca urmare, la o creștere mică a numărului de ciocniri, practic fiecare dintre acestea poate declanșa o reacție chimică. Iată de ce viteza de reacție crește brusc, odată cu ridicarea temperaturii.

EVALUARE

- Enunțați regula lui Van't Hoff.
- Viteza de reacție odată cu ridicarea temperaturii:
a) descrește; b) crește; c) nu se schimbă.
Explicați fenomenul.
- Calculați cum se va schimba viteza de reacție, dacă coeficientul de temperatură este egal cu 2, la:
a) creșterea temperaturii de la 10° la 50°C;
b) creșterea temperaturii cu 30°C;
c) micșorarea temperaturii de la 100° la 20°C;
d) micșorarea temperaturii cu 20°C.
- Stabiliți de câte ori va crește viteza de reacție la mărirea temperaturii cu 50°C, dacă coeficientul de temperatură este egal cu 3:
a) 1,5 b) 6 c) $3^{\frac{50}{10}}$ d) $3^{\frac{50}{100}}$
- Pentru oprirea practică a reacției, se aplică o răcire bruscă a amestecului reactant. Determinați de câte ori se va schimba viteza de reacție la răcirea amestecului reactant de la 40°C la 10°C, dacă coeficientul de temperatură este egal cu 2,7.

4.3.4. Noțiunea de cataliză

Unul dintre factorii de care depinde viteza de reacție este prezența în sistemul de reacție a **catalizatorului**.

Ce este catalizatorul și care este rolul lui în cadrul reacției?



Catalizatorul este substanța care mărește viteza de reacție, dar nu se consumă în această reacție.

Cataliza este fenomenul de **mărire a vitezei de reacție** sub acțiunea catalizatorului. Unii catalizatori accelerează reacția (cataliză pozitivă), alții o încetinesc (cataliză negativă).

Substanțele care **micșorează** viteza de reacție se numesc **inhibitori**.

După starea de agregare a participanților la reacție și a catalizatorului, deosebim *cataliză omogenă* și *cataliză eterogenă*.

În cazul **catalizei omogene**, substanțele reactante și catalizatorul se află în aceeași stare de agregare.

Oxidarea oxidului de sulf (IV) gazos SO_2 până la oxidul de sulf (VI) gazos SO_3 în prezența oxidului de azot (II) gazos NO este un exemplu de cataliză omogenă.

În cazul **catalizei eterogene**, substanțele reactante și catalizatorul se găsesc în diferite stări de agregare și între ele există o suprafață de contact.

De regulă, catalizatorul este o substanță solidă, iar substanțele reactante sunt gaze sau lichide.

Drept exemple de reacții catalitice în industrie pot servi:

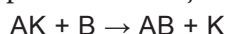
- sinteza amoniacului din azot și hidrogen în prezența catalizatorului de fier;
- oxidarea $\text{SO}_{2(\text{gaz})}$ în $\text{SO}_{3(\text{gaz})}$ cu oxigen în prezența catalizatorului solid V_2O_5 ;
- oxidarea amoniacului până la oxidul de azot (II) pe catalizatorul de platină;
- hidroliza zaharozei în prezența acizilor etc.

Mecanismul de acțiune a catalizatorului este foarte complicat.

Pentru cataliza omogenă ipoteza de bază ce explică acest mecanism o constituie presupunerea că se formează produși intermediari la interacțiunea catalizatorului cu substanța reactantă.

Dacă reacția $A + B = AB$ decurge lent, la adăugarea catalizatorului K , care reacționează cu una dintre substanțe $A + K = AK$, se formează un compus intermediar AK , foarte instabil și cu o reactivitate ridicată.

Substanța AK interacționează rapid cu substanța B :



Ca urmare, se formează produsul final AB și se eliberează catalizatorul K .

Dacă reacția decurge în câteva etape, procesul este limitat de cea mai lentă etapă, care și determină viteza generală de reacție.

Catalizatorul K nu este eficient la infinit, deoarece în amestecul reactant, în special în condiții industriale, se pot afla compuși care „otrăvesc” catalizatorul, adică îi diminuează activitatea. De exemplu, impuritățile neînsemnate de sulf (0,1%) stopează acțiunea catalitică a fierului metalic poros la sinteza industrială a amoniacului.

Substanțele care îmbunătățesc activitatea catalizatorului se numesc *promotori*. De exemplu, adaosurile de aluminat de potasiu KAlO_2 ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) sporesc activitatea catalitică a fierului metalic poros.

Cataliza are un rol important nu numai în chimie, ci și în biologie. Catalizatorii biologici – *fermenții* – catalizează toate transformările biochimice. Fermenții se referă la compuși proteici ce conțin, în moleculele lor enorme în formă de spirală, porțiuni mici, numite *centre reactante*, care interacționează foarte activ cu moleculele substanțelor reactante.

R emarcă

Catalizator înseamnă „accelerator”.

S arcini imediate

Aduceți exemple de reacții catalitice.

S arcini imediate

Explicați dacă catalizatorul se consumă în reacție sau nu.

1. Explicați noțiunile de *cataliză* și *catalizator*.
2. Explicați ce sunt inhibitorii.
3. Comparați, după mecanismul lor, cataliza omogenă și cataliza eterogenă. Dați exemple.
4. Explicați ce sunt fermentii. Dați exemple.

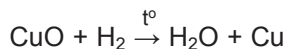
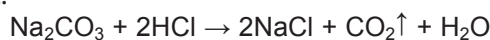
4.4. Echilibrul chimic

4.4.1. Procese chimice reversibile și ireversibile

Cunoaștem că reacțiile chimice pot fi reversibile și ireversibile.

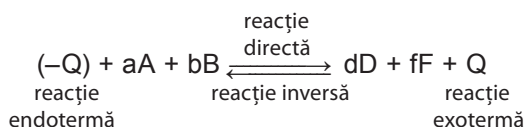
Reacțiile ireversibile sunt cele care decurg *până la capăt*, adică produșii de reacție nu interacționează între ei.

De exemplu:



Reacțiile reversibile, în unele și aceleași condiții, decurg în *direcții opuse*.

Dacă vom scrie ecuația reacției chimice în formă generală:



atunci spre dreapta decurge reacția directă cu constanta de viteză k_{dir} , iar spre stânga are loc reacția inversă cu constanta k_{inv} .

Dacă *reacția directă este exotermă*, atunci *reacția inversă este endotermă*. Conform legii conservării energiei, cantitatea de căldură degajată în reacția directă este egală cu cantitatea de căldură absorbită în reacția inversă.

Scriem expresiile pentru viteza de reacție directă (v_{dir}) și inversă (v_{inv}):

$$v_{\text{dir}} = k_{\text{dir}} \cdot C^a(A) \cdot C^b(B)$$

$$v_{\text{inv}} = k_{\text{inv}} \cdot C^d(D) \cdot C^f(F)$$

Viteza de reacție directă se micșorează treptat, deoarece substanțele inițiale se consumă, iar viteza de reacție inversă crește. Treptat se ajunge la starea când acestea se egalează.



Starea sistemului în care viteza reacției inverse este egală cu viteza de reacție directă se numește *echilibru chimic*.

Concentrațiile tuturor substanțelor în stare de echilibru se numesc *concentrații de echilibru* ($[]$ – notare)

$$C(A) = [A]; C(B) = [B]; C(D) = [D]; C(F) = [F].$$

Astfel, în starea de echilibru:

$$v_{\text{dir}} = v_{\text{inv}} \text{ sau } k_{\text{dir}} \cdot [A]^a [B]^b = k_{\text{inv}} \cdot [D]^d [F]^f, \text{ de unde}$$

$$\frac{k_{\text{dir}}}{k_{\text{inv}}} = \frac{[D]^d [F]^f}{[A]^a [B]^b} = K \quad (K \text{ este } \textbf{constanta de echilibru}).$$

Această expresie matematică reprezintă **legea acțiunii maselor** în starea de echilibru chimic.

Noțiuni-cheie

- Echilibru chimic
- Constanta de echilibru
- Legea acțiunii maselor

Sarcini imediate

Enumerați condițiile în care reacțiile chimice decurg până la capăt.

Trebuie să menționăm că, spre deosebire de legea acțiunii maselor pentru viteza de reacție, în această ecuație indicii de putere a, b, d, f sunt întotdeauna egali cu coeficienții din ecuația reacției reversibile.

Valoarea numerică a **constantei de echilibru K** caracterizează gradul de transformare a substanțelor inițiale în produși de reacție și obțin valori mai mare, mai mică sau egală cu 1.

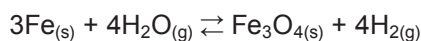
De exemplu, în reacția:



$$K = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} < 1$$

constanta de echilibru este mai mică decât 1. Aceasta înseamnă că echilibrul chimic este deplasat spre stânga spre obținerea substanțelor inițiale.

Concentrațiile substanțelor solide nu se introduc în expresia constantei de echilibru. De exemplu:



$$\text{În acest caz, } K = \frac{[\text{H}_2]^4}{[\text{H}_2\text{O}]^4}$$

Majoritatea reacțiilor chimice sunt reversibile; în unele condiții (temperatură, presiune, concentrație), ele decurg prioritar într-o direcție, în alte condiții – direcția prioritară se schimbă.

4.4.2. Factorii ce influențează deplasarea echilibrului chimic. Principiul Le Châtelier

Echilibrul chimic este dinamic. Deplasarea acestuia înseamnă modificarea egalității vitezelor de reacție.

Într-o reacție reversibilă, echilibrul poate fi deplasat aproape complet, într-o direcție sau alta, dacă se schimbă una dintre condițiile de reacție: concentrație, temperatură sau presiune (pentru substanțele gazoase).

Astfel, într-un proces chimic reversibil *la echilibru*:

- nici reacția directă, nici reacția inversă nu se stopează, chiar dacă în sistem nu se observă modificări exterioare;
- numărul moleculelor ce au reacționat într-o unitate de timp este egal cu numărul moleculelor ce s-au format în același interval de timp din produșii de reacție;
- modificarea concentrației uneia dintre substanțe, a temperaturii sau presiunii conduce la *deplasarea echilibrului chimic*, adică la modificarea *concentrațiilor* tuturor substanțelor participante la reacție.

Echilibrul se deplasează spre stânga în sensul reacției inverse dacă concentrația substanțelor inițiale se micșorează sau cea a produșilor se mărește în comparație cu concentrațiile de echilibru.

Echilibrul se deplasează spre dreapta în sensul reacției directe dacă concentrațiile substanțelor reactante cresc în comparație cu cele de echilibru sau concentrațiile produșilor se micșorează.

S arcini imediate

De care condiții depinde constanta de echilibru în sistemul eterogen? Argumentați prin exemple.

Notiuni-cheie

- Principiul Le Châtelier
- Deplasarea echilibrului
- Factorii ce influențează deplasarea echilibrului:
 - concentrația
 - presiunea
 - temperatura

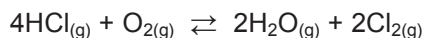
S arcini imediate

Explicați ce este echilibrul chimic și ce înseamnă deplasarea echilibrului chimic.

Echilibrul chimic se deplasează spre dreapta dacă viteza de reacție directă crește în comparație cu viteza de reacție inversă.

Echilibrul se deplasează spre stânga dacă viteza de reacție inversă este mai mare decât viteza de reacție directă. Să analizăm exemple concrete:

Exemplul 1. Pentru reacția:



dacă se introduce suplimentar în sistemul reactant Cl_2 , echilibrul se deplasează spre stânga.

Exemplul 2. În ce direcție se va deplasa echilibrul reacției $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$ la creșterea presiunii în sistem de 10 ori?

1. Scriem expresiile pentru viteza de reacție directă și inversă, în stare de echilibru:

$$v_{\text{dir.}} = k_{\text{dir.}} \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2] \quad v_{\text{inv.}} = k_{\text{inv.}} \cdot [\text{NO}_2]^2$$

Introducem notările pentru concentrațiile de echilibru $[\text{NO}] = a$; $[\text{O}_2] = b$; $[\text{NO}_2] = d$. În asemenea caz:

$$v_{\text{dir.}} = k_{\text{dir.}} \cdot a^2 b \quad v_{\text{inv.}} = k_{\text{inv.}} \cdot d^2$$

2. Creșterea presiunii de zece ori duce la micșorarea volumului gazelor de zece ori și respectiv la mărirea concentrației fiecărei substanțe de zece ori:

$$C(\text{NO}) = 10a; \quad C(\text{O}_2) = 10b; \quad C(\text{NO}_2) = 10d$$

3. Scriem expresiile pentru viteza de reacție directă $v_{\text{dir.}}$ și viteza de reacție inversă $v_{\text{inv.}}$ după creșterea presiunii de 10 ori.

$$v_{\text{dir.}} = k_{\text{dir.}} \cdot (10a)^2 (10b) = k_{\text{dir.}} \cdot 10^3 a^2 b$$

$$v_{\text{inv.}} = k_{\text{inv.}} \cdot (10d)^2 = k_{\text{inv.}} \cdot 10^2 d^2$$

4. Comparăm cum se schimbă viteza de reacție directă și inversă după creșterea presiunii:

$$\frac{v_{\text{dir.}}}{v_{\text{dir.}}} = \frac{k_{\text{dir.}} \cdot 10^3 a^2 b}{k_{\text{dir.}} \cdot a^2 b} = 10^3 = 1\,000$$

$$\frac{v_{\text{inv.}}}{v_{\text{inv.}}} = \frac{k_{\text{inv.}} \cdot 10^2 d^2}{k_{\text{inv.}} \cdot d^2} = 10^2 = 100$$

5. Concluzie: odată cu creșterea presiunii, viteza reacției directe devine mai mare decât viteza reacției inverse, prin urmare, echilibrul se va deplasa spre dreapta.

Odată cu creșterea *presiunii*, echilibrul se deplasează în direcția micșorării volumului (micșorării numărului de molecule de gaz).

Deplasarea echilibrului se supune **principiului Le Châtelier**:



Dacă asupra unui sistem în stare de echilibru dinamic se aplică o acțiune din exterior (se schimbă temperatura, presiunea, concentrația), atunci echilibrul se deplasează în direcția acelei reacții care se opune acestei acțiuni (o diminuează).



**HENRY-LOUIS
LE CHÂTELIER**

(1850-1936)

Chimist și metalurg
francez.

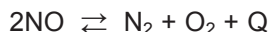
Odată cu *creșterea presiunii*, echilibrul se deplasează în direcția reacției care decurge cu *micșorarea volumului* (numărului de molecule gazoase în sistemul reactant; exemplul 2). Odată cu micșorarea presiunii în sistem, procesul decurge

invers, în direcția reacției care decurge cu mărirea volumului (mărirea numărului de molecule). În cazul unui număr egal de molecule gazoase de substanțe inițiale și finale, variația presiunii nu afectează deplasarea echilibrului chimic.

La *ridicarea temperaturii* (încălzire), echilibrul se deplasează în direcția reacției endoterme.

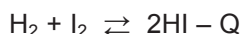
Dacă se *micșorează temperatura* (răcire), echilibrul se deplasează în direcția reacției exoterme.

Exemplul 3. a) În cazul unei reacții exoterme:



pentru deplasarea echilibrului în dreapta, amestecul reactant trebuie răcit (micșorarea temperaturii).

b) În cazul unei reacții endoterme:



pentru deplasarea echilibrului în dreapta, amestecul reactant trebuie încălzit (mărirea temperaturii).

La *mărirea concentrației substanțelor inițiale* sau *micșorarea concentrației produșilor de reacție*, viteza reacției directe devine mai mare decât viteza reacției inverse (exemplul 1), respectiv echilibrul chimic se deplasează spre dreapta.

La *micșorarea concentrației substanțelor inițiale* sau *mărirea concentrației produșilor de reacție*, viteza reacției inverse devine mai mare decât viteza reacției directe și echilibrul chimic se deplasează spre stânga (exemplul 1).

Catalizatorii nu deplasează echilibrul, aceștia contribuie la stabilirea mai rapidă a echilibrului, deoarece accelerează reacțiile directe și inversă în aceeași măsură.

Deplasarea echilibrului chimic joacă un rol important în realizarea reacțiilor reversibile în industrie: la sinteza amoniacului, obținerea acidului sulfuric, a alcoolilor etc.

EVALUARE

1. Alegeți expresiile corecte.

Reacțiile reversibile:

- a) decurg până la capăt; c) decurg în ambele direcții, dar nu în același timp;
b) decurg simultan în ambele direcții; d) nici reacția directă, nici cea inversă nu se întrerup.

2. Alegeți expresiile corecte.

În stare de echilibru chimic:

- a) reacția directă se întrerupe;
b) nici reacția directă, nici cea inversă nu se întrerup;
c) se formează tot atâtea molecule de aceeași substanță câte molecule se distrug;
d) concentrațiile tuturor substanțelor devin constante;
e) catalizatorul accelerează reacția directă.

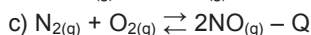
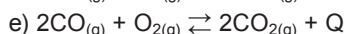
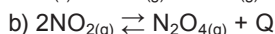
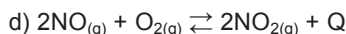
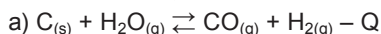
3. În ce direcție se deplasează echilibrul chimic în următoarele reacții:

- | | | |
|---|---|--|
| 1) $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$ | 2) $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$ | 3) $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ |
| 4) $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$ | 5) $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ | 6) $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)}$ |
| 7) $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{CO}_{2(g)}$ | 8) $2\text{H}_2\text{O}_{(g)} + 2\text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 4\text{HCl}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$ | |
| 9) $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$ | 10) $\text{Fe}_3\text{O}_{4(s)} + 4\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 3\text{Fe}_{(s)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ | |

a) la creșterea presiunii; b) la mărirea concentrației substanțelor inițiale.

Scrieți expresiile pentru constantele de echilibru ale acestui sistem.

4. Cum va influența modificarea temperaturii asupra echilibrului chimic pentru următoarele sisteme?



Cum va influența creșterea/descrășterea presiunii asupra acelorăși echilibre?

****5.** La o anumită temperatură, echilibrul reacției $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ s-a stabilit la următoarele concentrații de echilibru: $[H_2] = 0,5 \text{ mol/L}$; $[Br_2] = 0,1 \text{ mol/L}$, $[HBr] = 1,6 \text{ mol/L}$. Determinați concentrațiile inițiale ale hidrogenului și bromului. Calculați valoarea constantei de echilibru.

4.4.3. Deplasarea echilibrului chimic în sisteme reactante cu importanță industrială

În cazul producerilor chimice un element esențial este menținerea condițiilor optime pentru obținerea unor produse chimice la un randament maxim.

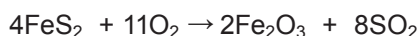
Să examinăm, prin exemple concrete ale producerii chimice, cum poate fi deplasat echilibrul chimic în sistemele reactante de importanță industrială.

a) *Producerea acidului sulfuric.*

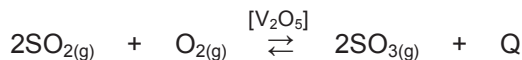
Acidul sulfuric mai este numit „pâinea industriei chimice”.

La baza producerii acidului sulfuric stau câteva reacții chimice: a) obținerea SO_2 ; b) obținerea SO_3 ; c) obținerea acidului sulfuric.

Obținerea SO_2 :



Obținerea SO_3 :



Pentru a deplasa echilibrul chimic în dreapta se mărește concentrația oxigenului (aerul se îmbogățește cu oxigen). Procesul se realizează la temperatura de 450°C , în prezența catalizatorului V_2O_5 mărunțit.

Obținerea acidului sulfuric:



Sarcini imediate

Caracterizați reacția de obținere a amoniacului conform clasificării din tabelul 4.1 (pag. 78).

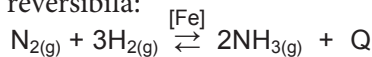


Știați că...

Pentru producerea amoniacului sintetic, au fost obținute trei premii Nobel: Fritz Haber (1918), Carl Bosch (1931), Wilhelm Ostwald (1909).

b) *Obținerea amoniacului.*

Reacția chimică care stă la baza producerii amoniacului este o reacție exotermă și reversibilă:



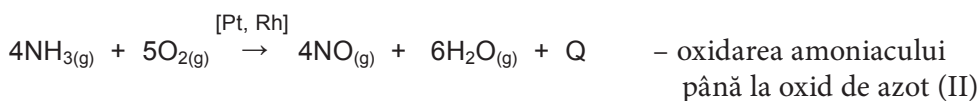
La temperaturi joase reacția practic nu are loc. Temperatura optimă a procesului este de $450-500^\circ\text{C}$.

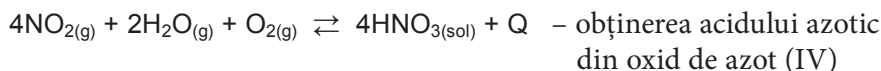
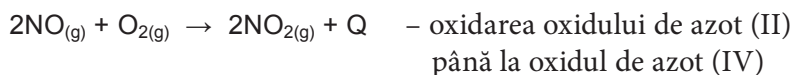
Pentru a deplasa echilibrul în dreapta, trebuie majorată presiunea. În acest caz se aplică o presiune de $15-100 \text{ MPa}$ (de $150-1000$ de ori mai mare decât cea atmosferică).

Pentru accelerarea procesului de stabilire a echilibrului în reacția de obținere a amoniacului, se aplică catalizatorul de fier sub formă de praf cu adăugarea promotorilor de oxizi de aluminiu și potasiu.

c) *Obținerea acidului azotic.*

Obținerea acidului azotic are la bază câteva reacții chimice:





Reacția de obținere a acidului azotic este o reacție exotermică și reversibilă.

La mărirea presiunii până la 50 de atmosfere, echilibrul se deplasează în dreapta și se obține acid azotic cu un randament de până la 98%.

TEST DE EVALUARE SUMATIVĂ

la unitatea de învățare „Reacțiile chimice”

- Expresia corectă pentru legea acțiunii maselor după reacția $\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(g)} \rightarrow 2\text{D}_{(g)}$ este:
 - $v = K \cdot \frac{C_A \cdot C_B}{C_D^2}$
 - $v = K \cdot \frac{C_D^2}{C_A \cdot C_B}$
 - $v = K \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_D^2$
 - $v = K \cdot C_A \cdot C_B$
- Viteza reacției directe $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$, la micșorarea presiunii sistemului de patru ori, se va micșora:
 - de 4 ori;
 - de 8 ori;
 - de 16 ori;
 - de 32 de ori;
 - de 64 de ori.
- De câte ori se schimbă viteza reacției de obținere a amoniacului din azot și hidrogen, la mărirea concentrației substanțelor reactante de trei ori:
 - de 3 ori;
 - de 6 ori;
 - de 9 ori;
 - de 12 ori;
 - de 81 de ori.
- Echilibrul chimic al reacției $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} - Q$ se deplasează spre dreapta:
 - la creșterea temperaturii;
 - la micșorarea temperaturii;
 - la mărirea presiunii;
 - la mărirea concentrației azotului;
 - la micșorarea concentrației oxigenului.
- La combinarea a 4,2 g de fier cu sulf se degajă 7,15 kJ de căldură. Scrieți ecuația termochimică a reacției.
Răspuns: 95,3 kJ.
- În care dintre reacții mărirea presiunii în sistem va conduce la creșterea randamentului produșilor de reacție:
 - $2\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$
 - $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$
 - $\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$
 - $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$
- Pentru reacția $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$ scrieți expresia constantei de echilibru.
- Pentru a mări viteza de reacție de 64 ori (coeficientul de temperatură 4) este necesară mărirea temperaturii cu:
 - cu 10°C;
 - cu 20°C;
 - cu 30°C;
 - cu 40°C.

4.5. Producerea chimică



Noțiuni-cheie

- Producere chimică
- Tehnologie chimică
- Materie primă
- Înnobilarea materiei prime
- Flotarea

4.5.1. Noțiuni generale

Cunoaștem cu toții că chimia îl ajută pe om să-și organizeze o viață mai confortabilă: materialele chimice folosite în viața cotidiană sunt, de regulă, frumoase, practice, ușoare, comode. Chimia contribuie la creșterea unor recolte bogate și la protecția lor.

Diverse materiale plastice, îngrășăminte minerale, pesticide, coloranți etc. sunt fabricate de industria chimică.

Știința despre metodele, procesele, operațiile, procedeele folosite pentru obținerea unor materii prime, semifabricate, produse sau confecții se numește *tehnologie*.

Producerea chimică studiază procesele industriale în cadrul cărora au loc reacții chimice cu schimbarea esențială a compoziției și a structurii substanțelor inițiale, ceea ce conduce la formarea unor substanțe noi, cu proprietăți noi. Astfel, la noțiunile de bază pe care le cunoaștem deja (*substanța, elementul chimic și reacția chimică*) se va adăuga cea de *producere chimică*, noțiune complexă, având propria sa structură.

4.5.2. Materia primă

Materia primă este materialul inițial folosit la fabricarea produselor industriale.

Materialul reprezintă substanțe și amestecuri aplicate în calitate de obiecte de muncă.

Materia primă, precum apa, aerul, produsele prelucrării altor ramuri ale industriei, deșeurile industriale, are o structură foarte complexă și este de proveniență minerală, vegetală sau animală. Materia primă se divizează în două grupe: mineralochimică și hidrocarburică.

Prima grupă – cea **mineralochimică** – reprezintă fosfații (fosforiți, apatite ș.a.), sărurile (de potasiu, Glauber, sarea de bucătărie ș.a.), materia primă ce conține sulf (sulful natural, gazul natural, pirita), carbonații (calcarul, creta, dolomita), azbestul, baritele, cromitele ș.a.

Materia primă mineralochimică se folosește în diferite ramuri, în special la producerea îngrășămintelor minerale și a substanțelor chimice pentru protecția plantelor (SCPP), în industria cauciucului și în metalurgie.

Grupa a doua – **materia primă hidrocarburică** – reprezintă materia primă gazopetrolieră (gaz natural, gaze petroliere, petrol), deșeurile și produsele altor ramuri, materia primă cocsochimică (gaz de cocs, fenoli, hidrocarburi aromatice, nesaturate, sulf, hidrogen), produsele prelucrării șisturilor combustibile (hidrogen, fenoli, rășini de șisturi combustibile), materia primă silvică (celuloză, alcoolii). Materia primă hidrocarburică se folosește cu precădere în sinteza organică și la fabricarea polimerilor.

Rolul materiilor prime a variat în funcție de timp. Înainte, de exemplu, principală sursă pentru materia primă de hidrocarburi era cocsochimia și agricultura (din cartofi și grâu se obținea etanol, materia primă pentru producerea cauciucului sintetic). În prezent, a crescut considerabil rolul materiei prime gazopetroliere.

Materia primă este uneori clasificată în două categorii: mineralizată și nemineralizată.

Materia primă mineralizată conține substanțe din care este avantajos, din punct de vedere economic, să obținem metale. Celelalte substanțe constituie *materia primă nemineralizată*. *Impuritățile* care nu sunt utilizate în industrie pentru obținerea produselor se numesc roci sterile. *Materia primă este caracterizată de partea de masă a substanței de bază sau a impurităților ce se conțin în ea.*

$$\omega_{(\text{impurități})} = \frac{m_{(\text{impur.})}}{m_{(\text{mat. prim.})}} \cdot 100\%; \quad \omega_{(\text{subst. de bază})} = \frac{m_{(\text{subst.})}}{m_{(\text{mat. prim.})}} \cdot 100\%$$

Alegerea materiei prime determină tehnologia producerii, prețul de cost și calitatea produselor obținute și depinde de rezervele materiei prime și de un șir de factori economici și sociali.

Principalele direcții ce contribuie la rentabilizarea materiei prime sunt:

1. Folosirea unei materii prime mai ieftine;
2. Folosirea deșeurilor ca resurse materiale secundare;
3. Folosirea materiei prime concentrate;
4. Folosirea complexă a materiei prime;
5. Schimbarea materiei prime alimentare cu cea nealimentară.

De obicei, se alege acea materie primă care poate fi prelucrată cel mai eficient, adică cea care permite să fie folosite la maximum substanța și energia, să fie organizat un proces de producere la un randament înalt (cu mai puține etape, continuu, cu rezolvarea eficientă a problemelor ecologice și cu folosirea proceselor automatizate).

Pentru a obține un produs de calitate superioară cu cheltuieli minime, se folosește materia primă *concentrată* sau *îmbogățită* în prealabil. *Înnobilarea* materiei prime reprezintă creșterea părții de masă a componentei de bază în materia primă. Se aplică diverse metode de îmbogățire pentru materiale solide, lichide și gaze. Una dintre metodele de bază de îmbogățire a materiei prime solide este *flotarea*. În decursul flotării, mineralele se mărunțesc, se amestecă bine cu apă și cu spumant, apoi se suflă aer pentru formarea spumei. Particulele neumezite, de exemplu, mineralele sulfhidrice, se ridică la suprafață, formând o spumă mineralizată, iar roca sterilă se precipită.

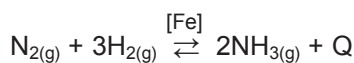
Pe lângă materialele de bază, în industria chimică se mai folosesc materiale auxiliare: catalizatori, oxigen pentru intensificarea proceselor de ardere etc.

S arcini imediate

Definiți noțiunile: *catalizator, activant sau promotor, agent purtător*. Explicați-le.

4.5.3. Caracteristicile reacțiilor chimice folosite în procesele tehnologice

Reacțiile care stau la baza proceselor tehnologice se caracterizează după principiile de clasificare indicate în *tabelul 4.1*. De exemplu, reacția de sinteză a amoniacului



poate fi caracterizată în modul următor:

1) reacție de combinare; 2) exotermă; 3) de oxido-reducere; 4) reversibilă; 5) omogenă (gaze); 6) catalitică (catalizator – fier poros; cataliza – eterogenă).

În industria chimică, noțiunea de *reacție chimică* are un înțeles mai larg. Apare, în același timp, și noțiunea de *proces chimic*, care include însăși reacția, modalitatea de introducere a substanțelor inițiale și modalitatea de eliminare a produșilor reacției, precum și folosirea reacțiilor secundare ce vor decurge în același timp cu reacția de bază.

Particularitățile reacțiilor chimice servesc drept bază a regimului tehnologic, implicând condițiile producerii chimice.

4.5.4. Condițiile optime de realizare a procesului chimic cu un randament maximal

Noțiuni-cheie

- Regim tehnologic
- Condiții optime
- Contracurent
- Schimb de căldură
- Reactor

Totalitatea factorilor de bază care influențează viteza procesului, randamentul reacției și calitatea produsului se numește **regim tehnologic**. Rentabilitatea producerii înseamnă condiții optime, principii fundamentate științific și gestiunea producerii.

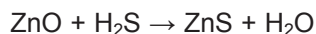
Condițiile optime ale producerii se aleg în funcție de particularitățile reacției chimice. Astfel, la alegerea condițiilor (temperatură, presiune și catalizator) pentru producerea amoniacului, se ține cont de reversibilitatea reacției de obținere.

a) **Temperatura** este de 450–500°C. La temperaturi joase viteza reacției este foarte mică, iar la cele indicate este suficientă, chiar dacă echilibrul se deplasează spre stânga.

b) **Presiunea**. La 500°C și presiune atmosferică, doar 0,1% de amestec de azot și hidrogen se transformă în amoniac. Conform principiului Le Châtelier, la mărirea presiunii, echilibrul acestei reacții se va deplasa spre dreapta, în direcția micșorării volumului. Pentru a deplasa în dreapta echilibrul, este nevoie de aplicarea unei presiuni mărite. Presiunea optimală este de 15-100 MPa (de 150-1 000 de ori mai mare decât cea atmosferică).

Această reacție reversibilă are constanta de echilibru mai mică decât 1, prin urmare, practic nu este posibilă deplasarea totală a echilibrului spre dreapta. De aceea, se aplică reîntoarcerea amestecului azot-hidrogen în coloana de sinteză.

c) **Catalizatorul**. La sinteza amoniacului se utilizează fierul (supraporos) ce conține trei agenți de activare: Al_2O_3 , K_2O , CaO . Hidrogenul sulfurat și alți compuși cu conținut de sulf blochează ireversibil catalizatorul (0,1% de sulf blochează catalizatorul în proporție de 50%). Apa și oxizii de carbon, de asemenea, blochează foarte puternic catalizatorul de fier, dar în mod reversibil. Prin urmare, este necesară purificarea prealabilă a azotului și a hidrogenului de aceste impurități. Toate impuritățile cu conținut de sulf din gazul natural (CS_2 ș.a.) se transformă în sulfură de hidrogen, care este absorbită de cărbunele activat, soluțiile de carbonați, oxidul de zinc:



Baza *gestiunii producerii* este menținerea condițiilor optime. La sinteza amoniacului pe baza reacției exoterme, temperatura se poate ridica mai sus de limita de 500°C. Pe de altă parte, pe baza reducerii volumului în reacție, presiunea se micșorează în timpul procesului. Prin urmare, la sinteza amoniacului, dirijarea procesului va consta în micșorarea temperaturii și mărirea presiunii până la cea optimă.

Principiile științifice ale producerii chimice servesc ca bază pentru obținerea produsului de calitate înaltă cu un randament maximal. Mai jos sunt enumerate principiile științifice, o parte dintre ele fiind deja cunoscute.

1. Alegerea materiei prime, purificarea acesteia.

2. Mărirea concentrației reagenților (îmbogățirea materiei prime).

3. Utilizarea complexă a materiei prime (toate componentele).

4. Optimizarea suprafețelor de contact (mărunțirea, mărirea porozității, plase polistratificate).

5. Stabilirea regimului optim de temperatură. La fabricarea acidului azotic, reacția de oxidare a amoniacului pe plase de platină și rodiu necesită o încălzire inițială, iar apoi reacția exotermă servește drept sursă de căldură. Temperatura optimă este de 800–900°C.



6. Aplicarea presiunii optimale.

7. Utilizarea catalizatorilor activi.

8. Eliminarea produselor finale din sfera reacției. De exemplu, amestecul de gaze după coloana de sinteză a amoniacului (ce conține azot, hidrogen și amoniac) la presiunea de 30 MPa se răcește. Totodată, amoniacul se lichefiază și este eliminat din amestecul de reacție. Amoniacul lichid se separă și este expedit la depozit.

9. Aplicarea concentrației mărite a uneia dintre substanțele reactante. La sinteza amoniacului, raportul volumelor azotului și hidrogenului se menține aproximativ egal cu cel din ecuația reacției, adică de 1:3. În procesul industrial de oxidare a oxidului de sulf (IV) ($2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$) reacția decurge în condiții de exces de oxigen, conducând la deplasarea echilibrului spre dreapta.

10. Asigurarea continuității. Procesul tehnologic se numește *continuu* în cazul în care acțiunile de introducere a materiei prime în aparat și de eliminare a produsului au loc neîntrerupt.

11. Menținerea circulației. Procesul se numește *circular* în cazul în care substanțele ce nu au reacționat se separă de produșii reacției și se întorc din nou în sistemul de reacție.

12. Asigurarea periodicității. Procesul tehnologic se numește *periodic* în cazul în care o porțiune de materie primă se introduce în aparat, unde este supusă unui șir de etape de prelucrare, după care se elimină toți produșii.

13. *Contracurentul* este un proces în care componentele reactante se mișcă unul în întâmpinarea altuia. În ultimul stadiu de fabricare a acidului sulfuric, în coloana de absorbție de sus se pompează acid sulfuric de 98%, iar în întâmpinarea lui se mișcă un curent de oxid de sulf (VI) gazos.

14. *Schimbul de căldură* este un proces de transmitere a căldurii de la componenta încălzită la cea rece. Astfel, la sinteza amoniacului în coloana de sinteză, amestecul care a reacționat transmite căldura amestecului inițial. În alte cazuri, amestecurile încălzite se trec prin schimbătoarele de căldură ale cazanelor. În cazane, apa rece se încălzește și se folosește sub formă de apă fierbinte și vapori pentru necesitățile producției și în viața cotidiană. Acest proces se numește *utilizarea căldurii*.

15. Pentru reducerea pierderilor de căldură în mediul înconjurător se aplică *izolarea termică* a utilajului pentru minimalizarea cedării de căldură a aparatajului.

16. *Mecanizarea. Automatizarea.* Mecanizarea și automatizarea sunt mijloace de intensificare a lucrului utilajului, de creștere a securității în timpul funcționării acestuia.

Sarcini imediate

Aduceți exemple de procese tehnologice: continuu, periodic și circular.

Mecanizarea este procesul în care are loc înlocuirea lucrului fizic cu lucrul mașinilor.

Automatizarea înseamnă utilizarea aparatelor care permit efectuarea procesului de producere fără participarea nemijlocită a omului, ci doar sub conducerea acestuia.

17. *Utilizarea eficientă a energiei electrice.* Aceasta se obține pe calea reducerii consumului energiei electrice, de exemplu, prin creșterea conductibilității electrice a electrolitului în procesele electrochimice, prin utilizarea energiei gazelor comprimate și lichidelor, prin înlăturarea pierderilor la contacte etc.

18. *Tehnica securității (TS) și protecția muncii.* Asigurarea TS trebuie să fie introdusă în proiectul producerii pe bază științifică: ermeticitatea aparaturii, ventilația, izolarea suprafețelor fierbinți, eliminarea riscului de arsuri, de intoxicații sau deteriorări mecanice, securitatea regimului de lucru al aparatelor.

19. *Protecția mediului înconjurător* necesită: dotarea uzinelor cu instalații de purificare, controlul inspecției sanitare, organizarea producerii continue fără deșeuri, asigurarea protecției mediului ambiant.

Aparatele folosite în producere se împart în reactoare și aparate auxiliare.

Reactor este aparatul în care decurge reacția de bază a producerii respective. Reactoarele sunt de diferite tipuri, dar au și caracteristici comune (de exemplu, aparatele de contact, coloana de sinteză, cuptoarele).

Construcția aparatelor de contact are, la rândul său, caracteristici comune. De exemplu, zona de contact poate avea aspect de: a) rafturi în formă de grilaj, pe care se așază componenta solidă sau catalizatorul pentru reacții (de exemplu, cu gaze); b) tuburi cu catalizatori (particulele solide au dimensiunea de 4-5 mm); c) site polistratificate; d) stratul „fierbinte” de particule solide menținute în stare de suspensie datorită presiunii gazului (arderea piritei).

Aparatele auxiliare reprezintă pompe, separatoare, refrigerente, filtre diverse ș.a.

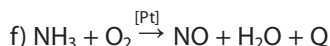
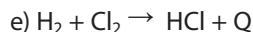
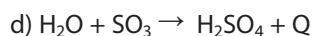
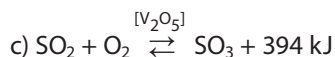
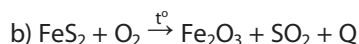
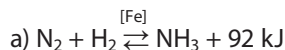
EVALUARE

1. Explicați ce sunt *procesele tehnologice*.
2. Explicați noțiunea de *regim tehnologic*.
3. Caracterizați materia primă după schema:
 - a) compararea noțiunilor *materie primă* și *materiale*;
 - b) structurarea și clasificarea materiei prime;
 - c) alegerea materiei prime, îmbunătățirea caracteristicilor sale;
 - d) caracterizarea cantitativă a materiei prime;
 - e) principalele direcții de soluționare a problemei materiei prime.
4. Enumerați principiile științifice ale producerii chimice.
5. Explicați legătura din schemă:

Substanță —————> Reacție chimică —————> Proces chimic
6. Caracterizați condițiile producerii (regim tehnologic), arătați componentele sale, alegeți expresiile corecte:

a) prezența catalizatorului; b) condiții optime; c) alegerea materiei prime;	d) principii științifice; e) îmbogățirea materiei prime; f) gestiunea producției.
--	---

7. Clasificați, după principiile de bază, următoarele reacții chimice (tabelul 4.1):



Stabiliți coeficienții stoechiometrici în ecuațiile reacțiilor a-f. Calculați cantitatea de căldură ce se elimină în reacțiile (a) și (c), la obținerea a: 10 mol de produs (1), 1 tonă de produs (2).

4.5.5. Rezolvarea problemelor cu aplicarea noțiunilor de parte de masă substanță pură/impurități, al randamentului produsului de reacție

Studierea echilibrului chimic are o mare importanță atât pentru cercetările teoretice, cât și pentru rezolvarea problemelor practice. Determinând poziția echilibrului chimic pentru diferite temperaturi și presiuni, pot fi propuse condițiile optime pentru decurgerea unui proces chimic. Sunt necesare astfel de condiții pentru a obține produsul final la un randament maxim posibil și la o viteză cât mai mare a procesului de formare a acestuia.

Produsul fabricării se caracterizează prin randament, calitate și preț de cost.



Randamentul unei reacții chimice reprezintă raportul dintre cantitatea de substanță (masă, volum) rezultată și cantitatea teoretică din acea substanță, calculată din ecuația chimică a procesului.

Masa teoretică se calculează în baza ecuațiilor reacțiilor sumare, folosite în producere, în procesul cărora sunt inevitabile pierderile:

$$m(\text{teoretică}) = m(\text{practică}) + m(\text{pierderi})$$

În acest caz randamentul se notează cu litera „ η ” și reprezintă:

$$\eta_{(\text{rand. pr.})} = \frac{m_{(\text{pr.})}}{m_{(\text{teor.})}} \cdot 100\%$$

Dacă randamentul reacției chimice constituie 60%, atunci pierderile alcătuiesc 40%.

Pentru substanțele gazoase se aplică noțiunea de **parte de volum a reacției chimice (randamentului produsului practic)**:

$$\eta_{(\text{rand. pr.})} = \frac{V_{(\text{pr.})}}{V_{(\text{teor.})}} \cdot 100\%$$

De exemplu, partea de volum a randamentului amoniacului alcătuiește 10-40%.

Calitatea produsului este determinată de puritatea lui sau de concentrația în el a substanței de bază. De exemplu, pe vasele cu reactivi scrie „PCh – chimic pur”. Fiecărei mărci de reactivi îi corespunde o cantitate anumită de impurități.

Un alt exemplu: conținutul componentei utile în îngrășăminte minerale alcătuiește de la 15% la 50%, restul este balast. Din 100 de milioane de tone de produs transportat, jumătate sau mai mult o constituie balastul. Prin urmare, optimizarea producerii trebuie să fie orientată spre obținerea unui produs cât mai pur.

Partea de masă și partea de volum a randamentului produsului de reacție față de cel teoretic posibil se exprimă în părți de unitate – de exemplu, 0,95 sau în procente – 95%.

Problema nr. 1. Calculați masa calcarului, a nisipului și a potasei necesare pentru obținerea a 102 kg de sticlă chimică greu fuzibilă. Părțile de masă ale impurităților în nisip și calcar sunt egale cu 10%.

Rezolvare

Se dă:

$$m(\text{sticlă}) = 102 \text{ kg}$$

$$\omega(\text{impur.}) = 10\%$$

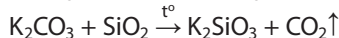
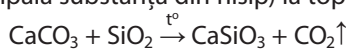
$$\text{sau } 0,1$$

$$m(\text{calcar}) - ?$$

$$m(\text{nisip}) - ?$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) - ?$$

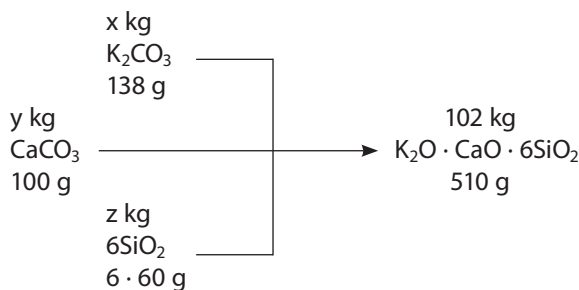
a) La producerea sticlei greu fuzibile, reacțiile chimice au loc între carbonatul de calciu (principalul compus chimic din calcar), carbonatul de potasiu și oxidul de siliciu (IV) (principală substanță din nisip) la topire:



Compoziția sticlei se exprimă prin formula:



b) Pentru a efectua calculele, alcătuim schema logică și, în baza acesteia, calculăm masele substanțelor simple, necesare obținerii sticlei cu masa de 102 kg.



$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = x = \frac{138 \text{ g} \cdot 102 \text{ kg}}{510 \text{ g}} = 27,6 \text{ kg}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = y = \frac{100 \text{ g} \cdot 102 \text{ kg}}{510 \text{ g}} = 20 \text{ kg}$$

$$m(\text{SiO}_2) = z = \frac{6 \cdot 60 \text{ g} \cdot 102 \text{ kg}}{510 \text{ g}} = 72 \text{ kg}$$

c) Calculăm masa calcarului și a nisipului:

$$\omega(\text{subst. pură}) = 100 - 10 = 90\% \text{ sau } 0,9$$

$$\omega(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{m(\text{calcar})}; \quad m(\text{calcar}) = \frac{20 \text{ kg}}{0,9} = 22,2 \text{ kg}$$

$$\omega(\text{SiO}_2) = \frac{m(\text{SiO}_2)}{m(\text{nisip})}; \quad m(\text{nisip}) = \frac{72 \text{ kg}}{0,9} = 80 \text{ kg}$$

Răspuns: $m(\text{calcar}) = 22,2 \text{ kg}$, $m(\text{nisip}) = 80 \text{ kg}$, $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 27,6 \text{ kg}$.

****Problema nr. 2.** O uzină chimică produce zilnic 144 t de nitrat de amoniu. Amoniacul necesar se obține din hidrogen și azot cu un randament al reacției de 20%. Determinați necesarul zilnic (în unități de masă) de hidrogen, azot și acid azotic cu partea de masă de 60%, dacă partea de masă a randamentului nitratului de amoniu este de 90%.

Se dă:

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 144 \text{ t}$$

$$\eta_{\text{pr}}(\text{NH}_3) = 20\%$$

$$\omega_{\text{sol}}(\text{HNO}_3) = 60\%$$

$$\eta_{\text{pr}}(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 90\%$$

$$m(\text{H}_2) - ?$$

$$m(\text{N}_2) - ?$$

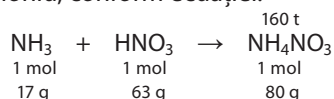
$$m_{\text{sol}}(\text{HNO}_3) - ?$$

Rezolvare

a) Stabilim masa teoretică a nitratului de amoniu:

$$m_t = \frac{m_{\text{pr}} \cdot 100\%}{\eta_{\text{pr}}} = \frac{144 \text{ t} \cdot 100\%}{90\%} = 160 \text{ t}$$

b) Determinăm ce masă de NH_3 și, respectiv, HNO_3 se consumă pentru a obține 160 t de nitrat de amoniu, conform ecuației:



$$m(\text{NH}_3) = \frac{17 \text{ g} \cdot 160 \text{ t}}{80 \text{ g}} = 34 \text{ t}$$

$$m(\text{HNO}_3) = \frac{63 \text{ g} \cdot 160 \text{ t}}{80 \text{ g}} = 126 \text{ t}$$

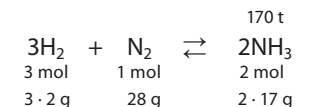
c) Calculăm masa soluției de HNO_3 de 60% ($\omega = 0,6$):

$$m(\text{sol. HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega(\text{HNO}_3)} = \frac{126 \text{ t}}{0,6} = 210 \text{ t}$$

d) Determinăm masa teoretică (m_t) a amoniacului, considerând că cele 34 t (m_{pr}) constituie doar 20%:

$$m_t(\text{NH}_3) = \frac{m_{\text{pr}}(\text{NH}_3) \cdot 100\%}{\eta_{\text{pr}}} = \frac{34 \text{ t} \cdot 100\%}{20\%} = 170 \text{ t}$$

e) Determinăm necesarul de hidrogen și de azot pentru producerea celor 170 t de amoniac conform ecuației:



$$m(\text{H}_2) = \frac{6 \text{ g} \cdot 170 \text{ t}}{34 \text{ g}} = 30 \text{ t}$$

$$m(\text{N}_2) = \frac{28 \text{ g} \cdot 170 \text{ t}}{34 \text{ g}} = 140 \text{ t}$$

Răspuns: Necesarul zilnic al uzinei chimice constituie: 30 t de hidrogen, 140 t de azot și 210 t de soluție de acid azotic.

Problema nr. 3. Din carbură de calciu cu masa de 33,33 kg, ce conține 4% de impurități, a fost obținută acetilenă care, prin reacția Kucarov, a fost transformată în aldehydă. Ce volum de hidrogen (*c.n.*) se consumă pentru reducerea aldehydei acetice și care este masa alcoolului obținut?

Se dă:

$$m_{\text{teh}}(\text{CaC}_2) = 33,33 \text{ kg}$$

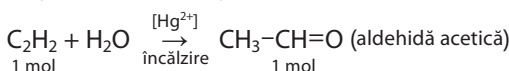
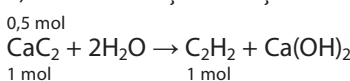
$$\omega(\text{imp}) = 4\%$$

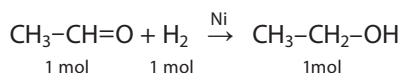
$$V(\text{H}_2) - ?$$

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) - ?$$

Rezolvare

a) Scriem ecuațiile reacțiilor:





$$\text{b) } \omega_{\text{pură}}(\text{CaC}_2) = 100\% - 4\% = 96\%$$

$$m_{\text{pură}}(\text{CaC}_2) = \frac{33,33 \text{ kg} \cdot 96\%}{100\%} = 31,99 \text{ kg}$$

$$M(\text{CaC}_2) = 40 + 2 \cdot 12 = 64 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{c) } \nu(\text{CaC}_2) = \frac{31,99 \text{ kg}}{64 \text{ kg/kmol}} = 0,5 \text{ kmol}$$

$$\nu(\text{CaC}_2) = \nu(\text{C}_2\text{H}_2) = \nu(\text{CH}_3\text{COH}) = \nu(\text{H}_2) = \nu(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,5 \text{ kmol}$$

$$\text{d) } V(\text{H}_2) = 22,4 \text{ L/mol} \cdot 0,5 \text{ kmol} = 11,2 \cdot 10^3 \text{ L} = 11,2 \text{ m}^3$$

$$\text{e) } m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,5 \text{ kmol} \cdot 46 \text{ kg/kmol} = 23 \text{ kg}$$

$$\text{Răspuns: } V(\text{H}_2) = 11,2 \text{ L} \cdot 10^3 = 11,2 \text{ m}^3, m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 23 \text{ kg}$$

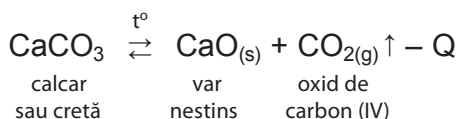
4.6. Producerea varului nestins, fontei și oțelului, sticlei

4.6.1. Producerea varului nestins

1. *Produsul finit în procesul de producere a varului nestins este:*

- a) oxidul de calciu cu impurități (SiO_2 , Fe_2O_3 etc.), numit *var nestins*, care constituie o masă solidă, albă, greu fuzibilă;
- b) dioxidul de carbon, gaz produs complementar.

2. *Reacția chimică ce stă la baza producerii varului nestins (prăjirea calcarului) este o reacție de descompunere:*



Aceasta este o *reacție endotermă*, adică decurge cu absorbție de căldură. Încălzirea este condiția principală de decurgere a reacției. Temperatura optimă este de circa $1\,300^\circ\text{C}$. Sistemul reactant este *eterogen*; se conțin două substanțe solide și una gazoasă. Reacția este **reversibilă**. Din acest motiv, dioxidul de carbon este evacuat continuu din sfera reactantă, absorbția lui contribuie la obținerea noilor cantități de CO_2 și la decurgerea reacției până la capăt (*fig. 4.3*).

3. *Materia primă.* La producerea varului, în calitate de materie primă se utilizează calcarul și creta. Republica Moldova dispune de zăcăminte considerabile, care conțin 92-94% de substanță de bază – carbonat de calciu și 6-8% de impurități (nisip SiO_2). Creta are o umiditate mai mare decât calcarul, de aceea necesită mai mult combustibil pentru prăjire.

Calcarul este mărunțit în concasor (mașină de sfărâmat materiale dure), bucățile se separă după dimensiuni (se calibrează): cele



Știați că...

Perlele sunt constituite din formațiuni ale mineralului *aragonit* – carbonat de calciu CaCO_3 . Acestea conțin circa 10-14% de substanță organică și de la 2% la 4% de apă. Perla se formează în interiorul mai multor moluște de mare sau de râu, având un luciu deosebit. Cea mai mare perla are masa de 6,4 kg, seamănă cu un corp uman și a fost extrasă dintr-o moluscă de 3 tone cu o vârstă de 450 de ani, de lângă insulele Filipine.

de 7-12 cm sunt folosite pentru producerea varului, iar cele mai mici – pentru producerea cimentului.

Bucățile de calcar de dimensiunile necesare se încălzesc bine. Reacția de descompunere decurge în masă, aerul fierbinte pătrunzând printre bucăți.

Aerul. Pentru îmbunătățirea arderii combustibilului și obținerea temperaturilor înalte, aerul este îmbogățit cu oxigen (până la 35% din volum).

Combustibilul. Uzina din localitatea Vatra folosește, în calitate de combustibil, gazul natural, la arderea căruia se formează oxid de carbon (IV) și vapori de apă:



La fabricile de zahăr, pentru obținerea varului, se folosește cărbunele (cocsul), la arderea căruia, după reacția $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + Q$, nu se formează apă. Consumul de combustibil alcătuiește 140-160 m³ de gaz sau 125-135 kg de cocs la fiecare tonă de var.

4. Cuptorul de prăjire a varului. Cuptoarele au formă cilindrică, iar în partea de jos trec într-o formă conică. Cuptorul are înălțimea unei clădiri cu cinci etaje și este montat pe un inel de fontă fixat pe un fundament de beton. Pereții sunt făcuți din straturi duble cu o parte izolatoare, în exterior fiind acoperiți cu foi de oțel sau cu inele de oțel. Stratul intern este făcut din cărămidă refractară, rezistentă la temperaturi mai mari de 1 300°C. Diametrul cuptoarelor poate fi de la 4,5 până la 6,5 m.

În partea de jos a cuptorului este o gură pentru descărcarea continuă a varului și alta pentru pătrunderea aerului.

În partea superioară a cuptorului sunt amplasate instalații speciale cu conuri de dispersare pentru introducerea în cuptor a calcarului calibrat sau a amestecului de calcar cu cărbune.

5. Puriitatea produsului. Calcarul conține anumite impurități (SiO₂ ș.a.) care nu se descompun, ci trec în var. De aceea varul nestins obținut conține cca 85% oxid de calciu, iar restul sunt impurități.

4.6.2. Producerea fontei și oțelului (noțiuni elementare)

Metalurgia este știința despre metodele industriale de obținere a metalelor.

Deosebim metalurgia feroaselor și neferoaselor. Producerea fierului și a aliajelor sale se referă la metalurgia feroasă. Aproape 90% din metalele utilizate revin acestei metalurgii. Producerea celorlalte metale – neferoase – ține de metalurgia neferoaselor. Printre metalele neferoase, primul loc îi revine aluminiului, iar cel de-al doilea – cuprului.

Cele mai importante aliaje ale fierului sunt *fonta* și *oțelul*.

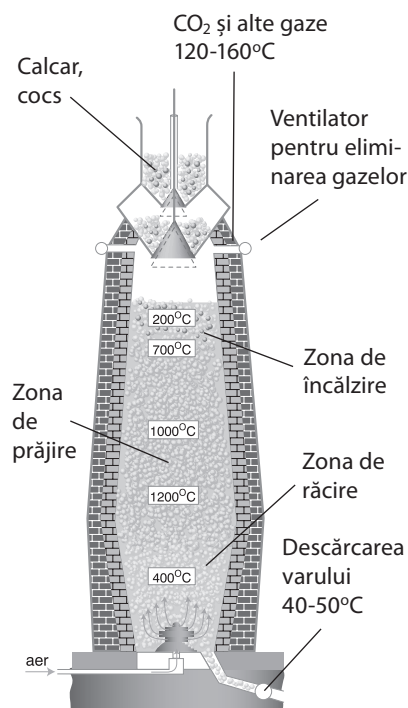


Fig. 4.3. Schema procesului chimic în cuptorul de prăjire a varului (combustibil – cocs)

Sarcini imediate

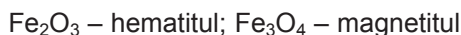
Deduceți principiile științifice ale producerii varului nestins.

Noțiuni-cheie

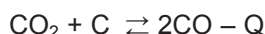
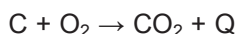
- Fontă
- Oțel
- Furnal
- Convertor

Fonta reprezintă aliajul ce conține 2%-6% de carbon, precum și siliciu, mangan, sulf, fosfor. *Oțelul* este aliajul fierului ce conține 0,1-2% de carbon și cantități neînsemnate de mangan, fosfor și sulf.

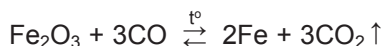
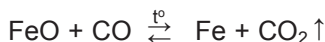
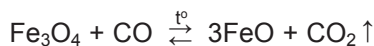
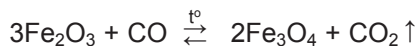
Drept *materie primă* pentru obținerea fierului servesc minereurile de fier care au la bază oxizii fierului:



Fierul se obține prin reacții de reducere din minereu, iar în calitate de reducător se folosește cocsul. Însă cele două substanțe solide – minereul și cocsul – au o suprafață de contact mică, de aceea viteza reacției $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ nu este mare, iar randamentul este mic. Cel mai bun reducător, care asigură o bună suprafață de contact, este oxidul de carbon (II) CO , care se formează din cocs și oxid de carbon (IV) direct în furnal, unde se obține fonta:



Procesul de reducere a hematitului decurge treptat conform schemei:



Minereul de fier se reduce în cuptoare verticale speciale (*fig. 4.4*). Furnalul are o înălțime de câteva zeci de metri și o capacitate interioară de 5 000 m³; corpul său este confecționat din oțel, fiind căptușit în interior cu cărămidă refractară. Productivitatea acestui furnal constituie până la patru milioane de tone de fontă pe an.

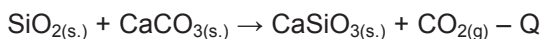
Procesul de obținere a fontei în furnale este redat în *fig. 4.4*.

Din partea de sus a furnalului se introduce neîntrerupt materia primă (minereu de fier, cocs, calcar), iar din partea de jos – aer îmbogățit cu oxigen până la 30% și încălzit. În partea de jos, prin orificii speciale, se colectează fonta și zgura.

Reacția exotermă de ardere a cocsului $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Q}$ asigură creșterea temperaturii până la 1600 – 1800°C, depășind temperatura de topire a fierului (1535°C). Îmbogățirea aerului cu oxigen contribuie la accelerarea acestei reacții. Ridicându-se în sus, CO_2 se transformă în CO , care reduce minereul.

Venind în contact cu carbonul, fierul lichid îl dizolvă, de unde rezultă aliajul – fonta – care conține până la 6% de carbon.

Principala impuritate în minereu este nisipul SiO_2 . Acesta nu se topește la temperatura înaltă în interiorul furnalului. Însă la topirea cu calcar, nisipul formează o zgură ușor fuzibilă, care conține silicatul de calciu:



Știați că...

În secolul al XX-lea au început să fie utilizate oțeluri aliate cu adaosuri de crom, nichel, mangan, cobalt, vanadiu, wolfram, titan ș.a. Un rol important îl au oțelurile de crom-nichel, în care cromul îi conferă oțelului duritate, iar nichelul – plasticitate. Astăzi, în lume se produc circa 500 de milioane de tone de oțel anual.



Știați că...

În Anglia, fonta se numește *fier spiritual*. Cum credeți, de ce este numită astfel?

Oțelul putea fi obținut încă în Antichitate. O daltă de oțel găsită în piramidele egiptene are vârsta de 5 000 de ani.

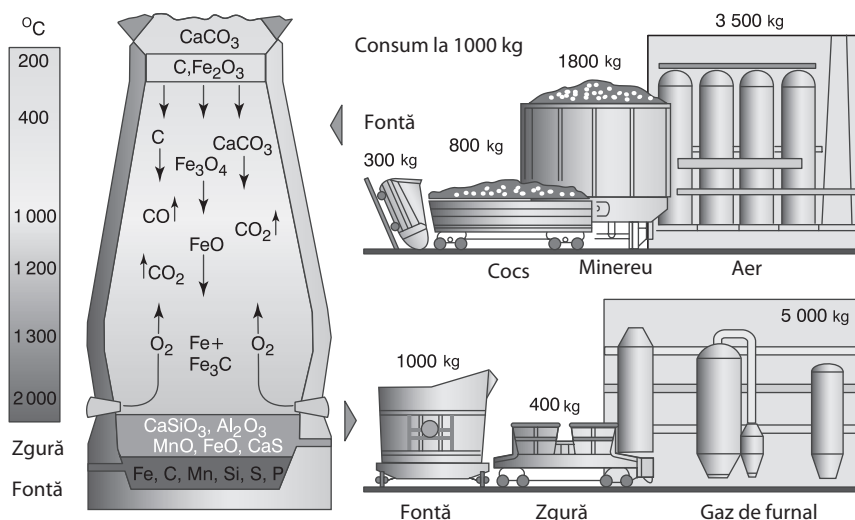
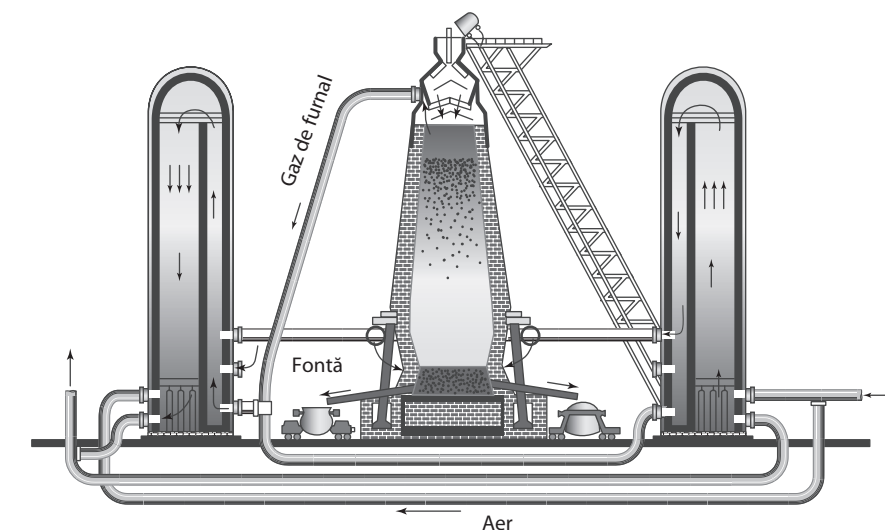


Fig. 4.4. Schema producerii fontei

Zgura este mai ușoară decât fonta și plutește la suprafață. De aceea este ușor de a scurge separat un strat de fontă lichidă și unul de zgură lichidă. Impuritățile de sulf și de fosfor în fontă influențează proprietățile acesteia.

Din fontă se confecționează piese care nu sunt supuse loviturilor: volanți, suporturi, carcase etc. O bună parte din fontă este totuși folosită la producerea oțelului, care este un aliaj mult mai necesar.

Pentru a transforma fonta în oțel, trebuie să se micșoreze (prin ardere) conținutul de carbon până la 0,5-2%. Oțelul se obține în convertizoare, suflând oxigen prin fonta topită, sau în cuptoare Martin.

Odată cu înlăturarea carbonului, în oțel se introduc adaosuri de metale și se obțin diferite tipuri de oțeluri, numite *aliante*.

EVALUARE

1. Comparați fonta și oțelul după compoziție și proprietăți și deduceți prin ce se deosebesc.
2. Explicați ce reacții chimice se produc în furnal atunci când se reduce fierul din minereu, având ca exemplu magnetitul.
3. Explicați de ce, în procesul care are loc în furnal, nu se poate utiliza cărbunele de pământ. Care este rolul cocsului?
4. Evidențiați principiile științifice generale ale industriilor chimice care se respectă în procesul din furnal. Care dintre ele contribuie la sporirea vitezei de reacție a acestui proces?
5. Minereul de fier conține oxid de fier (III) în proporție de 90% și oxid de siliciu în proporție de 10%. Calculați părțile de masă de fier și siliciu în minereu.
6. Calculați masa fontei care poate fi obținută din 100 t de hematit Fe_2O_3 , cu partea de masă a impurităților de 10%, dacă fonta conține 95% de fier.
7. La arderea în curent de oxigen a 100 g de oțel, se formează 2,2 g de oxid de carbon (IV). Calculați partea de masă a carbonului în oțel.
8. Calculați volumul oxidului de carbon (II) necesar pentru reducerea a: a) 160 t de Fe_2O_3 ; b) 232 t de Fe_3O_4 , dacă oxizii conțin circa 4% de impurități.

4.6.3. Procese de oxido-reducere în producerea chimică. Metoda bilanțului electronic

În clasele anterioare, analizând reacțiile chimice, am determinat că există reacții care decurg cu schimbarea numărului de oxidare și reacții care decurg fără schimbarea numărului de oxidare a elementelor.

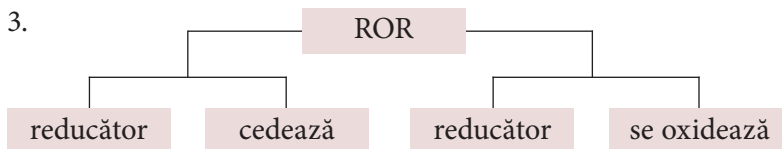
În acest sens să ne amintim principalele noțiuni legate de reacțiile de oxido-reducere, precum numărul de oxidare, oxidantul, reducătorul, calcularea numărului de oxidare.

Oxidantul este atomul care adăunează electroni și care, reducându-se, își micșorează numărul de oxidare.

Reducătorul este atomul care cedează electroni și care, oxidându-se, își mărește numărul de oxidare.

Pentru a înțelege aceste noțiuni și a nu le confunda la aplicare, se poate utiliza una din regulile:

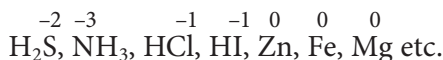
1. Oxidantul este un „hoț” care își însușește electronii!
2. Reducătorul cedează electroni.
- 3.



Elementele cu numărul de oxidare superior pot fi *numai oxidanți*:



Elementele cu numărul de oxidare inferior pot fi *numai reducători*:



Se pot manifesta și ca *oxidanți* și *reducători* elementele cu numere

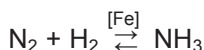
de oxidare intermediare, ca, de exemplu, $\overset{+4}{\text{SO}_2}$.

Se cunosc mai multe reacții de oxido-reducere care stau la baza proceselor tehnologice, precum ar fi: obținerea metalelor, a amoniacului, a acidului sulfuric, a acidului azotic.

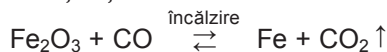
În continuare, vom examina procesele de oxido-reducere care stau la baza producerilor chimice menționate și vom stabili coeficienții stoechiometrici în ecuațiile reacțiilor de oxido-reducere prin metoda bilanțului electronic. Atrageți atenția asupra schemei (algoritmilor) de stabilire a coeficienților stoechiometrici în reacțiile de oxido-reducere.

Folosind această schemă, stabiliți coeficienții stoechiometrici prin metoda bilanțului electronic în principalele ecuații ale reacțiilor de oxido-reducere, care stau la baza următoarelor produceri chimice:

a) producerea amoniacului



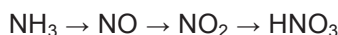
b) obținerea fontei și oțelului



c) obținerea acidului sulfuric



d) obținerea acidului azotic



În toate procesele de oxido-reducere, determinați oxidantul și reducătorul, procesele de oxidare și reducere.

4.6.4. Producerea sticlei

Sticla, cimentul, ceramica, diferite materiale de construcție sunt fabricate în industria silicaților din silicați naturali.

Materia primă de bază a industriei silicaților este argila (în greacă – *keramon*). Ea are o calitate și o compoziție diferită. Caolinitul, de exemplu, are compoziția $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Fabricarea sticlei

După compoziția și proprietățile sale, sticla poate fi: obișnuită, greu fuzibilă, de cristal, de cuarț. Pentru fabricarea *sticlei obișnuite* se folosesc nisipul de cuarț (SiO_2), soda (Na_2CO_3), calcarul (CaCO_3), sarea lui Glauber ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Aceste substanțe se amestecă și se

Scriem
SCHEMA REACȚIEI



calculăm
și comparăm
NUMERELE
DE OXIDARE



scriem
ECUAȚIILE
ELECTRONICE



stabilim
BILANȚUL
ELECTRONIC



aflăm
COEFICIENȚII
DE BAZĂ



determinăm
COEFICIENȚII RĂMAȘI



verificăm
OXIGENUL

Sarcini imediate

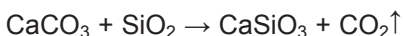
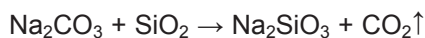
Informați-vă dacă în Republica Moldova există fabrici de producere a sticlei. Ce fel de sticlă se produce la aceste fabrici?

Știați că...

Sticla colorată se obține adăugând la materia primă oxizi ai diferitelor metale:

- albastru – oxid de cobalt (II);
- verde – oxid de crom (III);
- albastru-verzui – oxid de cupru (II);
- rubin (roșu) – aur cu dispersie fină.

încălzesc până la 1500°C în cuptoare speciale. În acest caz, se formează un amestec sau o soluție de silicați de sodiu și calciu după reacțiile:



Sticla obișnuită are compoziția: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$.

Sticla greu fuzibilă se obține înlocuind soda cu potasă K_2CO_3 . Compoziția ei este $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$. Ea are un coeficient de dilatare la încălzire foarte mic.

Sticla de cristal $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot 6\text{SiO}_2$ se obține pe baza potasei K_2CO_3 , a oxidului de plumb (II) și nisipului. Din ea se confecționează lentile, prisme, veselă.

Sticla de cuarț se obține din nisipul de cuarț topit. Ea permite să treacă razele ultraviolete, de aceea din ea se fabrică lămpi de cuarț, folosite în medicină. Sticla de cuarț se dilată puțin la încălzire, de aceea vesela de laborator fabricată din acest material poate fi încălzită la flacăra deschisă a arzătorului de gaz și poate fi răcită brusc fără a suferi modificări.

Articolele din masa de sticlă topită se fabrică prin suflare (vase, becuri), prin presare (nasturi), prin laminare (sticlă pentru oglinzi), prin tragere (foi, tuburi și baghete de sticlă).

Din tipuri speciale de sticlă se fabrică fibre și țesături. Obiectele confecționate din poliester armat cu fibră de sticlă sunt rezistente ca oțelul și nu se corodează.

EVALUARE

1. Comparați reacțiile chimice prin care se obțin: a) sticla obișnuită; b) sticla termostabilă; c) sticla de cristal; d) sticla de cuarț. Care dintre aceste tipuri de sticlă este cea mai simplă după compoziție?
2. Din timpurile străvechi, producătorii de sticlă foloseau mineralul piroluzit MnO_2 pentru a da culoare verde sticlei, ce conține impurități de fier. De aceea piroluzitul a fost numit și „săpun de sticlă”. În anul 1774, Carl Scheele și alți savanți au obținut metalul *mangan* prin calcinarea piroluzitului cu cărbune. Calculați volumul (c.n.) oxidului de carbon (IV) care se elimină la obținerea a 55 g de mangan prin această metodă.

Răspuns: $V(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ L}$.

4.7. Petrolul. Principii de prelucrare

Masa organică totală a petrolului este de cca 98%. *Compoziția* lui după elemente este următoarea:

- Coloană de rectificare
- Scară octanică
- Cracare termică
- Cracare catalitică

C	83%
H	13%
O+N	0,2-0,3%
S	0,1-0,7%
cenușă	0,1-0,5%
inclusiv metale	0,01%

Noțiuni-cheie

Petrolul reprezintă un amestec de hidrocarburi. În compoziția lui intră mai bine de 150 de hidrocarburi diferite. Peste jumătate dintre acestea sunt hidrocarburi lichide saturate, o altă jumătate sunt arene: benzenul, toluenul și xilenul.

Fiecare substanță din compoziția petrolului are temperatura sa de fierbere. Cu cât masa moleculară este mai mare, cu atât mai înaltă este temperatura de fierbere a substanței.

a) Prelucrarea petrolului. Principiul distilării fracționate

Prima etapă de prelucrare a petrolului cuprinde următoarele faze: se aduce petrolul la fierbere, se monitorizează temperatura și se adună vaporii în recipiente speciale. În fiecare recipient se găsește lichidul care fierbe la o anumită temperatură. Acest procedeu se numește *distilare*.

Astfel, prima etapă de prelucrare a petrolului constă în separarea lui pe fracții. Amestecurile de substanțe cu temperaturi de fierbere și cu mase moleculare apropiate se numesc *fracții*.

Instalația pentru distilarea continuă a petrolului (fig. 4.5) este alcătuită dintr-un cuptor tubular pentru încălzirea petrolului (1) și o

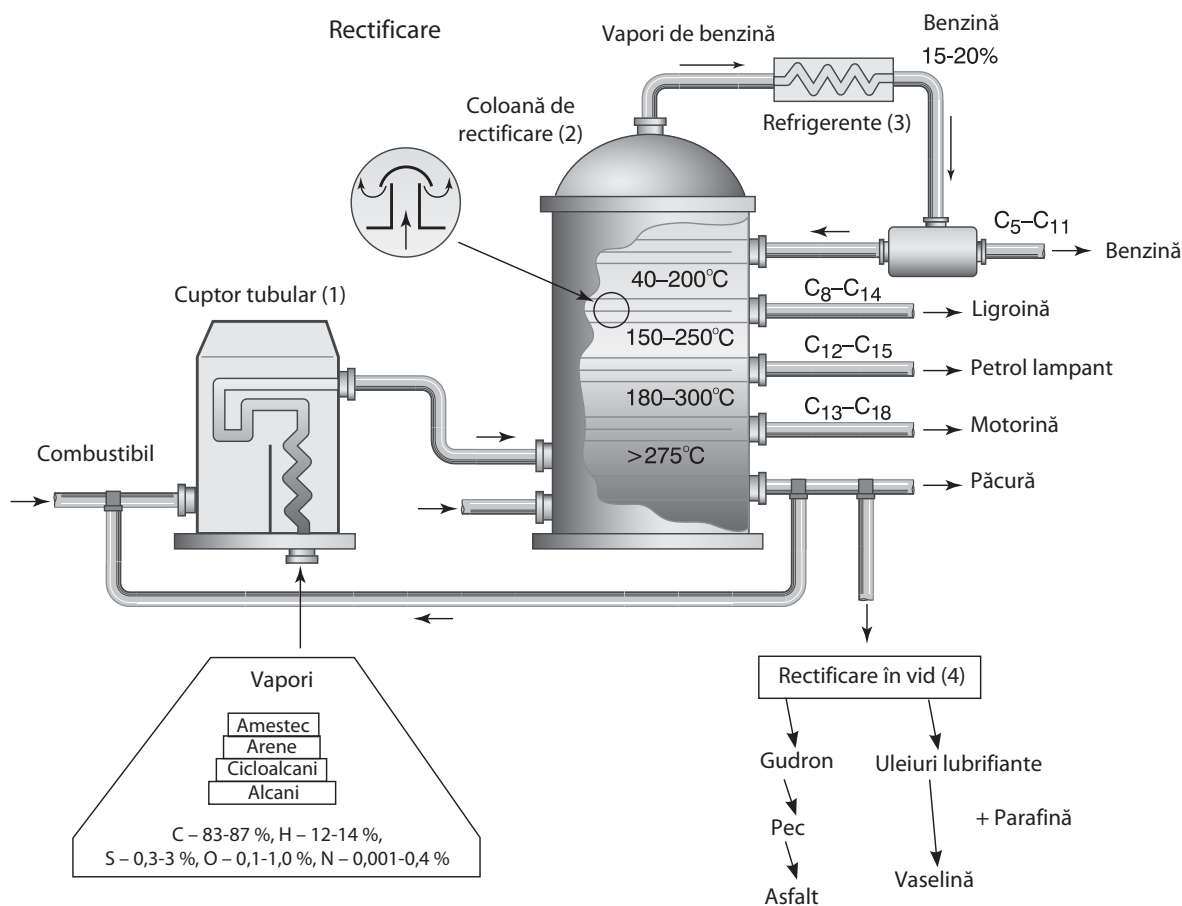


Fig. 4.5. Prelucrarea petrolului (1 – cuptor tubular, 2 – coloană de rectificare, 3 – refrigerent, 4 – rectificare în vid)

coloană de rectificare (2). Cuptorul se încălzește datorită arderii păcurii sau gazului. În serpentină petrolul se încălzește până la 320-350°C (nu mai mult!). La temperaturi mai înalte, începe scindarea nedorită a moleculelor.

Coloana de rectificare este un aparat cilindric de oțel cu înălțimea de aproape 40 m. În interior are câteva zeci de diafragme orizontale cu orificii numite *talere*. Vaporii de petrol ajung în coloană și se ridică în sus. Aceștia trec prin orificiile din talere, se răcesc treptat la mișcarea în sus și se lichefiază parțial.

Hidrocarburile mai grele sunt mai puțin volatile și se lichefiază pe primele tale-re. Astfel, se formează prima fracție – *motorina* $C_{13}-C_{18}$. Hidrocarburile mai volatile $C_{12}-C_{15}$ se adună mai sus și se formează a doua fracție – *petrolul lampant*. Și mai sus se adună a treia fracție – C_8-C_{14} , *ligroina*. Cele mai volatile hidrocarburi C_5-C_{11} intră în compoziția vaporilor din coloană, trec prin refrigerent (3) și, după condensare, formează *benzina*. O parte din benzină se reîntoarce în coloană. Aceasta contribuie la răcirea și la condensarea gazelor ce se ridică în sus.

Toate aceste fracții se numesc *produse de distilare deschisă*.

Fracția lichidă a petrolului supraîncălzit, care nu fierbe la 350°C, se scurge în partea de jos a coloanei, formând *păcura neagră*; pentru „a distila” cât mai complet hidrocarburile dizolvate în păcură, vaporii încălziți se direcționează în partea de jos, spre păcură.

Din *păcură* se pot obține multe substanțe prețioase, însă aceasta se descompune la o temperatură de peste 350°C. Tehnologii au aplicat proprietatea substanțelor de a fierbe la temperaturi mai joase și presiune redusă. De aceea păcura se distilează în coloane de rectificare la presiune redusă (4), obținându-se *uleiuri lubrifiante*, parafină, vaselină (fig. 4.5). Ceea ce nu se distilează se numește *zgură*. Aceasta se folosește la asfaltarea drumurilor.

Cantitatea de benzină obținută prin rectificarea petrolului nu este suficientă pentru utilizare. În plus, trebuie ameliorată calitatea ei, pentru a o face rezistentă la explozii.

Pentru a caracteriza rezistența la explozii (stabilitatea la detonație) a benzinei a fost elaborată *scara octanică*.

Izoctanul C_8H_{18} (2, 2, 4 – trimetilpentan) are cea mai înaltă stabilitate la detonare și de aceea i-a fost atribuită valoarea de 100 (*cifra octanică*). N-Heptanul, care detonează cel mai ușor, are cifra octanică 0. Amestecul de heptan și izooctan are cifra octanică egală cu partea de masă a izooctanului care se conține în el:

n-heptan	0	24%	5%
izooctan	100%	76%	95%
cifra octanică	100	76	95

Folosind această scară, se determină cifrele octanice ale benzinei. De exemplu, benzina 95 are cifra octanică 95. Aceasta înseamnă că ea admite aceeași comprimare (fără detonare) în cilindrul motoarelor ca și amestecul de 95% de izooctan și 5% de n-heptan.

Pentru a obține cantități considerabile de benzină, este necesar să realizăm transformarea în benzină a petrolului lampant, a ligroinei, a păcurii și a motorinei.

În coloana de rectificare nu se admite ridicarea temperaturii mai sus de 350°C, deoarece moleculele hidrocarburilor vor începe să se descompună.

b) Produsele petroliere și protecția mediului

Cracarea este un proces de prelucrare a fracțiilor petroliere. În funcție de condițiile efectuării, cracarea este însoțită de *reformarea* și de *hidrorafinarea* produselor petroliere.

Reformarea (din engl. *reforming*) benzinei este procesul care decurge în prezența unui catalizator (platină) și conduce la transformarea alcanilor liniari și ramificați în hidrocarburi aromatice. În acest caz, crește considerabil cifra octanică a combustibilului.

Hidrorafinarea este prelucrarea produselor petroliere cu hidrogen la presiune și încălzire, în prezența unui catalizator. Totodată, substanțele organice cu azot și sulf se descompun și se formează sulfura de hidrogen H_2S și amoniacul NH_3 .

Această prelucrare complexă a petrolului asigură folosirea lui integrală și contribuie la protecția mediului înconjurător.

Prelucrarea complexă a petrolului este procesul în urma căruia din petrol se extrag toate componentele importante care, la rândul lor, se folosesc în calitate de combustibil și materie primă pentru industria chimică. Din sulfură de hidrogen se obține sulf și acid sulfuric, care se folosește la rafinarea petrolului. Din amoniac se obține sulfat de amoniu, care este un îngrășământ prețios. Din cenușa petrolului se obțin, prin metode hidrocatalitice, metale rare: vanadiu, nichel, titan, cupru, staniu ș.a.

Formarea oxizilor de sulf și de azot în timpul funcționării motoarelor mijloacelor de transport duce la poluarea gravă a mediului ambiant. De aceea hidrorafinarea produselor petroliere este foarte importantă.

Este important să fie bine gestionată transportarea petrolului brut la uzinele de prelucrare, precum și transportarea produselor petroliere către consumatori.

Anual în ocean ajung circa 5-10 milioane de tone de petrol și produse petroliere din cauza accidentelor de pe vasele marine și tancurile petroliere sau în procesul extragerii și prelucrării petrolului pe platformele marine. Este o daună ireparabilă pentru natură. Un litru de petrol poluează 40 000 de litri de apă. Pier peștii, animalele acvatice și păsările.

O parte mică (~5%) de petrol se dizolvă în apă, printre care și hidrocarburile aromatice. În apa de mare, acestea se transformă în compuși cu proprietăți cancerigene și mutagene.

Pentru combaterea acestor poluări se folosesc metode biochimice. Se cunosc peste 1 000 de microorganisme care au capacitatea de a prelucra hidrocarburile. De exemplu, culturile de drojdii din specia *Candida* se alimentează cu parafinele petrolului și dau o masă biologică (50%) ce conține proteine și vitamine.



Știați că...

Petrolul era cunoscut încă din Antichitate și se folosea pentru iluminare și încălzire. În anul 1854, prin distilare și purificare, din petrol a început să se obțină petrol lampant. Lampa cu petrol lampant a servit mai bine de o sută de ani ca sursă unică de lumină.

În anul 1900, extragerea petrolului în toată lumea constituia 20 de milioane de tone, iar în prezent – mai bine de trei miliarde de tone. O mare parte din petrol (80-90%) se folosește în calitate de combustibil și materiale lubrifiante și numai 8% se consumă pentru obținerea unor substanțe organice.

Aproape toate tipurile de transport – avioane, vapoare, automobile – utilizează produsele petroliere.

Din cele 8% de petrol se obțin polimeri, cauciucuri, fibre sintetice, detergenți, îngrășăminte, medicamente și alte produse.

Cu toate că actualmente se studiază posibilitatea folosirii și altor surse de energie, deocamdată petrolul rămâne principala sursă de energie.

Se poate afirma că bunăstarea civilizației contemporane este bazată pe petrol. Din cauza petrolului au loc multe războaie deschise și secrete. Economia tuturor țărilor depinde de petrol mai mult decât de oricare alt produs.

Proiect

Tema: Valorificarea deșeurilor – o cerință esențială a producerilor contemporane

Context. În ultimii ani, se discută tot mai intens despre valorificarea deșeurilor prin reciclare. Luând în considerare efectul negativ asupra sănătății oamenilor, a mediului, deșeurile obținute din producerile chimice moderne devin o problemă pentru care trebuie căutate soluții de urgență.

Probleme de urmărit

- Cadrul legal național și internațional privind prelucrarea deșeurilor.
- Deșeurile industriale ale principalelor producători chimice.
- Metode de prelucrare/ reciclare a deșeurilor.

Modalități de realizare

- Prezentări PowerPoint
- Colaje
- Postere
- Referat

Modalități de prezentare

- Fiecare echipă va stabili modul de prezentare a proiectului; va alege o persoană care îl va prezenta în fața clasei.
- Prezentarea se va face timp de 8-10 min.

Criterii de evaluare

- Originalitatea informației incluse în proiect
- Încadrarea în timpul alocat prezentării
- Conținutul științific al proiectului
- Sursele de documentare
- Mesajul transmis de echipă

4.8. Reacțiile chimice și monitorizarea mediului

În fiecare țară există cadrul legislativ care interzice poluarea cu substanțe nocive a apelor, aerului și solului. Reziduurile industriale trebuie purificate în prealabil. Sunt stabilite concentrațiile maxime admisibile pentru fiecare substanță, în miligrame la 1 litru de aer, de exemplu:

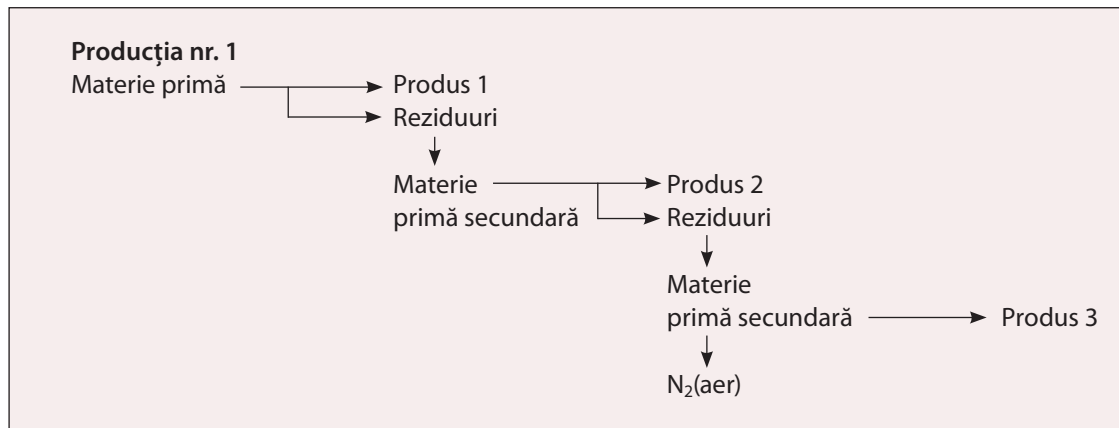
- amoniac – 0,02;
- benzină, gaz lampant – 0,3;
- arseniu – 0,0003;
- oxid de carbon (II) – 0,02;
- sulfură de hidrogen și sulfură de carbon – 0,01.

Există un control permanent asupra mediului înconjurător. Industriile poluante sunt penalizate sever: de la amenzi până la închiderea unor secții sau a întreprinderilor. Se reconstruiesc uzinele vechi, care nu mai asigură purificarea reziduurilor industriale. Noile uzine sunt proiectate și construite luându-se în considerare necesitatea protecției mediului ambiant împotriva poluării. Acest obiectiv major se poate realiza prin următoarele metode.

1. Introducerea *tehnologiilor fără reziduuri (schema 4.1)*, adică a unor astfel de procese de producere în care deșeurile industriale pot fi folosite în calitate de materie primă pentru alte procese.

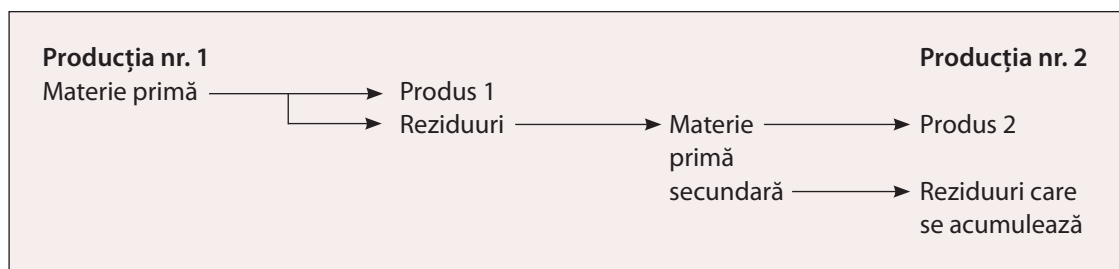
În mediul înconjurător pot fi aruncate, în cantități nu prea mari, doar substanțe care nu sunt nocive: apă purificată, oxid de carbon (IV), azot ș.a. Sunt posibile și alte tehnologii fără reziduuri (*schema 4.1*).

Schema 4.1



2. Aplicarea *tehnologiilor cu reziduuri de acumulare*. În unele procese se formează reziduuri care nu pot fi folosite în continuare și astfel se acumulează (*schema 4.2*).

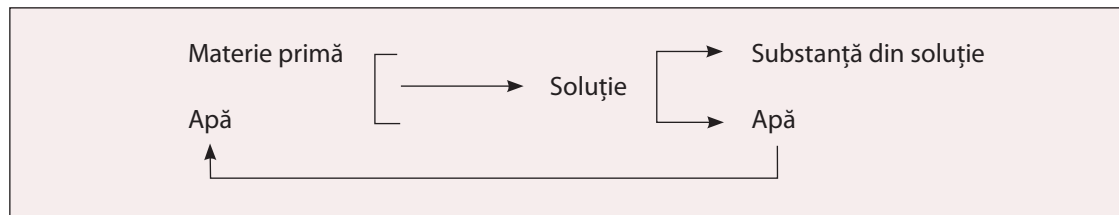
Schema 4.2



3. Aplicarea *sistemelor de circulație a apei* (*schema 4.3*), unde apa pură este folosită pentru răcire (încălzire sau dizolvare). Totodată, apa se încălzește (se răcește sau formează soluție), mai apoi se răcește (se încălzește sau se evaporă din soluție), după care se folosește din nou, adică efectuează același lucru de mai multe ori. De aceea rareori se adaugă cantități proaspete de apă.

Trecerea la folosirea apei în ciclu închis (sisteme circulare închise) sau a altor materiale permite dezvoltarea industriei și economisirea materialelor necesare producerii.

Schema 4.3

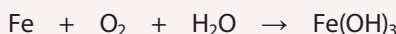


la unitatea de învățare „Reacțiile chimice în producere”

1. Arătați ecuațiile reacțiilor care stau la baza producerii varului nestins, numiți condițiile de realizare a lor în producere, explicați dacă acest proces de producere poate fi dirijat.
2. Găsiți corespondența dintre producerile din coloana A și noțiunile din coloana B, unindu-le prin săgeți.

A	B
I. Producerea varului nestins	1. Materia primă
II. Producerea fontei și oțelului	2. Cuptor cilindric
III. Producerea sticlei	3. Schimb de căldură
	4. Contracurent
	5. Furnal
	6. Convertizor

3. Coroziunea fierului are loc după următoarea ecuație:



Stabiliți coeficienții stoechiometrici în ecuație prin metoda bilanțului electronic. Determinați oxidantul și reducătorul.

4. Gazul de apă, obținut la gazificarea cocsului într-o instalație de acțiune periodică, constă din hidrogen (50%), oxid de carbon (II) (38%), azot (5%), metan (0,5%) și sulfură de hidrogen (0,5%). Calculați părțile de masă ale carbonului, azotului, sulfurii în cocs, care se transformă în gaz de apă, dacă dintr-o tonă de cocs se formează 1 500 m³ de gaz de apă.
5. Pentru obținerea unei tone de fontă obișnuită, ce conține 2% de mangan, 4% de siliciu, 2,5% de carbon, este necesară o tonă de cocs. În ce procese se consumă cocsul, dacă se consideră că minereul constă din oxid de fier (III), oxid de mangan (II), oxid de siliciu (IV)? Calculați masa cocsului consumat în fiecare proces.
- **6. Arzând combustibil organic, omenirea anual aruncă în atmosferă 12 milioane de tone de oxid de azot (II). Ce masă de acid azotic poate fi obținută din această cantitate de NO, luând în considerare faptul că randamentul practic constituie 80%?
7. Varul nestins utilizat în construcție, se obține la calcinarea calcarului. Determinați partea de masă a componentei de bază (carbonat de calciu) în calcar, dacă în procesul de calcinare a 5 kg calcar se elimină 1 m³ de oxid de carbon (IV) (c.n.).

NOȚIUNI GENERALE DE ANALIZĂ CHIMICĂ

(pentru profilul real)

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/ capabilă:

- să explici și să operezi cu noțiunile generale ce se referă la analiza chimică în situații de comunicare orală și scrisă;
- să elaborezi și să aplici algoritmi: a) de calculare a concentrației molare a ionilor după ecuațiile de disociere, b) valorii pH/ pOH-ului;
- să modelezi: a) prin ecuații chimice de disociere a electroliților tari și slabi, b) prin ecuații în formă moleculară și ionică a interacțiunilor în soluții de electroliți;
- să rezolvi probleme: a) de preparare a soluțiilor cu o anumită concentrație molară/ parte de masă, b) în baza produsului ionic al apei, de determinare a pH/ pOH-ului în soluții de acizi/ baze tari;
- să investighezi experimental unele contexte problematice legate de necesitatea preparării soluțiilor.

5.1. Noțiuni generale

Orice material este constituit din elemente chimice. Compartimentul chimiei ce stabilește care dintre elementele chimice sau combinațiile lor și în ce raport se găsesc în materialul dat poartă numele de *chimie analitică*.

Totalitatea procedeelelor și a tehnicilor folosite pentru obținerea informației despre componența calitativă și cantitativă a materialului analizat se numește *analiză chimică*.

Unele operații de analiză chimică sunt cunoscute din Antichitate. Cu toate acestea, noțiunea de *analiză chimică* a fost introdusă mult mai târziu, prin secolul al XVII-lea, de către englezul Robert Boyle. În spațiul românesc, primele noțiuni de analiză chimică au fost utilizate de Dimitrie Cantemir în *Descrierea Moldovei*.

În activitatea lor cotidiană, oamenii folosesc permanent operații de analiză chimică: zilnic, evaluează din ce este confecționat un obiect sau altul, determină masele prin cântărire sau măsoară volumele ingredientelor necesare pentru a prepara un sistem mai complex, evaluează aciditatea, conținutul de sare, zahăr, proprietățile multor preparate alimentare etc. Deseori oamenii desfășoară această activitate fără a-și da seama că efectuează o analiză chimică propriu-zisă. Fără îndoială, o acțiune de acest gen ar putea fi mai eficientă dacă ar fi cunoscute legăturile și factorii care stau la baza acestor procese.

Scurt istoric. Chimia analitică s-a constituit ca știință în decursul unui timp îndelungat, odată cu evoluția altor ramuri ale chimiei. Descoperirea unor legi fundamentale ale chimiei a favorizat efectuarea multor experiențe însoțite de măsurări și de analize chimice, a creat condiții de perfecționare a procedeelelor de separare și de precipitare, de obținere a unor noi substanțe, a generat numeroase întrebări despre starea atomilor în substanțe, despre numărul lor de oxidare, despre metodele sigure de identificare și determinare a conținutului lor în diferite sisteme.



Noțiuni-cheie

- Analiză chimică
- Reacție analitică
- Reactiv analitic
- Reactiv specific
- Reactiv de grupă

Dezvoltarea relațiilor de producere, industrializarea, elaborarea tehnologiilor avansate, necesitatea obținerii noilor materiale au determinat crearea unor servicii responsabile de analiză a calității materiei prime folosite în producere și a produselor fabricate. Era necesară generalizarea și sistematizarea procedeele folosite, argumentarea lor științifică, previziunea comportamentului diferitelor forme de substanțe, elaborarea unor metode de analiză mai exacte, mai rapide, mai performante. Astfel s-au creat premisele apariției unui nou domeniu în chimie. Acest domeniu avea menirea să cuprindă toată informația despre analiza chimică și a fost numit *chimie analitică*.



Știați că...

Cuvântul *analitic* provine de la francezul *analytique* și are semnificația de „care se bazează pe analiză”.



Chimia analitică este știința care dezvoltă bazele teoretice ale analizei chimice a substanțelor, elaborează metode de detectare, separare, identificare și de determinare cantitativă a elementelor chimice, a compușilor lor, precum și metode de stabilire a structurii chimice a substanțelor.

În conformitate cu această definiție, sarcinile chimiei analitice sunt:

- stabilirea compoziției chimice a sistemului analizat, care include detectarea și identificarea formelor prezente, determinarea cantității lor în amestecul analizat;
- determinarea structurii compușilor chimici;
- punerea în evidență a neuniformităților de pe suprafața sau în interiorul unui corp solid;
- cercetarea evoluției proceselor tehnologice.

Stabilirea compoziției chimice a sistemului analizat se efectuează la diferite nivele: *izotopic, atomic, elemental, ionic și molecular*. Spre exemplu, dacă substanța analizată este magnetitul Fe_3O_4 , prin analiza elementelor, se stabilește că este constituită din fier și oxigen, iar prin analiza ionică, se stabilește că ea conține două tipuri de ioni, Fe^{2+} și Fe^{3+} . În gazele de eșapament, au fost găsite elementele C, O, S și H. Însă numai după o analiză moleculară se poate concretiza care dintre variantele posibile se găsește în sistemul analizat:

- | | |
|---|---|
| a) CO_2 , CO, SO_2 , H_2O ; | b) CO_2 , SO_2 , H_2O ; |
| c) CO_2 , CO, SO_2 , H_2O , hidrocarburi; | d) CO_2 , SO_2 , H_2O , hidrocarburi etc. |

În funcție de scopul urmărit, chimia analitică este divizată în două compartimente: *chimia analitică calitativă* și *chimia analitică cantitativă*.



Chimia analitică calitativă oferă informații despre varietatea componentelor unui sistem și răspunde la întrebarea „Ce conține acest sistem?”.

O analiză calitativă include detectarea și identificarea componentelor obiectului analizat.

Detectare înseamnă punerea în evidență a prezenței sau absenței unor componente în obiectul cercetat. *Identificarea* presupune stabilirea identității formei chimice analizate cu substanța sau cu forma deja cunoscută prin compararea proprietăților fizice și chimice. De exemplu, după fierberea unui volum de apă, a fost observată formarea unui precipitat alb. Folosind informațiile teoretice acumulate anterior, se poate conchide că, prin această operație, în apa supusă fierberii au fost detectați ioni a căror prezență condiționează duritatea temporară a apei. Aceștia pot fi Ca^{2+} , Mg^{2+} și HCO_3^- . Etapa de identificare are menirea să stabilească ce cationi sunt prezenți în apă: ambii sau doar unul dintre ei. Prin reacții de identificare se stabilește compoziția concretă.



Sarcini imediate

Prezența căror ioni în apă cauzează duritatea temporară a acesteia? Ce transformări au loc la fierberea apei dure?



Chimia analitică cantitativă oferă informații despre conținutul cantitativ al componentei într-un sistem și răspunde la întrebarea „Ce cantitate de componentă conține acest sistem?”.

Sarcina principală a chimiei analitice este de a determina din ce este format sistemul sau obiectul analizat și ce cantități de componente conține.

5.1.1. Reacțiile analitice



Reacțiile chimice folosite în scopul identificării, detectării, separării, mascării sau determinării unei componente (elemente, ioni, molecule etc.) din sistemul analizat sunt numite *reacții analitice*.

În condițiile reacției analitice, au loc următoarele procese: schimbarea culorii, formarea unui precipitat, eliminarea unui gaz. Aceste modificări, ce pot fi observate cu ochiul liber sau înregistrate cu ajutorul unor aparate, reprezintă așa-numitul *semnal analitic*. Astfel, semnalul analitic este purtătorul informației despre compoziția calitativă și cantitativă a sistemului analizat.

Sunt cunoscute diferite metode de înregistrare a semnalului analitic. Spre exemplu, schimbarea culorii indicatorilor acido-bazici la concentrații diferite ale ionilor de hidrogen sau apariția nuanței roșii la tratarea unei sări de fier (III) cu sulfocianură de potasiu pot fi observate cu ochiul liber. În metodele instrumentale semnalul analitic se înregistrează cu ajutorul anumitor aparate (instrumente). În soluțiile colorate, modificarea mediului unui sistem poate fi înregistrată cu ajutorul unui electrod de sticlă.

Posibilitatea de a înregistra semnalul analitic este determinată de *sensibilitatea reacției analitice*. Întrucât intensitatea semnalului analitic depinde de concentrația componentului, este firesc că, odată cu micșorarea acesteia, se va micșora și intensitatea semnalului. Cel mai mic conținut al componentei ce trebuie determinată, care mai provoacă un semnal analitic detectabil prin metoda dată, se numește *limită de detecție*. Cu cât este mai mică limita de detecție, cu atât reacția analitică este mai sensibilă.



Posibilitatea apariției semnalului analitic depinde de concentrația componentei analizate și de sensibilitatea reacției.

O altă caracteristică a reacției analitice și, prin urmare, a semnalului analitic este *selectivitatea*. Semnale analitice asemănătoare pot fi înregistrate în urma reacțiilor analitice ale mai multor specii. De exemplu, în cazul tratării clorurii de bariu și a clorurii de calciu cu acid sulfuric în concentrații superioare limitei de detecție, semnalele analitice sunt asemănătoare pentru ambii ioni de Ba^{2+} și de Ca^{2+} . Am putea extinde acest grup, dacă am încerca aceeași experiență cu ioni de stronțiu sau de plumb. În asemenea caz, reacția analitică *nu este selectivă*. Unul și același semnal analitic este manifestat nu de un singur ion, ci de o grupă de ioni. O asemenea reacție (sau un asemenea semnal) nu este selectivă și este calificată ca *reacție analitică pentru o grupă de ioni*.

În cazul în care reacția analitică se desfășoară cu participarea unei singure specii de ioni, ea este selectivă și se numește *reacție analitică specifică*. Colorația roșie a soluției în reacția de identificare a fierului apare numai atunci când soluția de Fe^{3+} este tratată cu ioni SCN^- . Această reacție este selectivă. Ea nu poate fi confundată cu altele. Selectivitatea unei reacții analitice este, prin urmare, un parametru invers proporțional numărului de ioni care provoacă același semnal analitic. Ionii care manifestă un semnal analitic analog cu cel al ionului studiat sunt calificați ca *specii care împiedică analiza, ioni jenanți sau ioni care prezintă interferențe*.

Reacțiile analitice care se efectuează cu scopul identificării unei specii ionice în amestecul analizat se numesc *reacții de identificare*. În cazul acestora este important ca ele să fie selective, să aibă sensibilitate înaltă, să decurgă rapid, iar semnalul analitic ușor de observat.

Pentru reacțiile de separare este important ca ele să se desfășoare cât mai complet posibil.

În practica analitică, cele mai des aplicate sunt reacțiile de formare a compușilor foarte puțin solubili (precipitate cristaline, amorse sau gelatinoase de anumită culoare) care duc la schimbarea culorii soluției sau sunt însoțite de degajarea unui gaz.

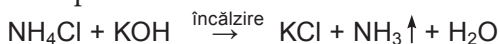
5.1.2. Reactivi analitici



Substanța care, fiind adăugată la sistemul analizat, declanșează reacția analitică se numește *reactiv analitic*.

Natura reactivilor analitici este foarte variată. Acidul sulfuric, care formează cu ionii de Ba^{2+} și Ca^{2+} precipitate albe, și sulfocianura de potasiu, care formează cu ionii de Fe^{3+} un compus de culoare roșie, pot fi considerați drept reactivi analitici.

Există *reactivi analitici de grupă* și *reactivi analitici selectivi* sau *specfici*. Această clasificare se face în conformitate cu caracterul reacției analitice provocate de reactivul dat. Unul și același reactiv poate să-și schimbe caracterul în funcție de ionul analizat. Hidroxidul de potasiu este un reactiv specific pentru identificarea ionului de amoniu:



În același timp, el este și un reactiv comun pentru ionii Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} . Din soluțiile acestor ioni, la tratarea cu KOH, se precipită hidroxizii respectivi.

Reactivii selectivi interacționează cu un număr redus de specii ionice. Cu cât numărul de specii ionice cu care interacționează reactivul analitic este mai mic, cu atât acesta are o selectivitate mai înaltă.

Reactivii specifici interacționează cu un singur ion, generând semnalul analitic respectiv, și sunt folosiți preponderent pentru identificarea ionilor.

Reactivii comuni interacționează cu mai multe specii ionice însoțite de semnale analitice asemănătoare. Reactivii comuni care se folosesc pentru separarea unei grupe de ioni dintr-un amestec se numesc *reactivi de grupă*, iar grupa de ioni – *grupă analitică*.

Reactivii de grupă se folosesc pentru:

- detectarea prezenței ionilor din grupa analitică dată;
- separarea ionilor din grupa analitică dată în timpul analizei sistematice;
- preconcentrarea urmelor de specii respective;
- separarea ionilor care împiedică identificarea altor ioni.

Numărul reacțiilor și reactivilor selectivi este foarte redus, de aceea, în practică, se aplică procedee speciale pentru a înlătura sau a reduce influența componentelor jenante:

- înlăturarea prin separare a componentei ce prezintă interferențe (de exemplu, precipitarea sau extracția);
- înlăturarea (suprimarea) influenței jenante a componentei în interiorul aceluiași sistem (prin mascare).

Mascarea este procesul de trecere a componentelor jenante într-o formă chimică, care nu va interacționa cu reactivul analitic în cauză. Printre acestea pot fi remarcate reacțiile de schimbare a numărului de oxidare.

1. Explicați aria de cercetare a chimiei analitice.
2. Formulați scopul unei analize chimice.
3. Prin ce se deosebește analiza calitativă de analiza cantitativă?
4. Identificați esența semnalului analitic. Ce modalități de înregistrare a semnalului analitic cunoașteți?
5. Caracterizați specificul unei reacții analitice.
6. Ce sunt reactivii analitici de grupă? Dați exemple.
7. Care este diferența dintre reactivii specifici și reactivii de grupă?
8. Explicați ce este limita de detecție a unei reacții analitice.
9. Comparați noțiunile *detectare* și *identificare*.
10. Formulați cerințele pentru reacțiile analitice.
11. Explicați de ce, pentru efectuarea unor reacții analitice, sistemele reactante sunt încălzite.
12. Determinați cauza depunerii calcarului pe pereții vaselor în care se fierbe apa potabilă.

5.2. Soluțiile – mediu de realizare a analizei chimice

5.2.1. Caracteristica generală și clasificarea soluțiilor



Soluțiile sunt sisteme chimice omogene, monofazice, cu compoziție variabilă, formate din două sau mai multe substanțe și produsele interacțiunii lor. Compoziția soluțiilor poate fi modificată în anumite limite, fără a perturba uniformitatea.



Noțiuni-cheie

- Solut
- Solvent
- Soluție saturată
- Soluție nesaturată
- Partea de masă a substanței dizolvate
- Concentrație molară

Soluțiile au un rol important în diferite domenii ale activității umane datorită unei game largi de aplicații. Acestea sunt utilizate în chimia analitică pentru efectuarea diverselor analize și măsurători. De exemplu, soluțiile sunt utilizate în metodele de analiză titrimetrică, spectrofotometrică, electrochimică, pentru a determina conținutul componentelor în probele analizate. Multe reacții se desfășoară în soluții, deoarece numai în așa condiții reactanții interacționează cu formarea produselor preconizate. Soluțiile sunt folosite în sinteza chimică pentru prepararea și amestecarea reactivilor. Acest lucru permite efectuarea dirijată a reacțiilor și obținerea produselor dorite. Soluțiile mai pot fi utilizate pentru izolarea și purificarea produselor de sinteză. Acestea se folosesc pe scară largă în industria farmaceutică, la producerea diverselor medicamente, cum ar fi injecțiile, picăturile pentru ochi sau spray-urile nazale. Soluțiile pot fi utilizate și în procesele de purificare a aerului, apei, la producerea îngrășămintelor, produselor alimentare și multe altele.

Soluțiile se obțin la dizolvarea substanțelor în solvenți, de aceea capacitatea substanțelor de a se dizolva joacă un rol important la prepararea soluțiilor. Această proprietate se numește *solubilitate* și depinde de proprietățile chimice ale solutului și solventului. Solubilitatea este influențată de temperatură, iar în cazul substanțelor gazoase, și de presiune. Unele substanțe au o solubilitate relativ mare, în timp ce altele pot fi solubile în mod limitat sau practic insolubile.

Soluțiile se clasifică după câteva criterii:

- După starea de agregare – *gazoase* (amestec de gaze), pot fi amestecate la presiuni nu prea mari în orice raport, indiferent de natura lor chimică; *lichide* (dizolvarea unui lichid în altul sau dizolvarea unui gaz sau a unui solid într-un anumit lichid); *solide* (sisteme omogene formate din două sau mai multe componente solide).

S arcini imediate

Dați exemple de soluții de lichide în lichide, de gaze în lichide, de substanțe solide în lichide, de substanțe solide în solide.

- După saturabilitate – *nesaturate* (în care se mai poate dizolva o cantitate oarecare de solut); *saturate* (în care este dizolvată cantitatea maximă de solut în condițiile date); *suprasaturate* (la micșorarea bruscă sau foarte lentă a temperaturii unor soluții saturate nu are loc precipitarea imediată a solutului și astfel cantitatea de solut dizolvată depășește cantitatea maximă posibilă în condițiile date și astfel de soluții sunt suprasaturate. Aceste soluții nu sunt stabile. Dacă în acestea se introduce un cristal sau se agită, cantitatea de solut care depășește solubilitatea se precipită).



Soluția în care nu mai poate fi dizolvată nici cea mai neînsemnată cantitate de solut în condițiile date se consideră *soluție saturată*.



Soluțiile care conțin substanțe dizolvate în cantități mai mici decât admite solubilitatea acestora în condițiile date se consideră soluții *nesaturate*.

- După concentrație – *diluate* (soluțiile conțin o cantitate foarte mică de solut dizolvat în comparație cu cantitatea de solvent); *concentrate* (soluțiile conțin o cantitate de solut dizolvată comparabilă cu cantitatea de solvent).
- După tipul de solvent – *apoase* (solventul este apă); – *neapoase* (solventul este de natură organică – alcool, acetonă, benzen, toluen). În unele cazuri, se folosesc soluții cu solvent mixt apă-alcool etilic, apă-acetonă etc. pentru a îmbunătăți solubilitatea substanțelor.
- În funcție de prezența sau absența disocierii electrolitice, deosebim *soluții de electroliti* și de *neelectroliti*. În soluțiile electrolitilor, aceștia disociază în ioni. Drept exemplu pot servi soluțiile de KNO_3 , HCl , KOH , Ca(OH)_2 etc. Conductibilitatea electrică a soluțiilor de electroliti este mai mare decât cea a solventului.

Soluțiile neelectrolitilor sunt soluțiile substanțelor care practic nu disociază în apă. De exemplu, soluțiile de zaharoză, glucoză, uree, glicerol. Conductibilitatea electrică a soluțiilor neelectrolitilor diferă foarte puțin de cea a solventului.

- În funcție de mărimea particulelor substanței dizolvate, distingem soluții *adevărate (ideale)*, în care dimensiunea particulelor dizolvate este mai mică de 1 nm, și soluții *coloidale*, cu dimensiuni ale particulelor de la 1 la 100 nm.

Soluțiile au un șir de proprietăți caracteristice care le determină comportamentul și influențează utilizarea lor în procesele chimice. Cele mai multe soluții incolore sunt transparente, ceea ce înseamnă că lumina trece prin ele fără slăbirea semnificativă a intensității. Soluțiile electrolitilor conduc curentul electric datorită prezenței în ele a ionilor, care se pot deplasa sub influența unui câmp electric. Soluțiile neelectrolitilor nu conduc curentul electric.

Soluțiile posedă conductibilitate termică datorată mișcării moleculelor de solvent și a particulelor substanțelor dizolvate, ceea ce duce la transferul de energie de la părțile soluției cu temperatura mai mare la părțile soluției cu temperatura mai joasă.

Soluțiile au densitate proprie, care depinde de concentrația substanței dizolvate și a solventului. Densitatea unei soluții poate fi mai mare sau mai mică decât densitatea solventului, în funcție de compoziția chimică a soluției.

Acestea sunt doar câteva dintre proprietățile de bază ale soluțiilor. Studiul acestor proprietăți ajută la înțelegerea comportamentului soluțiilor și la aplicarea lor în diverse procese chimice și la analiza chimică.

La efectuarea reacțiilor analitice, cu scopul detectării, identificării sau determinării calitative și cantitative a unei specii chimice, este important să se cunoască în ce formă se află aceasta în soluția studiată; în formă moleculară sau ionică și să se utilizeze reacțiile caracteristice acestor forme ale speciei analizate.

Pentru evaluarea mai exactă a conținutului substanței dizolvate într-o soluție, se folosește noțiunea de *concentrație*.

5.2.2. Metode cantitative de exprimare a compoziției soluțiilor



Compoziția unei soluții este expresia numerică ce arată conținutul substanței dizolvate într-un anumit volum, o anumită masă/cantitate de soluție sau solvent.

Modalitățile de exprimare a compoziției și concentrației soluțiilor sunt variate și depind de domeniul în care se aplică și de scopul urmărit. Mai des, compoziția soluțiilor se exprimă prin partea de masă a substanței dizolvate, iar concentrația lor – prin cantitatea de substanță, exprimată în moli, care se conține într-un litru de soluție.

Partea de masă a substanței dizolvate, exprimată în procente, reprezintă masa solutului care se conține în 100 g de soluție și se notează prin ω . Pentru calcularea părții de masă a substanței dizolvate, se folosește relația:

$$\omega(X), \% = \frac{m(X)}{m_{sol.}} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

în care $m(X)$ este masa substanței dizolvate (g) și $m_{sol.}$ – masa soluției, exprimate în grame. Masa soluției reprezintă suma maselor solutului și a solventului.

$$m_{sol.} = m(X) + m_{solvent} \quad (5.2)$$

Deseori însă masa solventului nu este cunoscută, dar sunt cunoscute volumul și densitatea soluției. În aceste cazuri, masa soluției poate fi calculată din relația:

$$m_{sol.} = V_{sol.} \cdot \rho \quad (5.3)$$

unde ρ este densitatea soluției exprimată în g/mL, iar $V_{sol.}$ – volumul ei (mL).

Atunci:

$$m_{(solv.)} = V_{(sol.)} \cdot \rho - m(X)$$

Conținutul substanței dizolvate într-o soluție poate fi exprimat prin *concentrație molară*, care se notează prin C_M și reprezintă cantitatea (numărul de moli) de substanță ce se conține într-un litru de soluție. Calcularea concentrației molare a unei soluții poate fi efectuată folosind relația matematică:

$$C_M(X) = \frac{v(X), \text{ mol}}{V_{sol.}, \text{ L}} \quad (5.4)$$

unde $v(X)$ este cantitatea de substanță (mol), care se află în volumul $V_{sol.}$ de soluție, exprimat în litri. Concentrația molară se exprimă în mol/L.

Dacă masa substanței dizolvate se exprimă în grame, atunci concentrația molară poate fi calculată conform ecuației:

$$C_M(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{sol.} \cdot L} \quad (5.5)$$

unde $m(X)$ este masa substanței (g) dizolvate în volumul $V_{sol.}$ de soluție (L), iar $M(X)$ – masa molară a substanței X (g/mol).

Soluțiile care conțin 1 mol de substanță dizolvată într-un litru de soluție se numesc soluții *molare*, iar cele care, într-un litru, conțin 0,1, 0,01, 0,001 mol sunt numite, respectiv,

decimolare, centimolare și milimolare. Soluțiile cu astfel de concentrații sunt utilizate mai frecvent în practica de laborator și în analiza chimică.

Exemplu: Calculați concentrația molară a clorurii de calciu în soluția preparată prin dizolvarea unei mase de CaCl_2 , egală cu 2,7745 g, în 250 mL de soluție.

Rezolvare: Pentru calcule, se folosește formula (5.5). Masa molară a clorurii de calciu $M(\text{CaCl}_2) = 110,98 \text{ g/mol}$. Volumul soluției preparate, exprimat în litri, alcătuiește 0,25 L. Prin urmare:

$$C_M(\text{CaCl}_2) = \frac{2,7745 \text{ g}}{110,98 \text{ g/mol} \cdot 0,25 \text{ L}} = 0,10 \text{ mol/L}$$



****Titul** soluției (T) arată câte grame de substanță sunt dizolvate într-un mililitru de soluție, se exprimă în g/mL și se notează cu patru cifre semnificative după virgulă.

$$T(X) = \frac{m(X), \text{ g}}{V(\text{sol.}) \text{ mL}}$$

Deseori, în calcule, sunt necesare treceri de la o modalitate de exprimare a compoziției soluțiilor la alta. În tabelul care urmează, sunt prezentate corelațiile dintre diferite tipuri de compoziții și formulele de recalculare a acestora.

Tabelul 5.1. **Formulele de recalculare a compoziției soluțiilor**

Modalitatea necesară de exprimare a conținutului substanței (X) dizolvate	Modalitatea cunoscută de exprimare a conținutului substanței dizolvate			
	Partea de masă $\omega(X)$, %	Concentrația molară $C_M(X)$, mol/L	**Concentrația molară a echivalentului $C_M(f \cdot X) = C_N(X)$, mol/L	**Titul $T(X)$, g/mL
Partea de masă, $\omega(X)$, %	—	$\frac{C_M(X) \cdot M(X)}{10 \cdot \rho}$	$\frac{C_M(f \cdot X) \cdot M(fX)}{10 \cdot \rho}$	$\frac{T(X) \cdot 100}{\rho}$
Concentrația molară $C_M(X)$, mol/L	$\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega(X)}{M(X)}$	—	$C_M(fX) \cdot f$	$\frac{T(X) \cdot 1000}{M(X)}$
**Concentrația molară a echivalentului $C_N = C_M(f \cdot X)$, mol/L	$\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega(X)}{M(fX)}$	$\frac{C_M(X)}{f(X)}$	—	$\frac{T(X) \cdot 1000}{M(fX)}$
**Titul $T(X)$, g/mL	$\frac{\rho \cdot \omega(X)}{100}$	$\frac{C_M(X) \cdot M(X)}{1000}$	$\frac{C_M M(fX) \cdot M(fX)}{1000}$	—

5.2.3. Prepararea soluțiilor

Prepararea soluțiilor este o activitate experimentală care are o mare importanță în chimia analitică, deoarece corectitudinea preparării soluțiilor influențează în mare măsură rezultatele analizelor efectuate.

Se folosesc câteva modalități de preparare a soluțiilor:

- prin dizolvarea unei mase cunoscute de substanță chimică într-o masă sau volum de solvent (dizolvant);

- prin diluția cu solvent a unei mase sau volum de soluție cu partea de masă sau concentrația cunoscută pentru a obține o soluție cu partea de masă sau concentrația mai mică;
- prin amestecarea anumitor volume sau mase a două soluții a aceleiași substanțe cu concentrații diferite pentru a obține o soluție cu concentrația intermediară.

Pentru prepararea soluțiilor cu o anumită parte de masă a substanței dizolvate este necesar să se cunoască densitatea solventului (g/mL), formula moleculară a substanței în stare solidă, masa soluției și partea de masă a substanței dizolvate în soluție.

În practica de laborator, masa solventului și masa soluției nu se stabilesc prin cântărire, ci se determină în cazul în care sunt cunoscute volumul în mL și densitatea în g/mL ale acestora:

$$m(g) = V(\text{mL}) \cdot \rho(\text{g/mL})$$

Prin cântărire la balanța analitică sau de laborator, se determină doar masele substanțelor solide.

Masa substanței necesare pentru prepararea unei soluții cu o anumită parte de masă se determină cu relația:

$$m(X), \text{ g} = \frac{\omega(X), \% \cdot m_{(\text{sol.})}, \text{ g}}{100\%}$$

După aceasta se determină masa solventului:

$$m_{(\text{solvent})}, \text{ g} = m_{(\text{sol.})} - m(X)$$

și apoi se determină volumul solventului:

$$V_{(\text{solvent})}, \text{ mL} = \frac{m_{(\text{solvent})}, \text{ g}}{\rho_{(\text{solvent})}, \text{ g/mL}}$$

Densitatea apei este considerată egală cu 1 g/cm³ (1 g/mL). Solvenții organici pot avea densitatea diferită de 1 g/mL.

Partea de masă a substanțelor dizolvate în soluții de regulă se exprimă cu exactitatea de sutimi de procent (două cifre după virgulă, ultima fiind rotunjită).

Dacă substanța solidă reprezintă un cristalohidrat, atunci la efectuarea calculelor se ține cont de compoziția acestuia.

****Exemplul 1.** Determinați volumul apei și masa sulfatului de cupru (II) pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) necesare pentru prepararea a 500 g de soluție cu partea de masă a CuSO_4 egală cu 12,5%.

Se dă:

$$m_{(\text{sol.})} = 500 \text{ g}$$

$$\omega(\text{CuSO}_4) = 12,5\%$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}), \text{ g} - ?$$

$$V(\text{H}_2\text{O}), \text{ mL} - ?$$

Rezolvare:

Se determină masa sulfatului de cupru (II) CuSO_4 care se conține în 500 g de soluție de 12,5%.

$$m(\text{CuSO}_4), \text{ g} = 500 \text{ g} \cdot \frac{12,5\%}{100\%} = 62,50 \text{ g.}$$

Se determină masele molare a CuSO_4 și $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ g/mol}; M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ g/mol.}$$

Deoarece într-un mol de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se conține un mol de CuSO_4 , se determină masa cristalohidratului în care se conțin 62,5 g de CuSO_4 :

$$\text{În } 250 \text{ g } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots 160 \text{ g } \text{CuSO}_4$$

$$\times \text{ g } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots 62,5 \text{ g } \text{CuSO}_4.$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}), \text{ g} = \frac{250 \text{ g} \cdot 62,50 \text{ g}}{160 \text{ g}} = 97,66 \text{ g.}$$

Cunoscând masa cristalohidratului, se determină masa apei:

$$m_{(\text{H}_2\text{O})} = m_{(\text{sol.})} - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 500 - 97,66 = 402,34 \text{ g.}$$

Se determină volumul apei:

$$V_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{(\text{H}_2\text{O})}, \text{ g}}{\rho_{(\text{H}_2\text{O})}, \text{ g/mL}} = \frac{402,34 \text{ g}}{1 \text{ g/mL}} = 402,34 \text{ mL.}$$

Răspuns: $V(\text{H}_2\text{O}) = 402,34 \text{ mL}$; $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 97,66 \text{ g.}$

La prepararea soluțiilor cu concentrația exprimată în mol/L, este necesar să se cunoască volumul soluției în L, concentrația molară (mol/L) și masa molară a substanței care urmează a fi dizolvată. Apoi se determină cantitatea de substanță (mol) necesară:

$$v(\text{X}) \text{ mol} = C(\text{X}), \text{ mol/L} \cdot V_{(\text{sol.})}, \text{ L}$$

Masa substanței, cantitatea căreia a fost determinată, se calculează cu formula:

$$m(\text{X}), \text{ g} = v(\text{X}), \text{ mol} \cdot M(\text{X}), \text{ g/mol}$$

În cazul cristalohidraților, într-un mol de cristalohidrat se conține un mol de substanță anhidră, de aceea la calcule se folosește masa molară a cristalohidratului. Proba de substanță cântărită se trece cantitativ în vasul cu volumul respectiv, se adaugă apă circa 2/3 din volumul vasului și se agită până la dizolvarea totală a substanței. Apoi la soluție se adaugă solvent până la volumul dat.

În analiza chimică deseori se prepară soluții prin diluția soluțiilor mai concentrate. În astfel de cazuri, algoritmul calculelor se bazează pe legea diluției.

Exemplul 2. Determinați ce volum de soluție de acid sulfuric cu partea de masă 15% și densitatea 1,12 g/mL trebuie diluat cu apă pentru a prepara 300 g de soluție de acid sulfuric cu partea de masă 8%. Ce volum de apă este necesar și ce densitate are soluția preparată?

Se dă:

$$\begin{aligned} m_{2(\text{sol.})} &= 300 \text{ g} \\ \omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 8\% \\ \omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 15\% \\ \rho_1(\text{sol.}) &= 1,12 \text{ g/mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1(\text{sol.})}, \text{ mL} &- ? \\ V(\text{H}_2\text{O}), \text{ mL} &- ? \\ \rho_{2(\text{sol.})}, \text{ g/mL} &- ? \end{aligned}$$

Rezolvare:

Se determină masa acidului sulfuric care se conține în 300 g de soluție de 8%:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 300 \text{ g} \cdot \frac{8\%}{100\%} = 24 \text{ g.}$$

Se determină în ce masă de soluție cu partea de masă 15% se conțin 24 g de acid sulfuric.

$$24 \text{ g} = m_{1(\text{sol.})}, \text{ g} \cdot \frac{15\%}{100\%};$$

$$m_{1(\text{sol.})} = 24 \text{ g} \cdot \frac{100\%}{15\%} = 160 \text{ g.}$$

Se determină volumul soluției de acid sulfuric cu masa 160 g.

$$V_{1(\text{sol.})} = \frac{160 \text{ g}}{1,12 \text{ g/mL}} = 142,86 \text{ mL}$$

Se determină masa și volumul apei care trebuie adăugată la 160 g de soluție de H_2SO_4 de 15%.

$$m_{(\text{H}_2\text{O})} = m_{2(\text{sol.})} - m_{1(\text{sol.})} = 300 \text{ g} - 160 \text{ g} = 140 \text{ g.}$$

$$V_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{(\text{H}_2\text{O})}, \text{ g}}{1 \text{ g/mL}} = \frac{140 \text{ g}}{1 \text{ g/mL}} = 140 \text{ mL.}$$

Se determină volumul soluției preparate după adăugarea apei la 160 g de soluție de H_2SO_4 de 15%.

$$V_{2(\text{sol.})} = V_{1(\text{sol.})} + V_{(\text{H}_2\text{O})} = 142,86 \text{ mL} + 140 \text{ mL} = 282,86 \text{ mL}$$

Se determină densitatea soluției preparate de H_2SO_4 .

$$\rho_{2(\text{sol.})} = \frac{m_{2(\text{sol.})}, \text{ g}}{V_{2(\text{sol.})}, \text{ mL}} = \frac{300 \text{ g}}{282,86 \text{ mL}} = 1,06 \text{ g/mL}$$

Răspuns: $V_{(\text{sol.})}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 142,86 \text{ mL}$; $V(\text{H}_2\text{O}) = 140 \text{ mL}$; $\rho_{(\text{sol.})} = 1,06 \text{ g/mL}$.

Astfel, pentru a prepara 300 g de soluție cu partea de masă de 8% a acidului sulfuric este necesar să se dilueze 142,86 mL soluție de acid sulfuric de 15% cu 140 mL de apă, obținându-se o soluție cu densitatea 1,06 g.

Atenție! La diluarea soluțiilor acidului sulfuric cu partea de masă mai mică de 20% se admite adăugarea apei la acid.

La amestecarea a două soluții cu părțile de masă sau concentrațiile molare și masele sau volumele cunoscute se obține o soluție cu partea de masă sau concentrația molară intermediară. Există mai multe modalități de efectuare a calculelor în astfel de cazuri, algoritmul fiind același.

Exemplul 3. Determinați partea de masă a substanței din soluția obținută la amestecarea a 200 g de soluție de hidroxid de potasiu cu partea de masă 15% și 300 g de soluție de hidroxid de potasiu cu partea de masă 25%.

Se dă:

$$m_{1(\text{sol.})} = 200 \text{ g}$$

$$\omega_1\%(\text{KOH}) = 15\%$$

$$m_{2(\text{sol.})} = 300 \text{ g}$$

$$\omega_2\%(\text{KOH}) = 25\%$$

$$\omega_3\%(\text{KOH}) - ?$$

Rezolvare:

Se determină suma maselor KOH în ambele soluții.

$$m_1(\text{KOH}) = 200 \text{ g} \cdot \frac{15\%}{100\%} = 30 \text{ g};$$

$$m_2(\text{KOH}) = 300 \text{ g} \cdot \frac{25\%}{100\%} = 75 \text{ g};$$

$$m_3(\text{KOH}) = m_1(\text{KOH}) + m_2(\text{KOH}) = 30 \text{ g} + 75 \text{ g} = 105 \text{ g}.$$

Se determină masa soluției preparate.

$$m_{3(\text{sol.})} = m_{1(\text{sol.})} + m_{2(\text{sol.})} = 200 \text{ g} + 300 \text{ g} = 500 \text{ g}.$$

Se determină partea de masă a hidroxidului de potasiu în soluția preparată:

$$\omega_3\%(\text{KOH}) = \frac{105 \text{ g}}{500 \text{ g}} \cdot 100\% = 21\%.$$

Răspuns: $\omega(\text{KOH}) = 21\%$.

La diluarea soluțiilor cu concentrația exprimată în mol/L, pentru efectuarea calculelor se folosește legea diluției.

$$C_1(X) \cdot V_1(X) = C_2(X) \cdot V_2(X)$$

Exemplul 4. Determinați concentrația molară a soluției preparate prin amestecarea a 500 mL soluție de acid clorhidric, cu concentrația molară 0,24 mol/L, cu 300 mL de soluție de HCl, cu concentrația 0,80 mol/L.

Se dă:

$$V_{1(\text{sol.})} = 500 \text{ mL}$$

$$C_1(\text{HCl}) = 0,24 \text{ mol/L}$$

$$V_{2(\text{sol.})} = 300 \text{ mL}$$

$$C_2(\text{HCl}) = 0,80 \text{ mol/L}$$

$$C_3(\text{HCl}) - ?$$

Rezolvare:

Conform legii diluției:

$$v_3(\text{HCl}), \text{ mol} = v_1(\text{HCl}), \text{ mol} + v_2(\text{HCl}), \text{ mol}$$

$$v(X), \text{ mol} = C(X), \text{ mol/L} \cdot V(X), \text{ L}$$

Volumul în această ecuație poate fi exprimat și în alte unități de măsură, dar în ambele părți ale ecuației în mod similar.

Volumul soluției preparate este $500 \text{ mL} + 300 \text{ mL} = 800 \text{ mL} = 0,8 \text{ L}$

Se notează $C_3(\text{HCl})$ cu X .

$$0,24 \text{ mol/L} \cdot 0,5 \text{ L} + 0,80 \text{ mol/L} \cdot 0,3 \text{ L} = 0,8 \text{ L} \cdot X$$

$$0,12 + 0,24 = 0,8X$$

$$X = \frac{0,36 \text{ mol}}{0,8 \text{ L}} = 0,45 \text{ (mol/L)}$$

Răspuns: $C_M(\text{HCl}) = 0,45 \text{ mol/L}$.

Exemplul 5. Determinați ce volum de soluție de acid acetic, cu concentrația molară 5 mol/L, trebuie amestecat cu 1,5 L soluție de acid acetic, cu concentrația 0,2 mol/L, pentru a obține o soluție cu concentrația acidului acetic 0,8 mol/L.

Se dă:

$$V_{1(\text{sol.})} = 1,5 \text{ L}$$

$$C_1(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,2 \text{ mol/L}$$

$$C_2(\text{CH}_3\text{COOH}) = 5,0 \text{ mol/L}$$

$$C_3(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,80 \text{ mol/L}$$

$$V_{2(\text{sol.})}, \text{ mL} - ?$$

Rezolvare:

Se notează volumul soluției doi cu X și se introduce în expresia legii diluției:

$$0,2 \text{ mol/L} \cdot 1,5 \text{ L} + 5 \text{ mol/L} \cdot XL = (1,5 + X) 0,8 \text{ mol/L}$$

$$0,3 \text{ mol} + (5 \cdot X) = 1,2 + 0,8X$$

$$0,3 + 5X - 1,2 - 0,8X = 0$$

$$-4,2X = -0,9$$

$$X = 0,2143 \text{ L} = 214,30 \text{ mL}$$

Volumul soluției de acid acetic care trebuie adăugat este 214,30 mL.

Răspuns: $V_{V_2(\text{sol.})} = 214,30 \text{ mL}$.

În unele cazuri, este necesar să se prepare o soluție cu concentrația mai mare dintr-o soluție cu concentrația mai mică prin dizolvare în ultima a substanței solide. Dacă masa substanței care trebuie adăugată nu este mai mare de circa 20 g la 1 L de soluție, atunci se consideră că volumul soluției nu se mărește la dizolvarea substanței. Aceasta va mări doar masa soluției.

Exemplul 6. Determinați ce masă de hidroxid de sodiu trebuie adăugată la 500 mL de soluție de NaOH cu concentrația molară 0,15 mol/L pentru a obține o soluție cu concentrația molară 0,25 mol/L.

Se dă:

$$V_{1(\text{sol.})} = 500 \text{ mL}$$

$$C_1(\text{NaOH}) = 0,15 \text{ mol/L}$$

$$C_2(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ mol/L}$$

$$m(\text{NaOH}) - ?$$

Rezolvare:

Se determină cantitățile de substanță de NaOH care se conțin în 500 mL de soluție de 0,15 mol/L și de 0,25 mol/L.

$$v_1(\text{NaOH}), \text{ mol} = 0,15 \text{ mol/L} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,075 \text{ mol}$$

$$v_2(\text{NaOH}), \text{ mol} = 0,25 \text{ mol/L} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,125 \text{ mol}$$

Se determină cantitatea și, respectiv, masa de NaOH care trebuie adăugată la soluția inițială:

$$v_3(\text{NaOH}), \text{ mol} = v_2(\text{NaOH}), \text{ mol} - v_1(\text{NaOH}), \text{ mol} = 0,25 \text{ mol} - 0,075 \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = v(\text{NaOH}), \text{ mol} \cdot M(\text{NaOH}), \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,05 \text{ mol} \cdot 40 \text{ g/mol} = 2,00 \text{ g}$$

Răspuns: $m(\text{NaOH}) = 2,00 \text{ g}$.

****Exemplul 7.** Determinați ce masă de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ trebuie adăugată la 800 g de soluție cu partea de masă 12%, pentru a obține o soluție cu partea de masă 16%.

Se dă:

$$m_{1(\text{sol.})} = 800 \text{ g}$$

$$\omega_1(\text{CuSO}_4) = 12\%$$

$$\omega_2(\text{CuSO}_4) = 16\%$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}), \text{ g} - ?$$

Rezolvare:

Se determină masele molare a $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ și CuSO_4 .

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ g/mol}$$

Se notează masa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, care trebuie adăugată pentru a obține soluția preconizată cu X . Atunci masa CuSO_4 care se conține în X g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ este:

$$\text{în } 250 \text{ g } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ se conțin } 160 \text{ g } \text{CuSO}_4$$

$$X \text{ g } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ se vor conține } a \text{ g } \text{CuSO}_4$$

$$a = \frac{160x}{250} = 0,64X$$

Se determină masa sulfatului de cupru (II) care se conține în 800 g de soluție de 12%.

$$m_1(\text{CuSO}_4) = 800 \text{ g} \cdot \frac{12\%}{100\%} = 96 \text{ g}.$$

Se exprimă masa soluției și a CuSO_4 care se va obține la dizolvarea a X g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ în soluția inițială.

$$m(\text{CuSO}_4) = 96 \text{ g} + 0,64X \text{ g}$$

$$m_{2(\text{sol.})} = 800 \text{ g} + X \text{ g}$$

Se determină masa sulfatului de cupru pentahidrat, la dizolvarea căreia în soluția inițială se obține soluție de 16%.

$$16\% = \frac{96 \text{ g} + 0,64 \text{ g}}{800 + X} \cdot 100\%$$

$$X = 66,67 \text{ g}$$

Răspuns: $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 66,67 \text{ g}$.

Exactitatea cu care se calculează și se procesează masele și volumele soluțiilor este determinată de scopurile în care se folosesc soluțiile. De regulă, în analiza calitativă, concentrațiile soluțiilor se exprimă cu exactitatea de zecimi de procent (o cifră după virgulă).

În analiza cantitativă, concentrațiile molare se exprimă cu zecimi de miimi de mol/L (patru cifre după virgulă). Soluțiile cu concentrațiile exprimate în procente în analizele volumetrice nu se folosesc.

EVALUARE

1. Evidențiați caracteristicile unui sistem chimic omogen.
2. Numiți tipurile de soluții și arătați prin ce se deosebesc acestea.
3. Propuneți exemple de sisteme omogene gazoase, lichide, solide.
4. Formulați definiția soluției și numiți componentele ei.
5. Dați exemple de soluții saturate folosite în industria alimentară.
6. Numiți tipurile de soluții în funcție de starea lor de agregare și dați exemple.
7. Relevați deosebirile dintre soluțiile saturate și cele nesaturate.
8. Ce arată compoziția unei soluții și care sunt modalitățile uzuale de exprimare a acesteia?
9. Cunoscând formulele inițiale, deduceți formulele de calcul ale concentrațiilor indicate în tabelul 5.1, pagina 122.
- **10.** Calculați partea de masă a sulfatului de cupru în soluția obținută la dizolvarea probei de piatră-vânăță ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) cu masa 5,00 g în 95 mL de apă.
Răspuns: $\omega(\text{CuSO}_4) = 3,2\%$.
11. Determinați masa (g) clorurii de sodiu și volumul de apă necesare pentru a prepara 300 g de soluție cu partea de masă a substanței dizolvate de 25%.
Răspuns: $m(\text{NaCl}) = 75,00 \text{ g}$, $V(\text{H}_2\text{O}) = 225 \text{ mL}$.
12. Determinați ce masă (g) de HCl se conține în 200 mL de soluție cu partea de masă a substanței dizolvate 15% și densitatea 1,072 g/mL.
Răspuns: $m(\text{HCl}) = 32,16 \text{ g}$.
13. Calculați masa (g) de NaOH care trebuie adăugat la 100 g de soluție cu partea de masă a hidroxidului de sodiu egală cu 10% pentru a obține o soluție cu partea de masă a substanței dizolvate egală cu 20%.
Răspuns: $m(\text{NaOH}) = 12,50 \text{ g}$.
14. Calculați ce volum de apă trebuie adăugat la 100 mL de soluție de NaOH cu $C_M(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol/L}$ pentru a prepara o soluție cu concentrația molară a NaOH egală cu 0,05 mol/L.
Răspuns: $V(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ mL}$.
15. Determinați volumul de apă care trebuie adăugat la 2 000 g de soluție de acid fosforic cu partea de masă 40% și densitatea 1,25 g/mL pentru a prepara o soluție cu concentrația molară a H_3PO_4 egală cu 2,50 mol/L.
Răspuns: $V(\text{H}_2\text{O}) = 1665,32 \text{ mL}$.

16. Calculați partea de masă și concentrația molară a hidroxidului de sodiu în soluția care conține NaOH cu masa 4,00 g dizolvată într-un litru de soluție ($\rho_{\text{sol.}} = 1 \text{ g/mL}$).

Răspuns: $C_M(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$; $\omega(\text{NaOH}) = 0,4 \%$.

****17.** Calculați masa acidului sulfuric care se conține în 250 mL de soluție cu concentrația $C_M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4)$ egală cu 0,15 mol/L.

Răspuns: $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,8388 \text{ g}$.

****18.** Calculați ce volum de apă trebuie adăugat la 200 mL de soluție cu titrul $T(\text{KMnO}_4)$ 0,004741 g/mL pentru a obține o soluție cu $C_M(1/5\text{KMnO}_4)$ egală cu 0,0500 mol/L.

Răspuns: $V(\text{H}_2\text{O}) = 400 \text{ mL}$.

****19.** Calculați ce volum de soluție de acid oxalic cu concentrația normală 0,2000 mol/L trebuie adăugat la 500 mL de soluție a aceluiași acid cu concentrația molară 0,0250 mol/L pentru a prepara o soluție de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ cu $C_M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ egală cu 0,1000 mol/L.

Răspuns: $V_{(\text{sol.})}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 375 \text{ mL}$.

5.3. Disocierea electroliților în soluții

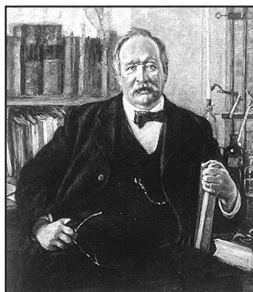
5.3.1. Procese ce au loc la dizolvarea substanțelor în apă

Fiind dizolvate în apă, substanțele chimice manifestă proprietăți diferite. De exemplu, unele substanțe (acizi, baze, săruri) formează soluții care conduc curentul electric.

Cauza apariției conductibilității electrice în soluțiile de acizi, de baze și de săruri a fost explicată de fizicianul și chimistul suedez Svante August Arrhenius, care a elaborat teoria disociației (disocierii) electrolitice. Conform acestei teorii, rețelele cristaline ionice și moleculele unor substanțe, în soluții, sub acțiunea moleculelor de solvent, se desfac în particule separate cu sarcini electrice, numite *ioni*. Acest fenomen se numește *disociație electrolitică*. Fiecare substanță formează, în timpul disocierii, două tipuri de ioni: cu sarcină pozitivă – *cationi* și cu sarcină negativă – *anioni*. În toate cazurile disociației electrolitice, suma sarcinilor ionilor care se obține în urma disociației este egală cu sarcina particulei supusă disociației. Soluția în întregime este electroneutră.



Substanțele chimice ale căror soluții apoase și topituri conduc curentul electric se numesc *electroliți*.



**SVANTE AUGUST
ARRHENIUS**

(1859-1927)

Fizician și chimist suedez. Autor al teoriei disociației electrolitice (1887). Premiul Nobel (1903).

Disociația electrolitică este un proces reversibil. Prin urmare, în soluția unui electrolit se pot găsi concomitent ioni și molecule nedisociate. Prezența ionilor în soluție condiționează conductibilitatea electrică a acesteia.

Există o serie de substanțe chimice care sunt solubile în apă, dar soluțiile lor nu conduc curentul electric (zahărul, alcoolul, glicerolul, ureea etc.). Asemenea substanțe se numesc *neelectroliți*.



Disociația electrolitică este procesul de desfacere a electroliților în ioni sub acțiunea moleculelor solventului sau în topituri.

Noțiuni-cheie

- Dizolvare
- Electrolit
- Electrolit tare
- Electrolit slab
- Disociație electrolitică
- Reacție de schimb ionic

În funcție de natura substanței și de concentrația ei, gradul de avansare a procesului de disociere poate fi diferit. În soluțiile diluate ale substanțelor cu legături ionice sau puternic polarizate, echilibrul în reacția de disociere este deplasat spre dreapta, adică aproape toate particulele din soluție sunt disociate în ioni (electroliții tari). În acest caz, se recomandă să se omită semnul reversibilității. Acest mod de scriere a ecuației nu neagă însă caracterul reversibil al procesului de disociere, dar indică o deplasare aproape totală a echilibrului spre dreapta:



În cazul substanțelor cu legături covalente slab polarizate, disociația este mai puțin avansată. Concomitent cu speciile ionice, în sistem este prezentă și o cantitate relativ mare de substanță în formă moleculară (electroliții slabi). În ecuația disociației, această situație este ilustrată prin semnul reversibilității.

În soluții apoase diluate, toți electroliții tari se consideră completamente disociați.

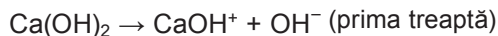
Acizii polibazici și bazele poliacide disociază în trepte. Acidul fosforic disociază după prima treaptă ca electrolit tare:



iar după următoarele două – ca electrolit slab:

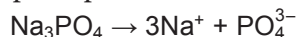


Și, respectiv, hidroxidul de calciu disociază ca electrolit tare după ambele trepte:



Procesul de disociere este mai slab după fiecare treaptă.

Sărurile solubile nu disociază pe trepte:



5.3.2. Concentrația ionilor în soluții

Fiind dizolvate în apă, unele substanțe rămân în soluție în formă de molecule, altele disociază în ioni.

Pentru neelectroliți, specia existentă în soluție este molecula hidratată. Numărul de molecule hidratate care se află în întregul volum al soluției este egal cu numărul de molecule luate pentru dizolvare. Concentrația speciei în soluție este egală cu concentrația molară a substanței dizolvate, care este numită *concentrație analitică*.

Clorura de sodiu NaCl în soluții diluate disociază totalmente în ioni: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$.

Deoarece la disocierea unui mol de sare se obține câte un mol de ioni de Na^+ și Cl^- , concentrațiile molare ale ionilor vor fi egale cu concentrația molară a sării. Astfel, concentrația molară a fiecăruia dintre ionii Cl^- și Na^+ este egală cu concentrația analitică a clorurii de sodiu.

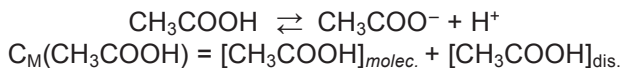
În cazul acidului sulfuric cu concentrația molară de 0,1 mol/L, la o disociere totală se va forma aceeași cantitate de ioni SO_4^{2-} și o cantitate dublă de ioni de hidrogen: $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$. Astfel, concentrația molară a ionilor de hidrogen, în cazul examinat, va fi de $(0,1 \cdot 2)$ mol/L, iar a ionului SO_4^{2-} – de 0,1 mol/L. Concentrația analitică a acidului sulfuric coincide cu valoarea concentrației molare a ionilor SO_4^{2-} , dar alcătuiește numai jumătate din concentrația molară a ionilor de hidrogen.

Pentru orice substanță K_nA_m totalmente disociată: $K_nA_m \rightarrow nK^{m+} + mA^{n-}$ concentrațiile molare ale cationului și anionului pot fi exprimate prin concentrația analitică a substanței în felul următor:

$$[K^{m+}] = nC_M(K_nA_m)$$

$$[A^{n-}] = mC_M(K_nA_m)$$

În soluțiile substanțelor parțial dissociabile există specii atât ionice, cât și moleculare. Într-o soluție de acid acetic sunt cationi de hidrogen, anioni de acetat, precum și molecule nedisociate de acid. Prin urmare, concentrația analitică a acidului acetic reprezintă suma concentrațiilor molare ale moleculelor disociate și ale celor nedisociate la echilibru:



Concentrațiile molare ale tuturor speciilor în soluție la echilibru se notează cu paranteze pătrate.

Pentru partea disociată $[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{dis.}}$, concentrația poate fi exprimată prin concentrația molară a ionilor respectivi, adică: $[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{dis.}} = [\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$
Prin urmare, concentrația analitică a acidului acetic poate fi exprimată prin concentrațiile speciilor în soluție în modul următor:

$$C_M(\text{CH}_3\text{COOH}) = [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{H}^+] \text{ sau}$$

$$C_M(\text{CH}_3\text{COOH}) = [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

Astfel, pentru determinarea cantitativă a unei substanțe nu este suficient să se determine conținutul unei singure forme a acesteia, fiindcă nu întotdeauna concentrația acestor forme este egală cu concentrația substanței. Este necesar să se cunoască toate formele care se obțin la dizolvarea substanței, corelația dintre concentrațiile lor și metodele de calculare a acestora.

5.3.3. Caracteristicile cantitative ale procesului de disociere electrolitică

Gradul de disociere electrolitică. În soluțiile electrolitilor slabi, substanța dizolvată nu se desface totalmente în ioni. O parte din aceasta este prezentă în formă de molecule nedisociate.



Raportul dintre numărul moleculelor disociate ale electrolitului și numărul total al moleculelor dizolvate se numește *grad de disociere electrolitică* (α):

$$\alpha = \frac{\text{Numărul de molecule disociate}}{\text{Numărul total de molecule dizolvate}} \quad (5.6)$$

De exemplu, dacă un litru de soluție conține 0,05 mol de acid acetic, dar au disociat în ioni numai 0,001 mol, atunci gradul de disociere va fi:

$$\alpha = 0,001/0,05 = 0,02$$

Prin urmare, în soluția dată au disociat în ioni numai 0,02 părți din toate moleculele dizolvate de acid acetic, iar 0,98 părți au rămas nedisociate.

Mai frecvent, gradul de disociere se exprimă în procente:

$$\alpha, (\%) = \frac{C_{(\text{disociate})}}{C_{(\text{totală})}} \cdot 100\% \quad (5.7)$$

Notiuni-cheie

- Electroliti slabi
- Grad de disociere
- Constantă de disociere
- Autodisocierea apei
- Produsul ionic al apei
- Indice de hidrogen

Pentru soluția 0,05 M de acid acetic, vom avea:

$$\alpha, (\%) = 0,001 / 0,05 \cdot 100\% = 2\%.$$

După capacitatea de a disocia în ioni, electroliții se împart în *electroliți tari* și *slabi*. Pentru electroliții tari, gradul de disociere tinde spre unitate, pentru cei slabi, tinde spre zero.

O altă clasificare împarte electroliții în trei grupe, în funcție de valoarea gradului de disociere. Electroliții care, în soluții cu concentrația $\sim 0,1$ mol/L, au gradul de disociere $\alpha \geq 0,3$ (30%) fac parte din grupa *electroliților tari*. Se consideră că electroliții tari se găsesc în soluții în formă totalmente disociată, deoarece numărul moleculelor disociate este mult mai mare în comparație cu cel al moleculelor nedisociate. Din această grupă fac parte unii acizi minerali (clorhidric, bromhidric, iodhidric, azotic, sulfuric, percloric ș.a.), alcalii (hidroxizii de sodiu, de potasiu, de bariu, de calciu) și majoritatea sărurilor solubile.

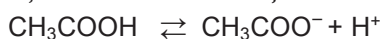
Electroliții cu gradul de disociere cuprins în intervalul $0,3 - 0,05$ ($30\% > \alpha > 5\%$) sunt considerați *electroliți medii*. Din această grupă fac parte acidul fosforic (valoarea medie a gradului de disociere după cele trei trepte), acidul sulfuros ș.a. Numărul de molecule disociate este comparabil cu cel al moleculelor nedisociate.

Din categoria *electroliților slabi* fac parte electroliții cu gradul de disociere mai mic de 0,05 ($\alpha < 5\%$). Această grupă include apa, acizii acetic, azotos, carbonic, sulfhidric, fluorhidric, cianhidric, hipocloros, boric, hidroxidul de amoniu etc.

Gradul de disociere este un număr abstract, ce depinde de natura substanței dizolvate, a solventului, de temperatură și de concentrație. Odată cu diluarea soluției, gradul de disociere electrolitică crește, apropiindu-se de unitate, iar odată cu creșterea concentrației, gradul de disociere se micșorează.

Când temperatura soluției unui electrolit slab crește, gradul de disociere electrolitică α se mărește, în cazul în care procesul de disociere este însoțit de absorbție de căldură. Dacă disocierea este însoțită de degajare de căldură α se micșorează.

****Constanta de disociere electrolitică.** Disocierea în ioni a moleculelor de electroliți slabi și medii în soluții este un proces reversibil, deplasat spre stânga. De exemplu, procesul de disociere a acidului acetic se desfășoară conform ecuației:



Aici, ca în orice proces reversibil, se stabilește un echilibru între concentrația moleculelor nedisociate ale acidului CH_3COOH și concentrațiile ionilor CH_3COO^- și H^+ . Aplicând legea acțiunii maselor pentru procese reversibile, obținem:

$$K = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (5.8)$$

unde K reprezintă *constantă de disociere electrolitică*.

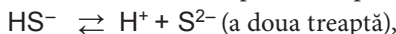


Constanta de disociere electrolitică reprezintă raportul dintre produsul concentrațiilor ionilor în care se descompune electrolitul, ridicate la puterea coeficienților stoechiometrici, și concentrația moleculelor nedisociate la echilibru.

Constanta de disociere este valabilă numai pentru electroliți slabi și medii. Pentru electroliții tari, această caracteristică își pierde sensul, deoarece concentrația formei moleculare tinde spre zero și constanta capătă valori nedeterminate. Folosind valoarea constantei de disociere în șirul electroliților slabi, poate fi făcută o diferențiere a tăriei acestora. Cu

cât valoarea constantei este mai mare, cu atât mai tare va fi electrolitul. De exemplu, acidul azotos ($K(HNO_2) = 4,5 \cdot 10^{-4}$) este mai tare decât cel acetic ($K(CH_3COOH) = 1,74 \cdot 10^{-5}$).

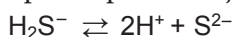
Pentru electroliții care disociază în trepte fiecare treaptă se caracterizează prin constanta respectivă. De exemplu, pentru acidul sulfuric, disociația în două trepte poate fi redată prin două ecuații:



iar constantele de disociere pe trepte vor avea următoarele expresii:

$$K_1 = \frac{[H^+] \cdot [HS^-]}{[H_2S]} = 1,0 \cdot 10^{-7} \quad K_2 = \frac{[H^+] \cdot [S^{2-}]}{[HS^-]} = 2,5 \cdot 10^{-13} \quad (5.9)$$

Procesul sumar de disociere se exprimă prin ecuația:



și se caracterizează prin constanta sumară de disociere:

$$K_{\text{sum}} = K_1 \cdot K_2 = \frac{[H^+]^2 \cdot [S^{2-}]}{[H_2S]} = 2,5 \cdot 10^{-20} \quad (5.10)$$

Folosind legea acțiunii maselor și noțiunea de *grad de disociere*, se poate deduce relația matematică dintre constanta de disociere și gradul de disociere.

Disocierea acizilor slabi monobazici poate fi exprimată în formă generală:



iar constanta de disociere poate fi redată cu expresia:

$$K = \frac{[H^+] \cdot [An^-]}{[HAn]} \quad (5.11)$$

Să notăm concentrația molară a acidului cu C , iar gradul de disociere la concentrația dată – cu α . În acest caz, concentrația fiecăruia dintre ioni va fi egală cu $C \cdot \alpha$, iar concentrația moleculelor nedisociate – cu $(C - C \cdot \alpha)$ sau $C(1 - \alpha)$. Înlocuind aceste expresii în relația constantei de disociere, obținem:

$$K = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1 - \alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1 - \alpha} \quad (5.12)$$

Ecuația obținută stabilește corelația dintre constanta de disociere electrolitică K_a , gradul de disociere α și concentrația electrolitului C . Această relație permite să se calculeze gradul de disociere al electroliților slabi la diferite concentrații. Spre exemplu, la diluarea de zece ori a soluției 0,1 M de acid acetic (0,01 M), gradul de disociere se mărește de trei ori, de la 1,32% la 4,18%. Deoarece relația (5.12) indică influența variației concentrației asupra gradului de disociere, ea reprezintă expresia matematică a *legii diluției*. În soluții nu prea diluate de electroliți slabi, gradul de disociere este foarte mic ($\alpha < 0,05$) și diferența $(1 - \alpha)$ poate fi considerată egală cu unitatea. În acest caz, formula (5.12) poate fi redată mai simplu:

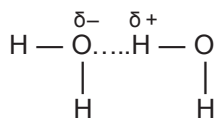
$$K = C\alpha^2, \text{ de unde } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} \quad (5.13)$$

Spre deosebire de gradul de disociere, constanta de disociere (K) a unui electrolit slab este o mărime constantă și nu depinde de concentrația soluției, ci doar de temperatura acesteia.

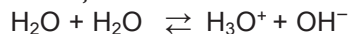
5.3.4. Disocierea apei. Produsul ionic al apei

Comportamentul bifuncțional al apei în procesul de ionizare

Caracterul „distructiv” al moleculelor de apă, care se manifestă în procesul de dizolvare a substanțelor cu legături covalente polare în moleculă sau ionice, nu dispare nici în lipsa substanței dizolvate. În asemenea situație, moleculele de apă „se atacă” reciproc.



Rezultatul acestui „atac” este polarizarea mai puternică a legăturilor H–O. În unele cazuri însă, asupra unui „duet” de molecule de apă „dau buzna” mai multe molecule vecine și acțiunea lor comună poate conduce la ruperea legăturii H–O. Una dintre moleculele de apă „atacate” se desface, cedând hidrogenul celeilalte molecule, ea însăși transformându-se în ionul hidroxid OH^- . Asocierea moleculei de apă cu hidrogenul detașat de la molecula desfăcută formează un ion H_3O^+ , numit *hidroxoniu*. Astfel, în apă apare un număr redus de ioni care asigură o conductibilitate electrică foarte mică. Acest proces este numit *autoionizarea sau autoprotoliza apei* și este redat prin ecuația:



Pentru simplitate, deseori, se scrie forma redusă:



Prin urmare, apa manifestă un comportament bifuncțional, adică formează ioni de hidrogen și ioni de hidroxid, care conferă soluțiilor proprietăți diferite.

Aplicând legea acțiunii maselor la disociația apei, poate fi obținută expresia constantei de disociere, mărimea căreia a fost determinată prin studiul conductibilității electrice a apei și are valoarea de $1,8 \cdot 10^{-16}$:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1,8 \cdot 10^{-16} \quad (5.15)$$

Deoarece disocierea apei este nesemnificativă, concentrația molară a apei nedisociate în condiții normale poate fi considerată constantă și egală cu concentrația totală a apei (raportul masei unui litru de apă către masa molară a apei). La temperatura de 25°C, concentrația apei este:

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{1\,000\text{ g}}{1\text{ L} \cdot 18\text{ g/mol}} = 55,5556\text{ mol/L}$$

Incluzând această valoare în expresia (5.15), obținem:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] \quad (5.16)$$

Produsul a două constante ($K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot [\text{H}_2\text{O}]$) este o mărime constantă, se notează cu K_w , reprezintă *produsul ionic* al apei și caracterizează toate soluțiile apoase. La temperatura de 25°C, produsul ionic al apei K_w are valoarea $1 \cdot 10^{-14}$:

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,5556 = 10^{-14} = 1 \cdot 10^{-14} \quad (5.17)$$

Valoarea produsului ionic al apei arată că, într-adevăr, apa disociază într-o măsură redusă și concentrațiile ionilor H^+ și OH^- în apă sunt foarte mici.

Conform ecuației 5.14, concentrațiile ionilor H^+ și OH^- în apă sunt egale și, deoarece produsul acestora este egal cu 10^{-14} , este evident că valoarea numerică a lor este:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}\text{ mol/L}$$

Sarcini imediate

Explicați de ce procesul de disociere a moleculelor de apă poartă denumirea de autoionizare sau autoprotoliză.

Sistemele apoase în care concentrațiile ionilor H^+ și OH^- sunt egale între ele au un *mediu neutru*.

Întrucât produsul ionic este o mărime constantă, concentrațiile ionilor H^+ și OH^- în soluții apoase sunt invers proporționale una față de alta. Orice majorare a concentrației unuia dintre acești ioni duce la micșorarea concentrației celuilalt ion și invers. Astfel, dacă concentrația ionilor de hidrogen este mai mare de 10^{-7} , atunci concentrația ionilor de hidroxid este mai mică de 10^{-7} . Este corectă și afirmația inversă: dacă concentrația ionilor de hidroxid este mai mare de 10^{-7} , atunci concentrația ionilor de hidrogen este mai mică de 10^{-7} . Deși concentrațiile $[H^+]$ și $[OH^-]$ pot avea valori foarte mici, ele nu pot fi egale cu zero, deoarece produsul lor este întotdeauna constant și nu este nul. Prin urmare, chiar și în soluțiile apoase ale acizilor sunt prezenți nu numai ioni de H^+ , ci și ioni de OH^- , iar în soluțiile alcaliilor, împreună cu ionii OH^- , se găsesc și ioni H^+ .

Așadar, dacă concentrația $[H^+]$ depășește concentrația $[OH^-]$, se spune că mediul are *reacție acidă* sau *mediul este acid*. În cazul în care concentrația $[OH^-]$ este mai mare decât cea a ionilor de hidrogen, *reacția mediului este alcalină* sau *mediul este alcalin*.

Tabelul 5.2. **Caracterizarea mediului unui sistem în funcție de concentrațiile ionilor de hidrogen și de hidroxid**

Reacția mediului	$[H^+]$, mol/L	$[OH^-]$, mol/L
acidă	$[H^+] > 10^{-7}$	$[OH^-] < 10^{-7}$
neutră	$[H^+] = 10^{-7}$	$[OH^-] = 10^{-7}$
alcalină	$[H^+] < 10^{-7}$	$[OH^-] > 10^{-7}$

Conform ecuației (5.17), dacă se cunoaște concentrația unuia dintre ionii numiți, poate fi calculată concentrația celui de-al doilea.

Calcularea concentrațiilor $[H^+]$ și $[OH^-]$ în soluțiile de acizi tari și baze tari

Exemplul 1. Ce concentrație au ionii $[OH^-]$ în soluția cu concentrația $[H^+]$ egală cu $2,5 \cdot 10^{-4}$ mol/L?

Rezolvare: $[OH^-]$ se exprimă prin ecuația care rezultă din expresia produsului ionic al apei:

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

După aplicațiile numerice, se calculează concentrația $[OH^-]$:

$$[OH^-] = 10^{-14} / 2,5 \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-11} \text{ mol/L}$$

Răspuns: $[OH^-] = 4 \cdot 10^{-11}$ mol/L.

Produsul ionic al apei K_w este o caracteristică importantă. Ea permite calcularea concentrației ionilor H^+ în orice soluție apoasă, dacă se cunoaște concentrația ionilor OH^- și invers.

În soluțiile apoase ale acizilor, concomitent cu ionii H^+ , rezultanți din disocierea apei, există și ionii care provin de la disocierea acidului. Astfel, concentrația $[H^+]$ totală reprezintă suma concentrațiilor ionilor de hidrogen proveniți de la disocierea apei și de la disocierea acidului:

$$[H^+]_{total} = [H^+]_{apă} + [H^+]_{acid}$$

În condițiile când $[H^+]_{acid} \geq 1 \cdot 10^{-5}$ mol/L, se poate admite că $[H^+]_{totală} \approx [H^+]_{acid}$. Dacă acidul este tare și disocierea poate fi considerată totală, atunci $[H^+]_{acid} = C_{N(acid)}$. Este evident că această concentrație a ionilor de hidrogen satisface și expresia produsului ionic al apei, astfel încât mărimea lui să rămână constantă. Aceasta face posibilă calcularea concentrației ionilor OH^- în astfel de sisteme.

Exemplul 2. Calculați concentrația ionilor $[\text{OH}^-]$ în soluția de acid clorhidric cu concentrația molară de 10^{-2} mol/L.

Rezolvare: Acidul clorhidric se consideră disociat completamente: $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
 $\qquad\qquad\qquad 1 \text{ mol} \qquad 1 \text{ mol} \qquad 1 \text{ mol}$

$[\text{H}^+]$ este egală cu $C_{\text{M}}(\text{HCl})$. Pentru calcule se folosește expresia:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{w}}}{[\text{H}^+]} = \frac{K_{\text{w}}}{C_{\text{M}}(\text{HCl})}$$

După aplicațiile numerice, obținem:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-14} / 10^{-2} = 10^{-12} \text{ mol/L.}$$

Răspuns: $[\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L.}$

Același raționament este valabil și pentru o soluție de alcaliu, în care:

$$[\text{OH}^-]_{\text{totală}} = [\text{OH}^-]_{\text{apă}} + [\text{OH}^-]_{\text{alcaliu}}; \text{ dacă } [\text{OH}^-]_{\text{alcaliu}} \geq 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L,}$$

se admite: $[\text{OH}^-]_{\text{totală}} = [\text{OH}^-]_{\text{alcaliu}}; \qquad [\text{OH}^-]_{\text{alcaliu}} = C_{\text{N}}(\text{alcaliu}).$

Exemplul 3. Determinați concentrația $[\text{H}^+]$ în soluția de KOH cu $C_{\text{M}}(\text{KOH}) = 0,001 \text{ mol/L.}$

Rezolvare: KOH în soluție este disociată completamente: $\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$
 $\qquad\qquad\qquad 1 \text{ mol} \qquad 1 \text{ mol} \qquad 1 \text{ mol}$

Formula de calcul este:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{w}}}{C_{\text{M}}(\text{KOH})}$$

După aplicațiile numerice, se calculează $[\text{H}^+]$:

$$[\text{H}^+] = 10^{-14} / 10^{-3} = 10^{-11} \text{ mol/L.}$$

Răspuns: $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-11} \text{ mol/L.}$

S arcini imediate

Indicați domeniul de variație a concentrațiilor ionilor H^+ și OH^- în mediu bazic și în mediu acid.

5.3.5. Indicele de hidrogen pH

Caracterizarea acidității sau alcalinității soluțiilor prin mărirea concentrațiilor ionilor H^+ și, respectiv, OH^- , s-a dovedit a fi incomodă din cauza valorilor mici ale acestora. În 1909, Peter Lauritz Sørensen a propus să se folosească, în acest scop, *exponentul concentrației ionilor de hidrogen* sau *indicele de hidrogen*, care se notează prin *pH* și reprezintă valoarea negativă a logaritmului decimal al concentrației ionilor de hidrogen:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+].$$

Paralel cu această noțiune, a apărut și cea de *exponent al concentrației ionilor de hidroxid*, notat prin *pOH*, reprezentând logaritmul decimal negativ al concentrației ionilor OH^- :

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-].$$

Între acești doi exponenți există o corelație liniară, ce rezultă din expresia K_{w} :

$$-\lg [\text{H}^+] + (-\lg [\text{OH}^-]) = -\lg K_{\text{w}} = -\lg 10^{-14}, \quad (5.18)$$

de unde:

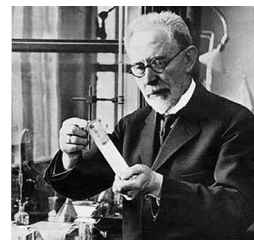
$$\text{pH} + \text{pOH} = 14.$$



Suma exponenților concentrațiilor ionilor de hidrogen și de hidroxid pentru orice soluție apoasă este, la 25°C , o mărime constantă, fiind egală cu 14.

În soluții acide, $\text{pH} < 7$ iar $\text{pOH} > 7$, în cele neutre, $\text{pH} = \text{pOH} = 7$, iar în cele alcaline, $\text{pH} > 7$ și $\text{pOH} < 7$.

Valoarea pH poartă nu numai o informație calitativă despre reacția mediului, dar și una cantitativă. Pentru orice soluție, aciditatea se va mări odată cu micșorarea valorii pH. De exemplu, aciditatea unei soluții cu pH-ul 2 este mai mare decât aciditatea soluției care are pH-ul 5.



**PETER LAURITZ
SØRENSEN**
(1868-1939)

Biochimist danez. A introdus noțiunea de pH.



Valoarea pH-ului soluției se micșorează odată cu creșterea acidității și se mărește odată cu creșterea alcalinității.

Mediul puternic acid se caracterizează prin valorile pH-ului de la 0 până la 3, slab acid – de la 5 până la 7, slab bazic – de la 7 până la 9, puternic bazic – de la 11 până la 14.

Cunoscând concentrația $[H^+]$, poate fi calculat pH-ul soluției și invers – din valoarea pH-ului poate fi dedusă concentrația ionilor de hidrogen.

Calcularea pH-ului soluțiilor de acizi tari și de baze tari.

În soluții diluate, acizii tari se consideră disociați totalmente:



Concentrația totală a ionilor de hidrogen în soluțiile acizilor este egală cu suma concentrațiilor acestor ioni proveniți din acid și din apă. Dacă raportul $[H^+]_{acid}/[H^+]_{apă} > 100$, atunci neglijarea concentrației ionilor H^+ , care provin din apă, nu va influența esențial mărimea concentrației totale ale acestora. Astfel, în asemenea cazuri se va ține cont numai de concentrația ionilor H^+ proveniți din acid.

$$pH = -\lg [H^+] = -\lg C_M(H_nA) \cdot n \quad (5.19)$$

**Concentrația ionilor de hidrogen $[H^+]$ este egală cu concentrația normală a acidului:

$$[H^+] = C_N(H_nA)$$

respectiv:

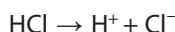
$$pH = -\lg[H^+] = -\lg C_N(H_nA)$$

Pentru acizii tari monobazici $C_N = C_M$, de aceea $pH = -\lg[H^+] = -\lg C_M(HA)$

Așadar, pentru a calcula $[H^+]$ și pH-ul soluției unui acid tare trebuie să fie cunoscută concentrația acidului în soluție și modalitatea de disociere a acestuia. Relația (5.19) este valabilă pentru calcularea pH-ului soluțiilor acizilor polibazici tari.

Exemplul 1. Calculați pH-ul soluției de acid clorhidric cu concentrația molară $C_M = 0,0023 \text{ mol/L}$.

Rezolvare: Se știe că HCl este un acid tare și, prin urmare, totalmente disociat. Deoarece raportul $[H^+]_{HCl} / [H^+]_{apă} > 100$, se va admite că $[H^+]_{totală} = [H^+]_{HCl} = C_M(HCl)$.



$$[H^+]_{total} = C_M(HCl)$$

Atunci:

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg C_M(HCl) = -\lg 0,0023 = 2,64.$$

Răspuns: $pH = 2,64$

Exemplul 2. Care este concentrația ionilor de hidrogen în soluția cu valoarea pH-ului 3,6?

Rezolvare: Dacă $pH = -\lg [H^+]$, atunci $[H^+] = 10^{-pH}$. Prin urmare, concentrația ionilor de hidrogen în sistemul enunțat în problemă va fi:

$$[H^+] = 10^{-3,6} = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}.$$

La fel ca și acizii tari, bazele tari (alcaliile), în soluții diluate, sunt disociate completamente:



Concentrația totală a ionilor OH^- în asemenea soluții reprezintă suma concentrațiilor acestor ioni ce rezultă din disocierea apei și a alcaliului:

$$[OH^-]_{totală} = [OH^-]_{alcaliu} + [OH^-]_{apă}$$

Dacă concentrația ionilor OH^- care derivă din alcaliu este de o sută și mai multe ori mai mare decât concentrația acestor ioni rezultată în urma disociației apei, valoarea ultimei poate fi neglijată și concentrația $[OH^-]_{totală}$ poate fi considerată egală cu $[OH^-]_{alcaliu}$. Astfel, în soluțiile alcaliilor $[OH^-] = C_M(Me(OH)_n) \cdot n$:

$$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg C_M(Me(OH)_n) \cdot n \quad (5.20)$$

Pentru bazele tari monoacide $C_N = C_M$, de aceea $[OH^-] = C_M(MeOH)$.

Exemplul 3. Calculați pH-ul soluției de hidroxid de potasiu cu concentrația molară de 0,0014 mol/L.

Rezolvare: *Varianta 1.* Hidroxidul de potasiu este un alcali puternic și, în soluții, este disociat totalmente. Prin urmare:

$$[\text{OH}^-] = C_M(\text{KOH})$$

iar:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{C_M(\text{KOH})} = \frac{10^{-14}}{0,0014} = 7,14 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L}$$

Exponentul concentrației ionilor de hidrogen va fi:

$$\text{pH} = -\lg 7,14 \cdot 10^{-12} = 11,15$$

O asemenea valoare a pH-ului caracterizează mediul alcalin ($\text{pH} > 7$), care se formează la dizolvarea hidroxidului de potasiu.

Varianta 2. Problema poate fi rezolvată și în alt mod. Fiind cunoscută concentrația $[\text{OH}^-]$, se calculează exponentul pOH și apoi pH-ul, după cum urmează:

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 0,0014 = 2,85$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2,85 = 11,15$$

Răspuns: $\text{pH} = 11,15$

Valoarea pH-ului unui sistem poate fi determinată prin calcule sau evaluată experimental. Pentru măsurători exacte ale pH-ului soluțiilor se folosește aparatul numit *pH-metru*. Pentru evaluarea calitativă sau semicantitativă a reacției unui sistem, se folosesc *indicatorii acido-bazici*.

Indicatorii acido-bazici sunt acizi sau baze organice slabe, în a căror molecule sunt prezente grupe de atomi, numite *grupe cromofore*, care au proprietatea de a-și modifica culoarea în funcție de concentrația ionilor de hidrogen în soluție, sau mai bine zis în funcție de valoarea pH-ului acesteia. Așa cum valoarea pH-ului reprezintă un parametru important, ce caracterizează calitatea unei soluții apoase, indicatorii acido-bazici se folosesc pe larg în practica de laborator, și îndeosebi la efectuarea analizelor titrimetrice acido-bazice. Fiecare indicator își schimbă culoarea într-un domeniu relativ îngust de pH (de regulă, două unități). Acest domeniu se numește *interval de viraj*. La începutul unei titrări, indicatorul se găsește în soluție sub forma care are o anumită culoare. La efectuarea titrării, indicatorul trece în altă formă, care are o culoare deosebită de cea inițială. Este important ca schimbarea culorii să se producă în punctul de echivalență, adică atunci când la cantitatea de substanță ce se titrează, exprimată în moli echivalenți, a fost adăugată o cantitate de titrant, exprimată în moli echivalenți, egală sau în apropierea nemijlocită a acestuia. Fiecare indicator este caracterizat de un parametru important numit pT, care este egal cu pH-ul soluției, la care jumătate din cantitatea de indicator se află în formă moleculară și jumătate în formă ionică.

Indicatorii acido-bazici pot fi *monocolori* (o formă este incoloră și numai una colorează soluția) și *bicolori* (ambele forme colorează soluția în culori diferite). La efectuarea analizelor titrimetrice acido-bazice, mai des se folosesc indicatorii monocolori, dacă intervalul lor de viraj este cuprins în intervalul de pH al saltului de titrare. Indicatorii bicolori se folosesc în cazurile în care lipsesc indicatorii monocolori potriviți pentru efectuarea titrării în cauză.

Tabelul 5.3. Culoarele unor indicatori acido-bazici în diferite medii

Indicatorul	Solventul în care se dizolvă	Conținutul indi- catorului, %	Intervalul de viraj, pH	Culoarea indicatorului în funcție de valoarea pH-ului soluției																
Metiloranj	H ₂ O	0,1	3,1 – 4,4	roșu	*	galben														
Turnesol	H ₂ O	0,1	5,0 – 8,0	roșu		*	albastru													
Fenolftaleină	C ₂ H ₅ OH, 60%	0,1 – 1,0	8,2 – 10,0	incolor						*	zmeurie									
	pH-ul soluției			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		

Mai frecvent se folosesc următorii indicatori: turnesolul, fenolftaleina, metiloranjul. În tabelul 5.3, sunt prezentate variațiile colorației acestor indicatori în funcție de mediul soluției.

Folosirea acestor indicatori poartă un caracter calitativ. Sunt utilizate și diferite amestecuri de mai mulți indicatori, așa-numiții *indicatori universali*, cu ajutorul cărora poate fi evaluată aproximativ valoarea pH-ului într-un domeniu mai larg.

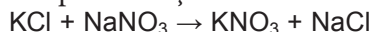
5.3.6. Reacții în soluții de electroliți

Întrucât cele mai multe reacții analitice decurg în soluții, este evident că, în asemenea condiții, reacționează nu substanța dizolvată, ci speciile prezente în soluții. Compușii care disociază produc ioni și aceștia sunt particulele care pot interacționa. Reacția chimică poate fi finalizată, dacă în sistemul reactant se formează specii noi, care asigură deplasarea totală a echilibrului existent spre dreapta. În caz contrar, se stabilește un echilibru ionic cu șanse egale de a fi deplasat spre dreapta sau spre stânga.

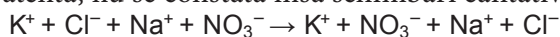


Particulele care apar în urma interacțiunii substanței dizolvate cu solventul și există în soluție se numesc *specii*.

Dacă la o soluție de clorură de potasiu se adaugă o soluție de nitrat de sodiu, am putea presupune că are loc o reacție redată prin ecuația:

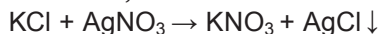


La o examinare mai atentă, nu se constată însă schimbări calitative în acest sistem:

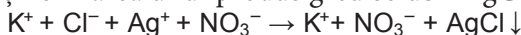


Prin urmare, nu se poate afirma că a avut loc o reacție chimică.

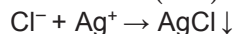
Un alt tablou se observă în cazul în care, în locul nitrului de sodiu, se ia nitratul de argint:



La amestecarea soluțiilor de clorură de potasiu și nitrat de argint, se obține un precipitat alb de clorură de argint. În sistem s-a produs o reacție chimică, condiționată de asocierea ionilor de argint și de clor și formarea unui produs greu solubil AgCl:



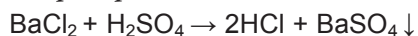
Această formă de scriere a ecuației reacției se numește *ionică completă* (EIC), spre deosebire de cea precedentă, denumită *formă moleculară* (EM). În urma acestei transformări, s-a schimbat componența calitativă a sistemului, care conține speciile ionice K^+ și NO_3^- , precum și produsul puțin solubil AgCl. La reducerea termenilor prezenți în ambele părți ale ecuației precedente, se obține *forma ionică redusă* (EIR):



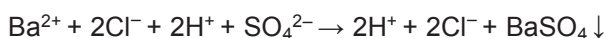
Reacții de schimb ionic. În chimia analitică, sunt utilizate diferite tipuri de reacții chimice care se produc între ioni. Este important să fie cunoscute condițiile desfășurării lor și modul de scriere corectă a ecuațiilor respective.

Reacțiile de schimb ionic sunt cel mai des folosite în analiza chimică. Pentru ca o reacție de schimb să poată decurge până la capăt, este necesar ca unul dintre produși să fie eliminat din sfera reacției în formă de precipitat, de gaz sau să se formeze un electrolit slab.

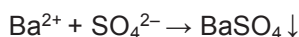
a) *Formarea precipitatului.*



ecuație în formă moleculară (EM)



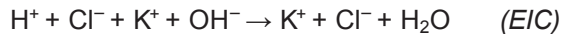
ecuație în formă ionică completă (EIC)



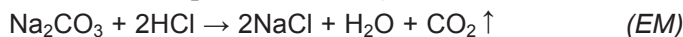
ecuație în formă ionică redusă (EIR)

Semnalul analitic al acestei reacții este formarea unui precipitat alb de BaSO_4 .

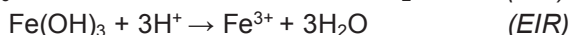
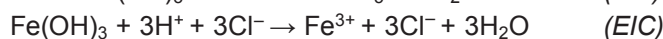
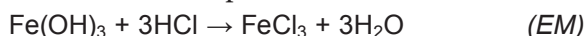
b) *Formarea unei substanțe slab disociate.* Drept exemplu poate servi reacția unui acid tare cu o bază tare (reacție de neutralizare):



c) *Degajarea unui gaz.* În calitate de reacție de schimb, însoțită de degajarea unui gaz puțin solubil și de formarea unui electrolit slab, poate servi reacția de identificare a carbonaților:



La scrierea ecuațiilor unor reacții de dizolvare a precipitatelor, se ține cont de tăria electrolitilor și de solubilitatea substanțelor reactante. Ecuația procesului de dizolvare a hidroxidului de fier (III) în acid clorhidric are următorul aspect:



EVALUARE

1. Stabiliți prin ce se deosebesc electroliti de neelectroliti.
2. Relatați despre factorii care conduc la disocierea electrolitelor.
3. Interpretați noțiunile *electrolit tare* și *electrolit slab*.
4. Explicați rolul solventului (apei) în procesul de disociere.
5. Numiți acizii care sunt electroliti tari.
6. Selectați hidroxizii care sunt electroliti slabi:
NaOH; Ca(OH)₂; Fe(OH)₃; KOH; NH₄OH.
7. Completați ecuațiile reacțiilor posibile și indicați semnalul analitic:
a) $\text{HNO}_{3(\text{conc.})} + \text{Cu} \rightarrow$ c) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$
b) $\text{KCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ d) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$
8. Indicați speciile prezente în soluțiile următoarelor substanțe:
CH₃OH; H₃PO₄; BaCl₂; NaCl; H₂CO₃; Na₂SO₄; NH₄OH; H₂S.

EXPERIENȚA DE LABORATOR nr. 8



Determinarea mediului soluțiilor apoase

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

Reactivi și vase chimice necesare: soluția unui acid mineral tare cu concentrația de 2 mol/L, soluție de NaOH cu concentrația de 2 mol/L, stativ cu eprubete cilindrice, picurători cu soluții de indicatori acido-bazici (turnesol, fenolftaleină, metiloranj), hârtie de indicator universal, pisetă cu apă distilată. Mediul soluțiilor apoase poate fi determinat cu hârtie de indicator universal sau cu indicatori acido-bazici. În cazul folosirii hârtiei de indicator, se poate determina pH-ul soluției cu o exactitate de circa o unitate.

Modul de lucru: în trei eprubete numerotate se toarnă câte 5-7 mL de apă distilată. În prima eprubetă se adaugă circa 1 mL de soluție de acid, în cea de-a doua – circa 1 mL de soluție de NaOH. În eprubeta a treia nu se adaugă nimic. Soluțiile se omogenizează și se determină mediul soluției

în fiecare eprubetă cu hârtie de indicator universal. Pentru aceasta, eprubeta se înclină cu precauție și hârtia de indicator se imersează în soluție, apoi se compară culoarea ei cu culorile scărilor pH de pe cutia cu hârtie de indicator. Astfel, se determină pH-ul fiecărei soluții cu exactitatea de ± 1 unitate pH.

Apoi, în fiecare dintre eprubete se adaugă două-trei picături de turnesol. Aceleași experiențe se efectuează cu indicatorii fenolftaleina și metiloranjul. Schimbările observate se notează în tabelul de mai jos.

Indicatorul	Culoarea soluției observate (valoarea pH-ului)		
	Soluție de acid	Soluție de alcaliu	Apă
Turnesol			
Fenolftaleină			
Metiloranj			
pH-ul determinat cu hârtie indicatoare de pH 1-14			

Analizați rezultatele obținute și comparați-le cu cele indicate în *tabelul 5.3*.

5.4. Analiza chimică în producere și în activitatea cotidiană

Analiza chimică are un rol deosebit de important în toate domeniile activității umane. Cu ajutorul analizei chimice se determină compoziția substanțelor, se verifică calitatea materiilor prime necesare în diferite industrii (chimică, alimentară, farmaceutică, metalurgică, materiale de construcție ș.a.). Dirijarea proceselor tehnologice de producere se efectuează de asemenea în baza rezultatelor analizei chimice. În prezent, de controlul riguros al proceselor tehnologice de producere depinde nu numai calitatea produselor obținute, dar și folosirea rațională a materiilor prime și obținerea unui randament maxim.

Odată cu dezvoltarea științelor naturii, problemele ce țin de producere devin din ce în ce mai complexe, și aceasta reliefează și mai clar rolul pe care îl are chimia analitică în producția industrială. Cerințele tehnologiei moderne impun ca substanțele să fie supuse unei examinări mai complexe decât simpla stabilire a compoziției, în vederea cunoașterii tuturor proprietăților ce le caracterizează.

Fiind preocupată atât de fundamentarea teoretică a metodelor de analiză chimică, cât și de realizarea lor practică și continua lor dezvoltare, chimia analitică își propune ca obiectiv concret să stabilească compoziția și structura substanțelor, amestecurilor acestora, respectiv, calitatea tuturor bunurilor materiale produse de om.

Analiza chimică are o mare importanță pentru știință și tehnică. Cunoașterea temeinică a chimiei nu este posibilă fără chimia analitică. Edificiul modern al chimiei se sprijină pe cunoștințe de natură analitică, „toate progresele chimiei fiind în legătură mai mult sau mai puțin directă cu metodele analitice” (R. Fresenius, 1861).

Toate ramurile dezvoltării economice și ale producției își axează cercetările și pe rezultatele analizei chimice. Analiza chimică este una din preocupările de bază ale chimiei.

Importanța chimiei analitice privită prin prisma legăturilor cu domeniile științifice și de producere poate fi ilustrată prin contribuția sa nemijlocită la dezvoltarea metodelor de analiză aplicate în controlul de calitate, analiza compușilor biochimici și farmaceutici, analiza mediului înconjurător, analiza materiilor prime ș.a. Chimia analitică contribuie în mare măsură la dezvoltarea multor ramuri ale științei cum sunt geologia, geochimia, mineralogia, biologia, agrochimia fizică, medicina, metalurgia și altele.

TEST DE EVALUARE SUMATIVĂ

la unitatea de învățare: „Noțiuni generale de analiză chimică”

1. Alegeți varianta de răspuns care indică efectul ce însoțește o reacție analitică:
a) degajare de căldură; b) formarea unui precipitat; c) absorbție de căldură; d) mărirea volumului sistemului reactant.
2. Indicați factorii de care depinde apariția semnalului analitic:
a) masa molară a speciei supuse analizei; b) modul de amestecare a reactanților; c) concentrația speciei de analizat; d) culoarea speciei supuse analizei.
3. Identificați în ce constă mascarea unei specii:
a) tratarea ei cu un acid tare; b) tratarea ei cu apă fierbinte; c) trecerea ei într-o formă chimică ce nu interacționează cu reactivul analitic; d) colorarea soluției cu un indicator.
4. Recunoașteți care dintre caracteristicile enumerate se referă la o soluție saturată:
a) este diluată; b) este colorată; c) se află în stare gazoasă; d) în ea nu se mai dizolvă nici cea mai mică cantitate de solut.
5. Indicați cum se numesc soluțiile cu concentrația 0,01 mol/L:
a) decimolare; b) milimolare; c) centimolare; d) molare.
6. Determinați care va fi partea de masă a hidroxidului de sodiu în soluția preparată la dizolvarea sodiului metalic cu masa de 4,60 g în 200 g de soluție de NaOH cu partea de masă de 5,82%:
a) 7,94%; b) 9,61%; c) 8,25%; d) 9,18%.
7. Alegeți varianta corectă care indică ce reprezintă o soluție de zahăr:
a) un electrolit; b) un electrolit slab; c) un neelectrolit; d) un sistem omogen lichid.
8. Alegeți variantele de răspuns care indică modul de disociere a acidului fosforic în soluții diluate:
a) disociere totală; b) disociere în trepte; c) disociere parțială; d) nu disociază.
9. Determinați valoarea pH-ului soluției preparate prin dizolvarea hidroxidului de potasiu cu masa 0,5600 g în cinci litri de soluție.
10. Determinați valoarea pH-ului soluției care se capătă la amestecarea a 200 mL soluție de H_2SO_4 cu concentrația molară $1 \cdot 10^{-4}$ mol/L cu 150 mL soluție de NaOH cu concentrația molară $4 \cdot 10^{-4}$ mol/L.
11. Calculați valoarea pH-ului soluției care conține 0,4000 g de NaOH într-un litru de soluție.
12. Determinați care este valoarea pH-ului unei soluții preparate prin adăugarea a 50 mL de soluție de hidroxid de sodiu cu concentrația molară de 0,015 mol/L la 200 mL de apă distilată:
a) 2,0; b) 3,0; c) 2,5; d) 11,5.
13. Care este mediul soluției dacă, la adăugarea metiloranjului, ea se colorează în roșu:
a) neutru; b) alcalin; c) acid?

NOȚIUNI GENERALE DE ANALIZĂ CALITATIVĂ (pentru profilul real)

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/ capabilă:

- să explici și să operezi cu noțiunile generale ce se referă la analiza chimică în situații de comunicare orală și scrisă;
- să elaborezi și să aplici algoritmi de analiză, separare, identificare a unui amestec de cationi și anioni;
- să modelezi: a) prin ecuații chimice de disociere a electroliților tari și slabi, b) prin ecuații în formă moleculară și ionică a interacțiunilor în soluții de electroliți – reacțiile de identificare a cationilor/ anionilor cu indicarea semnalului analitic;
- să investighezi experimental unele contexte problematice legate de realizarea unei analize chimice.

Clasificarea cationilor

6.1. în analiza calitativă



Noțiuni-cheie

- Grupă analitică de ioni
- Reactiv de grupă
- Clasificarea cationilor și anionilor în grupe analitice
- Reacții de identificare
- Identificarea cationilor și anionilor
- Interferența reacțiilor de identificare

Obiectivele unei analize calitative ar fi ușor de atins dacă fiecare dintre speciile componente ale probei analizate ar avea reacții specifice. Cu părere de rău însă, numărul speciilor, care posedă reacții specifice și ar putea fi identificate în prezența altora, este redus. Din aceste motive, pentru efectuarea analizei calitative, au fost elaborate metode care includ operații de fracționare a componentelor probei de analizat în grupe mai puțin numeroase. Astfel, numărul speciilor interferente la identificarea fiecărei componente ar fi mai mic, ceea ce ar face posibilă selectarea reacțiilor analitice pentru punerea în evidență a componentelor probei de analizat. Aceste selecții de ioni sunt numite *grupe analitice*, iar reactivii folosiți cu scopul separării acestei grupe de ioni *reactivi de grupă*.

Clasificarea cationilor în grupe analitice este bazată pe proprietățile chimice ale compușilor ce se obțin la interacțiunea lor cu diferiți reactivi. În funcție de natura reactivilor folosiți pentru clasificarea cationilor în grupe analitice, deosebim:

- metoda cu utilizarea acidului sulfhidric;
- metoda fosfat-amoniacală;
- metoda acido-bazică.

Componența grupelor analitice se bazează pe proprietatea unui set de ioni de a reacționa cu un reactiv analitic și de a da semnale analitice asemănătoare. Acest reactiv, numit *reactiv de grupă*, permite să se separe grupa dată de ioni de restul speciilor prezente în amestec. În clasificarea acido-bazică, cationii sunt repartizați în șase grupe analitice (tabelul 6.1).

Metoda acido-bazică de separare a cationilor are unele dezavantaje. De exemplu, clorura de plumb, sulfatul de calciu, hidroxidul de cupru și alți compuși au o solubilitate relativ mare și precipitarea acestor cationi nu este completă la acțiunea reactivilor de grupă. De

aceea, în unele cazuri, la soluția apoasă analizată se adaugă alcool etilic pentru micșorarea solubilității compușilor respectivi.

Tabelul 6.1. **Clasificarea acido-bazică a cationilor în grupe analitice**

Grupa analitică	I	II	III	IV	V	VI
Componența cationică	Ag⁺, Pb²⁺, Hg₂²⁺	Ba²⁺, Sr²⁺, Ca²⁺	Al ³⁺ , Cr ³⁺ , Zn ²⁺ , Sn ²⁺	Fe ²⁺ , Fe³⁺ , Mn ²⁺ , Bi ³⁺ , Mg ²⁺	Cu ²⁺ , Cd ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , Hg ²⁺	K ⁺ , Na ⁺ , NH₄⁺
Reactivul de grupă	HCl (2 M)	H ₂ SO ₄ (1 M)	NaOH (6 M), <i>exces</i>	NaOH (6 M), <i>exces</i>	NH ₄ OH (conc.), <i>exces</i>	nu este
Organoleptica produselor reacției	Precipitate albe cristaline și cazeinice	Precipitate albe cristaline	Hidroxo-complecși solubili	Precipitate amorfe de hidroxizi	Compuși coordinativi solubili	–

Sunt evidențiați (cu bold) cationii a căror studiere este prevăzută de curriculum.

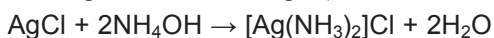
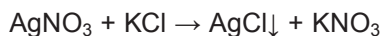
6.2. Reacții de identificare a cationilor

Reacții de identificare a ionului Ag⁺

Ionul Ag⁺ face parte din grupa I analitică.

Reactivul de grupă pentru cationii grupei I analitice este HCl 2M.

1. Clorurile solubile și acidul clorhidric precipită ionii Ag⁺, formând un precipitat alb brânzos, solubil în exces de hidroxid de amoniu. Fiind expusă la lumină, clorura de argint se înnegrește (se formează argint metalic).



Efectuarea reacției: Într-o eprubetă, se trec câteva picături de soluție de azotat de argint AgNO₃ și se adaugă soluție de clorură de potasiu KCl (2 mol/L). Precipitatul alb cu aspect de cazeină după centrifugare se separă de soluție și se spală. La o parte din precipitat se adaugă soluție concentrată de hidroxid de amoniu NH₄OH. Precipitatul se dizolvă, formând un compus coordinativ.



Sarcini imediate

Observă aspectul de cazeină al clorurii de argint.

2. Aldehidele reduc ionii Ag⁺ până la argint metalic, formând un strat subțire de argint pe suprafața interioară a pereților eprubetei (se produce așa-numita *reacție a oglinzii de argint*).

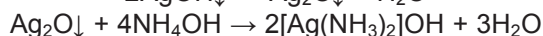
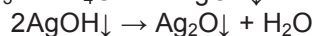
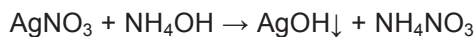


Sarcini imediate

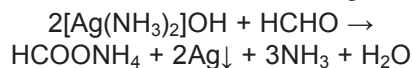
Compară stratul lucitor de pe pereții eprubetei cu o oglindă. Reține ecuația acestei reacții.



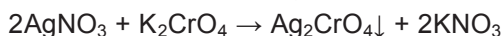
Efectuarea reacției: Într-o eprubetă, degresată în prealabil cu amestec cromic, se trec câteva picături de soluție de azotat de argint AgNO₃ și se adaugă soluție de amoniac NH₄OH până la dizolvarea precipitatului apărut:



Apoi, la soluția obținută se adaugă câteva picături de aldehydă formică HCHO și soluția se încălzește pe baia de apă până la 60-70°C. Pe pereții eprubetei se formează un strat lucitor de argint:



3. Cromatii solubili formează cu ionii de argint un precipitat brun, solubil în acid azotic și în amoniac, dar insolubil în soluții de baze alcaline.



Prezintă interferențe ionii: Cu^{2+} , Fe^{3+} .



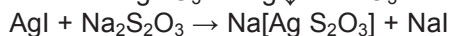
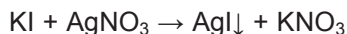
Efectuarea reacției: La 3-5 picături de soluție de azotat de argint AgNO_3 într-o eprubetă se adaugă soluție de cromat de potasiu K_2CrO_4 . Se observă formarea unui precipitat brun. Solubilitatea lui se verifică, în porțiuni aparte, în soluțiile reactivilor indicați.

R emarcă



Reacția se efectuează în mediu neutru (pH~7).

4. Iodurile solubile precipită ionii de argint, formând un precipitat galben, insolubil în acid azotic, în soluție de amoniac, dar solubil în soluție de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.



Prezintă interferențe ionii: Cu^{2+} , Fe^{3+} .



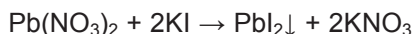
Efectuarea reacției: La câteva picături de soluție de azotat de argint AgNO_3 într-o eprubetă se adaugă soluție de iodură de potasiu KI. Se observă apariția unui precipitat galben. Solubilitatea lui se verifică, în porțiuni aparte, în soluțiile reactivilor indicați.

S arcini imediate

Compară solubilitatea iodurii și clorurii de argint în soluție de amoniac.

Reacții de identificare a ionului Pb^{2+}

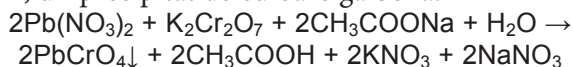
1. Iodura de potasiu sau iodurile solubile interacționează cu ionii de plumb cu formarea unui precipitat de culoare galbenă:



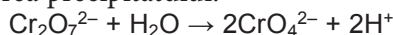
Iodura de plumb se dizolvă în exces de reactiv. În apă fierbinte, PbI_2 se dizolvă și, la răcirea soluțiilor, se formează foițe fine de culoare galbenă-aurie. Această reacție este una dintre cele mai frumoase reacții analitice.

Prezintă interferențe ionii Ag^+ , Hg_2^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} .

2. Dicromatul de potasiu formează, cu ionii de Pb^{2+} , un precipitat de culoare galbenă:



Reacția se realizează în prezența acetatului de sodiu, care preîntâmpină eventuala formare a acidului tare, prezența căruia în concentrații medii duce la dizolvarea precipitatului:



**Cromatul de plumb este solubil în alcalii concentrate și în acid azotic concentrat:



Această reacție permite să deosebim cromatul de plumb de cel de bariu, care nu se dizolvă în NaOH.



Efectuarea reacției: La câteva picături de soluție de azotat sau acetat de plumb (II), se adaugă 1-2 picături de iodură de potasiu. Se observă formarea unui precipitat de culoare galbenă. La soluția cu precipitat se adaugă 2-3 mL de apă și eprubeta se încălzește pe baia de apă. Precipitatul de PbI_2 se dizolvă. La răcirea soluției sub jetul de apă rece, se observă formarea unui precipitat cristalin auriu.



Efectuarea reacției: La 2-3 picături de soluție neutră de Pb^{2+} , se adaugă câte 3-4 picături de soluție de acid acetic și acetat de sodiu de 2 mol/L (soluție tampon acetată) și 2-3 picături de soluție de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Se formează un precipitat de culoare galbenă. După separarea precipitatului de soluție, acesta se tratează cu câteva picături de soluție de NaOH de 2 mol/L. Precipitatul se dizolvă.



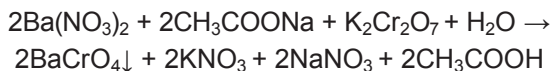
S arcini imediate

Verificați solubilitatea cromatului de plumb obținut în acizii azotic și clorhidric diluați.

Reacții de identificare a ionului Ba^{2+} Ionul Ba^{2+} face parte din grupa a II-a analitică.

Reactivul de grupă al cationilor grupei a II-a analitice este H_2SO_4 (1 mol/L).

1. Dicromatul de potasiu formează, cu ionii de bariu, un precipitat de culoare galbenă, solubil în acizi minerali și insolubil în acid acetic:

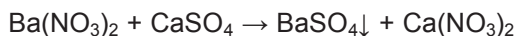


Prezintă interferențe ionul Pb^{2+} .

Remarcă

Soluțiile tampon se opun schimbării esențiale a concentrației ionilor H^+ la interacțiunea lor cu cantități moderate de acizi tari sau alcalii.

2. Apa de ghips formează, cu ionii de bariu, un precipitat de culoare albă, insolubil în acizi minerali tari și în alcalii:



Prezintă interferențe ionii Sr^{2+} , Pb^{2+} .

Pentru înlăturarea interferențelor ionilor de Sr^{2+} și Pb^{2+} , reacția se efectuează în mediu de acid azotic concentrat.

3. Flacăra incoloră a arzătorului de gaz, în prezența sărurilor de bariu, se colorează în galben-verzui. Această proprietate a ionilor de bariu stă la baza fabricării focurilor de artificii de culoare verzuie.

Sarcini imediate

Observați cum se schimbă culoarea flăcării arzătorului de gaz în prezența sărurilor de bariu.



Efectuarea reacției: La 2-3 mL de soluție neutră care conține ioni Ba^{2+} se adaugă 5-7 picături de soluție tampon acetată ($CH_3COOH + CH_3COONa$) și soluție de dicromat de potasiu $K_2Cr_2O_7$. Se observă formarea unui precipitat galben. Ionii de Ca^{2+} nu jenează această reacție, deoarece cromatul de calciu este solubil în acid acetic. *Soluția tampon acetată se adaugă pentru transformarea acizilor minerali tari, eventual obținuți în urma reacției, în acid acetic CH_3COOH .*



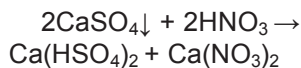
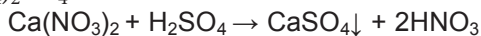
Efectuarea reacției: La 5-7 picături de soluție care conține ioni Ba^{2+} se adaugă apă de ghips (soluție saturată de sulfat de calciu $CaSO_4$). Se formează un precipitat alb, solubilitatea căruia se verifică în porțiuni aparate, în acid azotic HNO_3 și în soluție de hidroxid de sodiu $NaOH$.



Efectuarea reacției: Un inel de sârmă subțire din nicrom, sudat într-un tub de sticlă, se iversează în soluție de acid clorhidric HCl (2 mol/L) și se menține în flacăra arzătorului de gaz până când flacăra devine incoloră. Apoi, pe sârmă se aplică soluția unei sări solubile de bariu și se introduce iarăși în flăcăre. Aceasta se colorează în galben-verzui.

Reacții de identificare a ionului Ca^{2+} Ionul Ca^{2+} face parte din grupa a II-a analitică.

1. Acidul sulfuric și sulfații solubili (ionul SO_4^{2-}) precipită ionii de calciu, formând un precipitat cristalin de culoare albă, solubil în acizi tari și în soluție concentrată de $(NH_4)_2SO_4$:



Efectuarea reacției: La soluția care conține ioni Ca^{2+} , se adaugă câteva picături de soluție de acid sulfuric H_2SO_4 (1 mol/L). Se formează un precipitat alb.

Varianța microcristaloscopică a reacției: Pe o lamelă de sticlă, se aplică o picătură de soluție a unei sări de calciu și

Prezintă interferențe ionii Ba^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} . Realizarea reacției în varianta microcristaloscopică înlătură aceste interferențe.

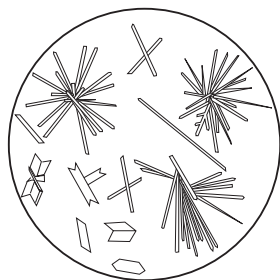
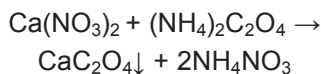


Fig. 6.1. Cristale de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

2. Oxalatul de amoniu sau potasiu în soluții neutre sau slab bazice formează, cu ionii de calciu, un precipitat alb cristalin, solubil în acizi tari și insolubil în acid acetic:



Prezintă interferențe ionii Ba^{2+} , Pb^{2+} .

una de acid sulfuric diluat (1 mol/L) și se vaporizează până la apariția fazei solide pe marginea picăturii. La microscop se vizualizează cristale în formă de ace sau de fulgi (fig. 6.1). Reacția microcristaloscopică permite identificarea ionului Ca^{2+} în prezența ionilor Ba^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} .

Sarcini imediate

Desenați în caiete cristalele de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, vizualizate la microscop.



Efectuarea reacției: La soluția neutră care conține ioni Ca^{2+} se adaugă 5-7 picături de soluție de oxalat de amoniu sau potasiu. Se formează un precipitat alb cristalin.

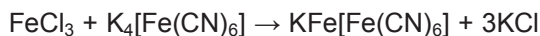
Sarcini imediate

Verificați solubilitatea precipitatului CaC_2O_4 în acizii azotic sau clorhidric cu concentrațiile de 2 mol/L.

Reacții de identificare a ionului Fe^{3+} Ionul Fe^{3+} face parte din grupa a IV-a analitică.

Reactivul de grupă al cationilor grupei a IV-a analitice este NaOH în exces (6 mol/L).

**1. Hexacianoferatul (II) de potasiu formează, cu ionii Fe^{3+} , un precipitat de culoare albastră (albastru de Berlin). Reacția se realizează în soluții acide (pH = 2-3). În soluții puternic acidulate și în exces de reactiv precipitatul se dizolvă, iar în alcalii se descompune, formând hidroxid de fier (III). În prezența ionului oxalat $C_2O_4^{2-}$, precipitat nu se formează:



Prezintă interferențe oxidanții și reducătorii.

2. Sulfocianura (tiocianatul) de amoniu sau potasiu, care generează anionii SCN^- , formează, cu ionii de fier (III), în soluții slab acide, un compus care colorează soluția în roșu (intensitatea culorii depinde de concentrația ionilor SCN^- și a Fe^{3+}):



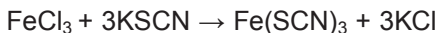
Efectuarea reacției: La 2-3 picături de soluție care conține ioni Fe^{3+} acidulată cu acid clorhidric (pH = 2-3) se adaugă 1-2 picături de soluție de hexacianoferat (II) de potasiu $K_4[Fe(CN)_6]$. Se formează un precipitat colorat în albastru-intens.

Sarcini imediate

**Explicați de ce hexacianoferatul (II) de potasiu nu interacționează cu ionii Fe^{3+} , cu formarea precipitatului $KFe[Fe(CN)_6]$ în prezența ionilor oxalat $C_2O_4^{2-}$.



Efectuarea reacției: La câteva picături de soluție ce conține ioni Fe^{3+} se adaugă câteva picături de soluție de tiocianat de potasiu KSCN sau de amoniu NH_4SCN . Soluția se colorează în roșu (culoarea sângelui).



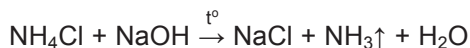
Prezintă interferențe ionii F^- , PO_4^{3-} și sărurile acizilor oxalic, tartric, citric etc., care formează, cu fierul (III), compuși mai stabili decât tiocianații sau reduc Fe^{3+} până la Fe^{2+} .

Reacții de identificare a ionului NH_4^+

Ionul NH_4^+ face parte din grupa a VI-a analitică.

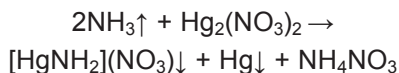
Grupa a VI-a analitică nu are reactiv de grupă.

1. La încălzirea soluțiilor sărurilor de amoniu cu alcalii, se degajă un gaz cu miros specific înțepător:

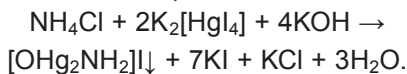


Pentru identificarea amoniacului, în vaporii care se elimină din eprubetă se introduce hârtia de indicator universal umezită cu apă distilată (nu se admite atingerea hârtiei de indicator de pereții eprubetei). Colorarea hârtiei în albastru confirmă prezența ionilor NH_4^+ în soluție.

**De asemenea, identificarea poate fi făcută cu o hârtie de filtru, îmbibată cu soluție de $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$, care se înnețește la interacțiunea cu amoniacul ce se degajă:



**2. Tetraiodomercuratul (II) de potasiu, în mediu bazic (reactivul Nessler), formează, cu ionii de amoniu, un precipitat caracteristic de culoare brună-cărămizie (la concentrații mici ale ionilor de amoniu, nu se formează precipitat, doar soluția se colorează în oranj):



Prezintă interferențe ionii metalelor grele.



Efectuarea reacției: La câteva picături de soluție de NH_4^+ se adaugă soluție de hidroxid de sodiu NaOH și amestecul se încălzește pe baia de apă. Gazul care se degajă are miros caracteristic, înțepător. În vaporii care se degajă din eprubetă la încălzire se introduce o fâșie de hârtie umezită de indicator universal. Colorarea hârtiei în albastru indică prezența ionilor de amoniu în soluție.

Sarcini imediate

Determinați care dintre cele două reacții de identificare a amoniacului în vaporii este mai sensibilă.



Efectuarea reacției: La câteva picături de soluție care conține ioni de amoniu, se adaugă reactivul Nessler. Se observă formarea unui precipitat de culoare brună-cărămizie.

Remarcă

Reactivul Nessler prezintă soluția de $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ și KOH .

EXPERIENȚĂ DE LABORATOR nr. 9



Efectuarea reacțiilor de identificare a cationilor Ag^+ , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

Reactivi și vase chimice necesare:

- stativ cu set de eprubete cilindrice și conice pentru centrifugare, pipetă, baghetă de sticlă, clemă pentru eprubete, lamele de sticlă, pisetă cu apă distilată, hârtie de indicator universal, baie de apă, inel de sârmă subțire din nicrom;

- microscop pentru vizualizarea precipitatelor, centrifugă pentru eprubete, spirtieră sau arzător de gaz;
- soluțiile reactivilor analitici cu concentrațiile de 0,5 mol/L, soluțiile acizilor și alcaliilor cu concentrațiile indicate în condițiile de realizare a reacțiilor de identificare a cationilor.

Modul de lucru:

Reacțiile de identificare a cationilor se efectuează, conform modalităților descrise anterior, în eprubete cilindrice. Cu soluțiile volatile se lucrează în nișa de evacuare a gazelor. Soluțiile folosite la efectuarea reacțiilor se colectează într-un vas și, la sfârșitul lucrărilor practice, se neutralizează, iar cationii metalelor se precipită cu carbonat de sodiu sau de potasiu, se separă de soluție, care poate fi aruncată în sistemul de evacuare a apelor uzate.

Rezultatele experiențelor efectuate se notează în tabel, se analizează și se trag concluziile respective.

Reacțiile de identificare a cationilor, condițiile de efectuare și semnalele lor analitice

Nr.	Catio-nul cerce-tat	Reac-tivul adău-gat	Semnalul analitic	Ecuația reacției	Condi-țiile realizării reacției	Proprietățile produsului reacției	Observații
1	Pb ²⁺	KI, 0,5 M	Precipitat cris-talin mărunț de culoare galbenă	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow$	Mediu neutru, la rece	Solubil la încălzire, în CH ₃ COOH, HNO ₃	La răcirea soluțiilor saturate, se formează folii fine aurii
2	Pb ²⁺	H ₂ SO ₄ , 1 M	Precipitat cristalin de culoare albă	$\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4\downarrow$	Mediu neutru	Solubil în alcalii concentrați și în soluție de CH ₃ COONH ₄	–
3							

Rezultatele experienței de laborator se analizează și de ele se va ține cont la efectuarea analizei unui amestec de cationi.

6.3. Separarea grupelor de cationi dintr-un amestec

Separarea cationilor în grupe analitice se efectuează într-o anumită ordine, prin precipitarea cationilor sau dizolvarea compușilor cationilor grupei analitice și înlăturarea acesteia. Așa cum s-a menționat anterior, necesitatea separării cationilor în grupe mai mici este determinată de influența jenantă a unor cationi în timpul analizei și are ca scop micșorarea numărului de cationi care pot fi prezenți împreună (pentru înlăturarea acțiunii jenante) și identificarea lor.

Separarea cationilor unei grupe analitice din proba supusă analizei și identificarea lor necesită efectuarea unui șir de operații într-o consecutivitate strictă. Pentru majoritatea analizelor, acest șir include: adăugarea reactivului de grupă la soluția supusă analizei; sedimentarea forțată a precipitatului prin centrifugare; separarea precipitatului de centrifugat; verificarea plenitudinii precipitării; spălarea precipitatului; solubilizarea precipitatelor grupei separate sau trecerea lor într-o formă accesibilă analizei; examinarea grupei analitice.

Conform schemelor respective de separare, amestecul de cationi poate fi divizat în grupe analitice în formă de precipitate sau de compuși solubili, precipitatele fiind apoi solubilizate, iar componența lor – identificată. Separarea grupelor analitice se efectuează treptat.

1) *Separarea și identificarea ionilor din grupa I.* La soluția supusă analizei, ce conține ioni de plumb și argint, se adaugă soluție de acid clorhidric. Are loc formarea unui precipitat de culoare albă. Deoarece clorura de plumb are o solubilitate mai mare de 10⁻⁶ mol/L, pentru precipitarea cantitativă a ionilor de Pb²⁺ la soluția analizată se adaugă un volum egal de alcool etilic (PbCl₂ are o solubilitate mai mică în solventul mixt apă-alcool etilic). Soluția cu precipitat se centrifughează și se verifică plenitudinea precipitării ionilor de plumb și

argint. Pentru aceasta, la centrifugat se mai adaugă câteva picături de reactiv de grupă. Dacă nu se formează precipitat sau dacă soluția nu se tulbură, precipitarea se consideră completă. În caz contrar, se adaugă încă o porțiune de precipitant și, după centrifugarea soluției, iarăși se verifică plenitudinea precipitării. După precipitarea completă a ionilor de plumb și argint, soluția se centrifughează, precipitatul se separă de soluție și se spală de 2-3 ori cu câțiva mililitri de apă distilată rece pentru a înlătura ionii străini. Apoi, precipitatul se tratează cu apă fierbinte. Clorura de plumb se dizolvă. În soluție, după răcirea ei, se efectuează reacțiile de identificare a ionilor de Pb^{2+} . În precipitatul rămas după dizolvarea completă a $PbCl_2$, se conține $AgCl$, care se dizolvă în soluție concentrată de NH_4OH .

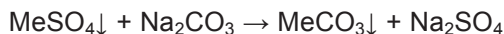
Remarcă

La separarea unui grup de ioni din amestec, întotdeauna se verifică plenitudinea precipitării sau complexării lor.

2) *Separarea și identificarea cationilor din grupa a II-a.* Centrifugatului obținut după separarea cationilor din grupa I se tratează cu soluție de acid sulfuric. În prezența cationilor de bariu și de calciu, are loc formarea unui precipitat de culoare albă (sulfatul de calciu în solvent mixt apă-alcool etilic este mai puțin solubil):

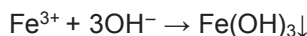


După atingerea precipitării complete și centrifugarea soluției cu precipitat, acesta din urmă se separă de centrifugat și se spală cu câțiva mililitri de apă distilată rece. Sulfatul de bariu este insolubil în acizi și în alcalii, iar sulfatul de calciu se dizolvă în soluție de sulfat de amoniu (se formează hidrogenosulfatul de calciu) și, parțial, în acid azotic. Pentru solubilizare, precipitatul se tratează la fierbere de mai multe ori cu volume mici (5-7 mL) de soluție saturată de carbonat de sodiu separând de fiecare dată soluția de precipitat după ce precipitatul se dizolvă în soluție de acid acetic:



În soluția obținută, se identifică ionii de bariu și de calciu.

3) *Separarea și identificarea cationilor din grupa a IV-a.* Centrifugatului obținut după separarea cationilor din grupa a II-a se tratează cu un surplus de soluție de hidroxid de sodiu (6 mol/L) (o parte din hidroxidul de sodiu se consumă pentru neutralizarea acizilor din soluție). Cationii grupelor a III-a și a VI-a vor rămâne în soluție, iar cationii grupelor a IV-a și a V-a vor trece în precipitat sub formă de hidroxizi insolubili. În cazul analizei amestecului de cationi cu componența indicată anterior, ionii de Fe^{3+} se vor precipita în formă de $Fe(OH)_3$ care are o solubilitate foarte mică:



După verificarea plenitudinii precipitării ionilor de Fe^{3+} și centrifugarea soluției, precipitatul se separă, se spală cu apă distilată și se dizolvă în acid clorhidric cu concentrația de 2 mol/L. În soluția obținută se identifică ionii de fier (III).

4) Cationii NH_4^+ se identifică în filtratul obținut după separarea precipitatului de $Fe(OH)_3$ sau într-o porțiune de soluție inițială.

Remarcă

Orice precipitat separat de soluție se spală cu apă distilată pentru înlăturarea speciilor adsorbite pe suprafața precipitatului.

6.4. Clasificarea anionilor în grupe analitice. Reactivi de grupă

Clasificarea anionilor, mai frecvent folosită în analiza calitativă, se bazează pe solubilitatea sărurilor formate de aceștia cu ionii de bariu și de argint. În funcție de solubilitatea acestor compuși în apă și în acid azotic diluat, anionii sunt clasificați în trei grupe analitice.

Anionii din grupa I (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_3^{2-} , SiO_3^{2-} etc.) formează, cu ionii Ba^{2+} în mediu neutru sau slab bazic, săruri puțin solubile (BaSO_4 este insolubil și în mediu acid).

Reactivul de grupă este clorura de bariu (2 mol/L) în mediu neutru sau slab bazic.

Anionii grupei a II-a (Cl^- , I^- , S^{2-} , Br^- etc.) formează cu ionii Ag^+ săruri care, spre deosebire de cele ale anionilor grupei I cu cationii acestui metal, sunt puțin solubile în soluții diluate de acid azotic. Sărurile anionilor grupei a III-a cu ionii Ag^+ sunt solubile în apă. Anionii grupei a II-a nu colorează soluțiile.

Reactivul de grupă al anionilor grupei a II-a este nitratul de argint (2 mol/L) în soluție de acid azotic diluat.

Anionii grupei a III-a (NO_3^- , CH_3COO^- , NO_2^-) nu au reactiv de grupă.

O altă metodă de clasificare a anionilor în analiza calitativă se bazează pe proprietățile oxido-reducătoare ale acestora. Conform proprietăților redox (o altă denumire pentru oxidoreducere), anionii sunt clasificați, de asemenea, în trei grupe:

Anionii reducători: S^{2-} , SO_3^{2-} , I^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ș.a.

Reactivul de grupă este permanganatul de potasiu (soluție 0,005 mol/L) în mediu de acid sulfuric (1 mol/L), care se decolorează la interacțiunea cu reducătorii.

Anionii oxidanți: MnO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-} , NO_3^- ș.a.

În mediu de acid sulfuric (2 mol/L), anionii oxidanți interacționează cu soluția de iodură de potasiu KI. Iodul eliminat colorează soluția în galben. Dacă la soluția de iod se adaugă 2-3 mL de benzen sau de cloroform, se observă colorarea fazei organice în roz-violet.

Anionii indiferenți: SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , CH_3COO^- ș.a.

Anionii indiferenți sunt inerți față de oxidanți și de reducători.

Spre deosebire de cationi, majoritatea anionilor pot fi identificați în prezența celorlalți, de aceea analiza amestecului de anioni nu necesită obligatoriu separarea lor în grupe analitice.

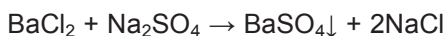
6.5. Reacții de identificare a anionilor

Reacții de identificare a ionului SO_4^{2-}

Ionii SO_4^{2-} fac parte din grupa întâi analitică de anioni

Ionii SO_4^{2-} reprezintă restul acidului sulfuric H_2SO_4 , care este un acid tare (el cedează, după tărie, numai acizilor HClO_4 , HNO_3 , HI , HBr , HCl). Sulfatii de bariu, de calciu și de plumb sunt săruri puțin solubile în apă. BaSO_4 nu se dizolvă nici în acizi și nici în alcalii.

1. Identificarea ionului SO_4^{2-} prin precipitarea sulfatului de bariu nu este jenată de niciun ion, dacă reacția este efectuată în mediu de acid azotic de o concentrație moderată. În alte condiții, reacția este jenată de amestecul de ioni SO_3^{2-} și S^{2-} , deoarece, la acidularea soluției, se formează sulf (precipitat alb cu nuanță gălbuie) care, la fel, nu se dizolvă în acizi și poate fi confundat cu sulfatul de bariu BaSO_4 :



Efectuarea reacției: Circa 1 mL de soluție de analizat se tratează cu un volum egal de acid clorhidric HCl concentrat și amestecul se încălzește pe baia de apă până la fierbere. Dacă se formează precipitat, după răcirea soluției acesta se separă prin centrifugare și la centrifugatul transparent obținut se adaugă câteva picături de soluție de clorură sau nitrat de bariu. Formarea unui precipitat alb cristalin confirmă prezența ionilor SO_4^{2-} în proba analizată.

Sarcini imediate

Verificați solubilitatea BaSO_4 în acizi și alcalii.

2. *Reacția microcristaloscopică.* Sărurile solubile de calciu formează, cu ionii SO_4^{2-} , un precipitat alb cristalin, cu cristale aciforme (fig. 6.1, pag. 146).

S sarcini imediate

Vizualizați la microscop forma cristalelor de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ obținute.



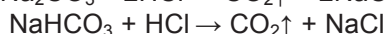
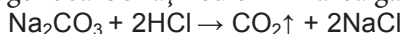
Efectuarea reacției: Pe o lamelă de sticlă, se aplică o picătură de soluție de nitrat de calciu $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ și se tratează cu o picătură de soluție care conține ioni SO_4^{2-} . Soluția de pe lamelă se vaporizează pe baia de apă până la apariția fazei solide și precipitatul se vizualizează la microscop.

Reacții de identificare a ionului CO_3^{2-} (HCO_3^-)

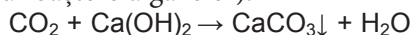
Ionii CO_3^{2-} (HCO_3^-) fac parte din grupa I analitică de anioni.

Acidul carbonic H_2CO_3 este un acid slab, instabil în soluții. Ionul CO_3^{2-} poate fi conservat doar în soluții alcaline, unde formează sărurile respective. Carbonații de potasiu, sodiu și amoniu sunt solubili în apă, iar cationii celorlalte metale formează, cu CO_3^{2-} , compuși puțin solubili în formă de săruri neutre și bazice (Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} din soluțiile carbonaților solubili se precipită în formă de hidroxizi). Soluțiile carbonaților de sodiu și de potasiu au mediu bazic cauzat de procesul de hidroliză.

1. Acizii, inclusiv cel acetic, descompun carbonații și hidrogenocarbonații cu eliminarea gazului CO_2 :

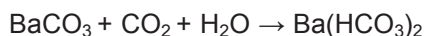
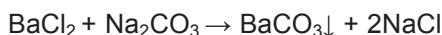


Dioxidul de carbon este recunoscut după proprietatea lui de a tulbura apa de var (se folosește aparatul de recunoaștere a gazelor):



Prezintă interferențe ionii SO_3^{2-} și $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, care pot fi înlăturați prin oxidare până la SO_4^{2-} .

2. Clorura de bariu formează, cu ionii CO_3^{2-} , în mediu neutru sau slab bazic, un precipitat alb, solubil în acizi minerali, acid acetic și la barbotarea excesului de dioxid de carbon:



Hidroxidul de amoniu se adaugă pentru identificarea ionului hidrogenocarbonat HCO_3^- :



Efectuarea reacției: La 2-3 mL de soluție care conține ionii CO_3^{2-} , în aparatul de recunoaștere a gazelor se adaugă 4-5 picături de acid clorhidric de 2 mol/L. Tubul de evacuare a gazelor se introduce în soluție saturată transparentă de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Se observă tulburarea soluției.

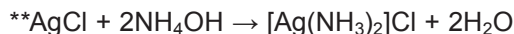
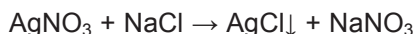


Efectuarea reacției: Câteva picături de soluție de hidrogenocarbonat sau carbonat de sodiu se tratează cu 3-4 picături de soluție de hidroxid de amoniu NH_4OH și se adaugă 6-8 picături de soluție de clorură de bariu BaCl_2 . Formarea unui precipitat alb indică prezența în soluția analizată a ionului CO_3^{2-} sau HCO_3^- .

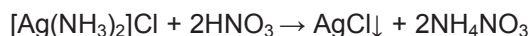
Reacții de identificare a ionului Cl^- Ionii Cl^- fac parte din grupa a II-a analitică de anioni.

Ionul Cl^- este restul acidului clorhidric, care reprezintă soluția apoasă a clorurii de hidrogen și se plasează printre cei mai tari acizi minerali. Soluțiile concentrate ale acidului clorhidric fumegă (se degajă clorura de hidrogen). Sărurile acidului clorhidric, clorurile, sunt solubile în apă, cu excepția AgCl , CuCl , Hg_2Cl_2 , PbCl_2 .

Nitratul de argint formează, cu ioni Cl^- , un precipitat alb, AgCl , insolubil în soluții de acizi, dar solubil în soluții de NH_4OH și $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$:



La acidularea soluției de $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ cu acid azotic, se formează un precipitat alb AgCl :



Efectuarea reacției: La câteva picături de soluție de analizat, se adaugă 3-4 picături de soluție de nitrat de argint.

Precipitatul obținut se separă de soluție și se spală de câteva ori cu volume mici (2-3 mL) de apă distilată, apoi se adaugă 5-6 picături de soluție de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ de 10%. Amestecul obținut se agită bine cu bagheta de sticlă.

După separarea sedimentului, la centrifugat se adaugă 2 picături de fenolftaleină și acid azotic (2 mol/L), până la dispariția culorii roz. Se observă tulburarea soluției, cauzată de formarea clorurii de argint.

EXPERIENȚA DE LABORATOR nr. 10



Efectuarea reacțiilor de identificare a anionilor Cl^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-}

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

Reactivi și vase chimice necesare (vezi la p. 147).

Îndepliniți reacțiile de identificare a anionilor SO_4^{2-} , Cl^- și CO_3^{2-} , completați tabelul propus și analizați rezultatele obținute.

Reacții de identificare a anionilor, condițiile de efectuare și semnalele lor analitice

Nr.	Anionul cercetat	Reactivul adăugat	Semnalul analitic	Ecuația reacției	Condițiile realizării reacției	Proprietățile produsului reacției	Observații
1	SO_4^{2-}	BaCl_2 , 0,5 M	Precipitat cristalin alb	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4\downarrow$	Mediu de HNO_3	Insolubil în acizi și în alcalii	Cristale mărunte cubice

LUCRAREA PRACTICĂ nr. 4



Identificarea cationilor și anionilor într-un amestec

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

Această lucrare practică constă în identificarea compoziției cationice și anionice a unei soluții în care pot fi prezenți cationii și anionii, a căror reacții de identificare au fost însușite anterior.

Orice lucrare practică are un caracter creativ și sunt încurajate ideile originale de rezolvare.

Analiza unui amestec de ioni include următoarele etape: observații preliminare; încercări preliminare; analiza sistematică a amestecului de cationi; concluzii în baza rezultatelor încercărilor efectuate.

Concluziile referitoare la prezența sau absența fiecărui ion în proba analizată se fac în baza rezultatelor tuturor etapelor analizei. Mai întâi se fac observațiile și încercările preliminare, mai apoi se efectuează analiza sistematică a cationilor și anionilor. Observațiile preliminare includ stabilirea culorii soluției, prezenței sau absenței precipitatului și a mediului soluției. Încercările preliminare țin de identificarea acelor ioni, care au reacții specifice și pot fi identificați în prezența tuturor celorlalți

ioni. După aceasta, se efectuează analiza sistematică, pornind de la rezultatele observațiilor și încercărilor preliminare.

În soluțiile bazice, cationii primei grupe analitice și fierul (III) formează hidroxizi puțin solubili. Hidroxidul de plumb (II), care se poate forma în soluții cu bazicitate moderată, creată de alcalii și de hidroxidul de amoniu, este de culoare albă, solubil în soluții puternic bazice cu formarea hidroxo-compusului respectiv, dar și în acid azotic. Hidroxidul de argint proaspăt format este de culoare albă, dar în timp capătă culoare brună-neagră, în urma descompunerii cu formarea oxidului de argint Ag_2O . Fierul (III) în soluții alcaline formează hidroxidul de fier (III) de culoare brună.

Ionii Ag^+ , în prezența carbonaților solubili, formează un precipitat gălbui – Ag_2CO_3 , iar ionii Pb^{2+} - carbonat bazic $\text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, un precipitat de culoare albă. Carbonații cationilor grupei a II-a analitice CaCO_3 și BaCO_3 sunt precipitate de culoare albă, insolubile în apă. Carbonații cationilor menționați, ca și toți carbonații, sunt solubili în acizii minerali tari și în acidul acetic cu degajarea de CO_2 , gaz incolor care tulbură apa de var. Astfel, în prezența ionilor de carbonat în exces dintre cationii studiați doar ionul NH_4^+ se va găsi în soluție.

Ionii Ag^+ , în prezența ionilor Cl^- , formează un precipitat alb cazeinic, insolubil chiar și în acizi minerali tari. Cationii Pb^{2+} , în prezența ionilor de clor, se pot afla parțial în precipitat și parțial în soluție, deoarece clorura de plumb are o solubilitate relativ mare ($1,59 \cdot 10^{-2}$ mol/L).

În prezența anionilor sulfat, cationii de bariu se vor precipita în formă de BaSO_4 , insolubil în acizi minerali tari și alcalii, iar cationii de Ca^{2+} și Pb^{2+} ar putea să se afle parțial în precipitat și parțial în soluție. Doar în prezența unui exces considerabil al ionilor SO_4^{2-} ultimii doi ar putea să se afle totalmente în precipitat.

Soluțiile care nu conțin precipitate, după identificarea ionului NH_4^+ , se supun analizei sistematice conform schemei ce urmează (pag. 155).

Schema de efectuare a analizei unui amestec de ioni sau substanțe chimice este determinată de scopul urmărit și natura componentelor, a căror prezență în proba supusă analizei este presupusă.

În continuare este expusă o variantă posibilă de separare și identificare a cationilor din amestecul care poate conține cationii, reacțiile de identificare ale cărora au fost descrise în 6.2.

Pentru îndeplinirea acestei lucrări practice sunt necesare: set de eprubete cilindrice și conice pentru centrifugare; reșou electric pentru încălzirea apei; microscop pentru vizualizarea precipitatelor cristaline; lamele de sticlă; baghetă de sticlă; pipete Pasteur; centrifugă; soluțiile reactivilor analitici folosiți; hârtie de indicator universal; stropitoare; apă distilată.

Modul de lucru:

1. Identificarea ionilor NH_4^+

Într-o porțiune aparte de soluție, se verifică prezența ionului NH_4^+ cu soluție de hidroxid de sodiu la încălzire. Colorarea în albastru a hârtiei umezite de indicator universal introdusă în vaporii ce se degajă atestă prezența ionului de amoniu în soluția analizată.

2. Stabilirea prezenței cationilor grupelor I și separarea lor din amestecul analizat

La câteva picături de soluție supusă analizei, într-o eprubetă conică se adaugă un volum egal de alcool etilic și 2-3 picături de soluție de HCl (2 mol/L). Apariția unui precipitat alb confirmă prezența în amestec a cationilor din grupa I (Ag^+ , Pb^{2+}). În cazul prezenței acestora la circa 2-3 mL de soluție supusă analizei (**soluția inițială**), într-o eprubetă conică se adaugă 2-3 mL de alcool etilic și 5-7 picături de HCl (2 mol/L), amestecul se agită cu bagheta de sticlă și se centrifughează.

După verificarea plenitudinii precipitării cationilor grupei I și centrifugare, soluția de pe precipitat se trece în altă eprubetă conică (**soluția 1**), iar precipitatul, care poate conține AgCl , și PbCl_2 (**precipitatul 1**), se spală cu apă slab acidulată cu acid clorhidric și se analizează.

3. Separarea cationilor Fe^{3+} din amestec

Centrifugatul obținut după separarea precipitatului cationilor grupei I (**soluția 1**) poate conține ionii Ba^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} și NH_4^+ . Pentru identificarea ionilor de Fe^{3+} , la câteva picături de soluție, într-o eprubetă conică, se adaugă soluție de NaOH de 6 mol/L până la crearea mediului bazic. Formarea precipitatului amorf de culoare brună demonstrează prezența ionilor de Fe^{3+} . În așa caz, în eprubetă se trece circa 2/3 din soluția 1 (1/3 se păstrează pentru eventualele verificări) și se adaugă soluție de hidroxid de sodiu pentru precipitarea hidroxidului de fier(III). După verificarea plenitudinii precipitării ionilor de Fe^{3+} , amestecul se centrifughează, soluția se trece într-o eprubetă (**soluția 4**), iar precipitatul (**precipitatul 4**) se spală cu 2-3 mL de apă caldă.

4. Separarea și preconcentrarea cationilor grupei a II-a analitice

Concentrația cationilor grupei a II-a analitice în soluția 4 s-a redus substanțial după adăugarea acidului clorhidric pentru precipitarea cationilor grupei I analitice și a soluției de hidroxid de sodiu la precipitarea ionilor de Fe^{3+} . În așa caz, identificarea acestora necesită reacții cu o sensibilitate înaltă, ceea ce nu este caracteristic tuturor reacțiilor analitice de identificare a acestora. Pentru depășirea acestei situații, cationii Ba^{2+} și Ca^{2+} pot fi precipitați din soluție în formă de carbonați (solubilitatea $\text{CaCO}_3 = 6,16 \cdot 10^{-5}$, iar a $\text{BaCO}_3 = 2,0 \cdot 10^{-5}$ mol/L). Carbonații, fiind mai apoi dizolvați într-un volum mic de acid acetic, creează concentrații ale ionilor Ba^{2+} și Ca^{2+} , care permit identificarea acestora cu majoritatea reacțiilor analitice caracteristice lor.

Soluția 4 se trece într-o eprubetă conică și la aceasta se adaugă 2-3 mL soluție saturată de carbonat de sodiu. Amestecul obținut se centrifughează, precipitatul se separă de soluție (**precipitatul 5**) și se spală cu câțiva mililitri de apă distilată.

5. Identificarea cationilor grupei I

Precipitatul 1 se împarte în două părți și o parte se tratează cu câțiva mililitri de apă fierbinte. După agitarea intensă cu o baghetă de sticlă, soluția fierbinte se centrifughează, apoi, după separarea de precipitat și după răcire, în ea se identifică ionii Pb^{2+} cu soluție de iodură de potasiu. În cazul formării precipitatului de culoare galbenă, deci a prezenței ionilor Pb^{2+} , precipitatul 1 se spală cu apă fierbinte până la dizolvarea completă a clorurii de plumb (se verifică cu KI în apele de spălare).

Precipitatul rămas după dizolvarea clorurii de plumb cu apă fierbinte (**precipitatul 2**) poate conține AgCl . Pentru identificare, acesta se tratează cu 2-3 mL de soluție concentrată de amoniac și se agită. Dizolvarea precipitatului dovedește că acesta reprezintă clorura de argint, care poate fi confirmată și de apariția precipitatului la tratarea soluției 3 cu acid azotic.

6. Identificarea ionilor Fe^{3+}

Precipitatul 4 se tratează cu o cantitate minimă de soluție de acid clorhidric de 2 mol/L și în soluția obținută se identifică ionii Fe^{3+} cu soluție de tiocianură de potasiu. Colorarea soluției în roșu demonstrează prezența ionilor Fe^{3+} .

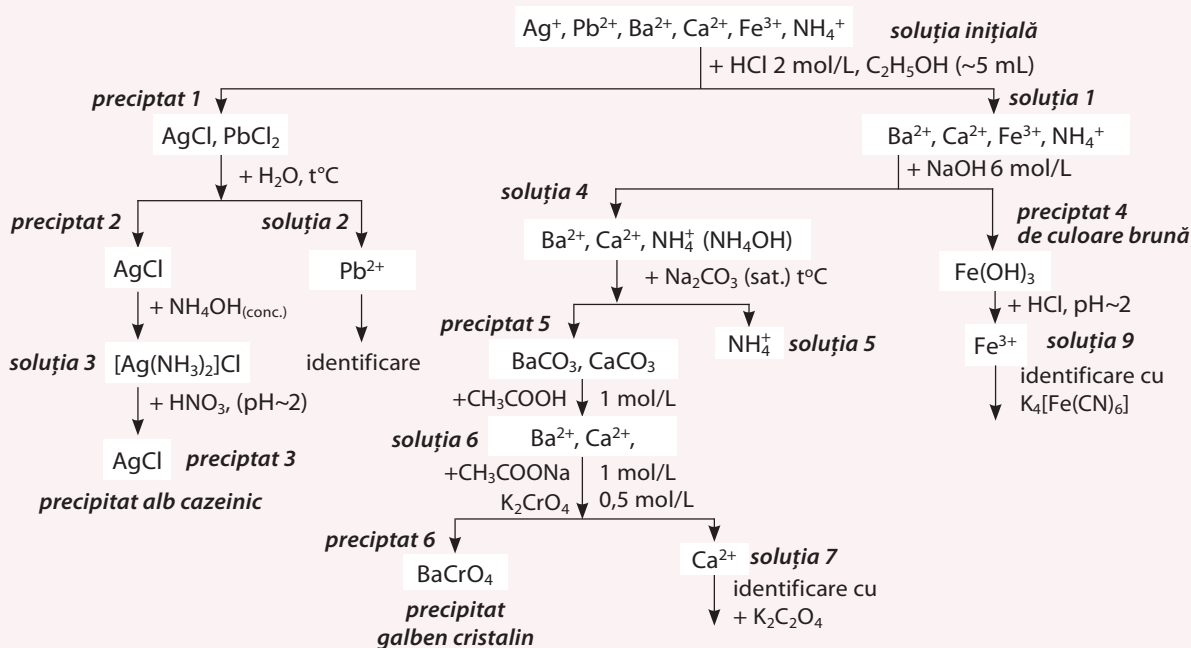
7. Identificarea cationilor grupei a II-a analitice

Precipitatul 5 se dizolvă în soluție de acid acetic și mai apoi se adaugă soluție de bicromat de potasiu.

Sarcini imediate

Ce concluzii pot fi trase, dacă la spălarea cu apă fierbinte precipitatul 1 se dizolvă completamente?

Schema analizei sistematice a unui amestec de cationi



Notă: Verificați plenitudinea precipitării la separarea fiecărei grupe de cationi.

În prezența ionilor de bariu, în soluție se formează un precipitat cristalin de culoare galbenă. În așa caz, după precipitarea completă a ionilor Ba²⁺, precipitatul se separă de soluție și în ea se identifică ionii de calciu cu soluție de oxalat de amoniu sau potasiu. Formarea precipitatului cristalin de culoare albă atestă prezența ionilor de calciu în soluție.

Prezența ionilor NH₄⁺ a fost determinată într-o probă aparte (vezi pag. 153, p. 1).

În funcție de rezultatele operațiilor efectuate pe parcursul efectuării analizei, se stabilește compoziția cationică a probei analizate.

Identificarea anionilor într-un amestec se efectuează de regulă după identificarea cationilor, ceea ce ușurează în mare măsură îndeplinirea acestei lucrări, deoarece, cunoscând compoziția cationică și rezultatele analizei organoleptice a soluției, se poate exclude prezența unor anioni. Varianta propusă presupune prezența anionilor, reacțiile de identificare a cărora au fost însușite anterior, iar în calitate de cationi se admite prezența ionilor Na⁺, K⁺, NH₄⁺. Astfel soluția nu conține precipitat.

Efectuând reacțiile de identificare a anionilor Cl⁻, SO₄²⁻ și CO₃²⁻ într-o anumită ordine, lucrarea se poate îndeplini fără realizarea operațiilor de separare a componentelor amestecului. Astfel, la 3-5 mL de soluție de analizat într-o eprubetă, prevăzută cu tub de evacuare a gazelor, se adaugă 5-7 picături de acid azotic de 2 mol/L. În prezența ionilor CO₃²⁻ se degajă CO₂, care, fiind barbotat prin apă de var, provoacă tulburarea acesteia.

În altă porțiune de soluție (5-7 picături) se identifică ionii SO₄²⁻ adăugând 3-5 picături de soluție de Ba(NO₃)₂ de 2 mol/L și 1-2 mL soluție de acid azotic de 2 mol/L. Formarea precipitatului de culoare albă atestă prezența ionilor SO₄²⁻ în soluția analizată.

Pentru identificarea ionilor Cl⁻ precipitatul, format la identificarea ionilor SO₄²⁻, se separă de soluție prin centrifugare și la centrifugat se adaugă 1-2 mL soluție de AgNO₃ de 0,1 mol/L. În cazul prezenței ionilor Cl⁻ se formează un precipitat alb cazeinic, care este solubil în soluție concentrată de NH₄OH.



Analiza calitativă a compoziției unei soluții ce conține o sare necunoscută

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

Scopul acestei lucrări este de a efectua analiza calitativă a unei substanțe, care poate conține în compoziția sa cationi și anioni, reacțiile de identificare ale cărora au fost însușite anterior.

Consultând tabelul solubilității sărurilor, veți vedea că unele săruri, care au în compoziția lor cationi și anioni din șirurile menționate, sunt solubile, iar altele sunt puțin solubile sau insolubile. Este evident că modul de analiză a unei sări este determinat de proprietatea ei de a se dizolva în apă. Pornind de la aceste constatări, vom determina modalitatea de stabilire a compoziției cationice și anionice a unei sări solubile/insolubile în apă.

Ustensile, vase și reactivi necesari:

Centrifugă, reșou electric sau spirtieră, microscop, lamele de sticlă, set de eprubete cilindrice și conice, baghetă de sticlă, hârtie de indicator universal, pipetă, apă distilată, set de reactivi pentru efectuarea reacțiilor de identificare a cationilor și anionilor.

Analiza unui amestec de săruri se efectuează în câteva etape, după o anumită schemă și se numește *analiză sistematică*. Identificarea componentelor probei care se propune pentru a fi analizată nu necesită efectuarea analizei sistematice, deoarece aceasta conține o singură sare, ceea ce exclude prezența speciilor jenante.

Modul de lucru:

Încercări preliminare: Se efectuează analiza organoleptică a substanței solide date. Apoi se determină solubilitatea probei în apă. În cazul solubilizării în apă se determină mediul soluției. Ținând cont că proba s-a dizolvat în apă și pornind de la condiția că aceasta conține o singură sare, identificarea compoziției sării poate fi efectuată conform schemei din tabelul 6.2.

Soluțiile reactivilor indicați în tabelul propus se adaugă la porțiuni aparte de soluție supusă analizei, iar tratarea precipitatelor se efectuează după spălarea prealabilă a acestora cu porțiuni mici de apă distilată.

Tabelul 6.2. Schema analizei unei sări cu compoziția necunoscută solubilă în apă

		Operația efectuată	Semnalul analitic observat	Ecuatia posibilei reacții	Concluzii
Soluția supusă analizei	1	Stabilirea pH-ului soluției			
	2	+ NaOH 2 mol/L, încălzire și identificarea NH_3	Colorarea hârtiei umezite de indicator în albastru Hârtia de indicator nu se colorează		
	3	+ HCl 2 mol/L, + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Formarea precipitatului (<i>precipitatul 1</i>)		
	4	Precipitatul 1 + H_2O fierbinte	Se dizolvă complet Nu se dizolvă (<i>precipitatul 2</i>)		
	5	Precipitatul 2 + NH_4OH conc. în exces	Se dizolvă		
	6	+ NaOH 6 mol/L exces	Formarea precipitatului de culoare brună (<i>precipitatul 3</i>)		
	7	+ soluție de Na_2CO_3 saturată	Formarea precipitatului (<i>precipitatul 4</i>)		
Soluția supusă analizei	8	Precipitat 4 + CH_3COOH , + K_2CrO_4	Formarea precipitatului de culoare galbenă		
	9	+ soluție de BaCl_2 , + HNO_3 6 mol/L	Formarea precipitatului de culoare albă Se degajă un gaz incolor, inodor care tulbură apa de var		
	10	+ sol de AgNO_3 , + HNO_3 2 mol/L	Formarea precipitatului alb cazeinic		

În cazul insolubilității în apă a probei ce trebuie analizată, ținându-se cont de setul de cationi și anioni studiați, proba poate conține carbonații tuturor cationilor, cu excepția carbonatului de amoniu, sulfat de bariu, plumb sau calciu, clorură de plumb sau argint. Toate aceste săruri sunt cristaline, de culoare albă, doar carbonatul de argint este de culoare galbenă-pal. Analiza probei insolubile se poate efectua după schema din tabelul 6.3.

Tabelul 6.3. *Analiza sării insolubile în apă care poate conține cationii și anionii studiați*

		Operația efectuată	Semnalul analitic observat	Ecuația posibilei reacții	Concluzii
Substanța solidă insolubilă în apă	1	La ~ 0,1g de substanță se adaugă ~ 5 mL soluție de NH_4OH conc.	Substanța se dizolvă		
			Substanța nu se dizolvă		
	2	Dacă substanța nu se dizolvă în p. 1 circa 0,1 g de substanță se tratează cu apă fierbinte.	Precipitatul se dizolvă		
			Precipitatul nu se dizolvă		
	3	Dacă substanța nu se dizolvă pp. 1 și 2 la ~ 0,2 g de substanță se adaugă 3-4 mL HNO_3 2 mol/L	Substanța se dizolvă cu degajarea unui gaz incolor, inodor ce tulbură apa de var		
			Substanța nu se dizolvă		
Substanța solidă insolubilă în apă	4	Dacă substanța nu se dizolvă în pp. 1, 2 și 3 circa 0,2 g de substanță se tratează la fierbere cu soluție saturată de Na_2CO_3 , apoi precipitatul se tratează cu acid acetic	Precipitatul se dizolvă		
			Precipitatul nu se dizolvă		

Prezența cationilor și anionilor în soluțiile obținute în punctele 1,2,3,4 din tabelul 6.3 se identifică după schema din tabelul 6.2, ținând cont de condițiile de obținere a acestora.

Efectuați operațiile indicate în tabelele 6.2 și 6.3, după caz, completați tabelele și, în funcție de semnalele analitice observate în urma acțiunii reactivilor analitici respectivi asupra soluției supuse analizei, a substanței insolubile și a precipitatelor obținute, trageți concluziile referitoare la compoziția sării analizate.

EVALUARE

1. Argumentați necesitatea separării cationilor în grupe analitice în analiza calitativă.
2. Distingeți deosebirile dintre reactivul de grupă și reactivul specific.
3. Numiți apartenența cationilor Ca^{2+} , Fe^{3+} și NH_4^+ la grupe analitice. Indicați reactivii de grupă și produsele interacțiunii lor cu acești cationi.
4. Propuneți o modalitate de separare a sulfatilor de Pb^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} . Scrieți ecuațiile reacțiilor.
5. Descrieți operațiile care trebuie efectuate pentru a identifica ionul Cl^- . Scrieți ecuațiile reacțiilor.
6. Relatați despre clasificările cationilor în grupe analitice.
7. Ce reacție permite să se identifice ionul Ca^{2+} în prezența ionilor Pb^{2+} și Ba^{2+} ?
8. Numiți reactivul care permite să se identifice ionul NH_4^+ în prezența tuturor celorlalți cationi.
9. Explicați de ce, pentru anionii grupei I, reactivul de grupă este soluția de BaCl_2 , în mediu neutru sau slab bazic, iar pentru anionii grupei a II-a – nitratul de argint, în mediu de acid azotic de 2 mol/L.

ANALIZA CANTITATIVĂ. TITRIMETRIA (VOLUMETRIA) (pentru profilul real)

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/ capabilă:

- să explici și să operezi cu noțiunile generale ce se referă la analiza chimică în situații de comunicare orală și scrisă;
- să elaborezi și să aplici algoritmi: a) de calculare a concentrației molare a ionilor după ecuațiile de disociere, b) a valorii pH/ pOH-ului;
- să modelezi: a) prin ecuații chimice de disociere a electroliților tari și slabi, b) prin ecuații în formă moleculară și ionică a interacțiunilor în soluții de electroliți;
- să rezolvi probleme: a) de preparare a soluțiilor cu o anumită concentrație molară/ parte de masă, b) în baza produsului ionic al apei, de determinare a pH/ pOH-ului în soluții de acizi/ baze tari, c) în baza metodei volumetrice, pornind de la noțiunea de concentrație molară;
- să investighezi experimental unele contexte problematice legate de necesitatea preparării soluțiilor, realizării unei analize chimice.

Metode titrimetrice (volumetrice)

7.1. de analiză. Noțiuni generale

Noțiuni-cheie

- Metode de analiză cantitativă
- Titrimetria acido-bazică
- Vase gradate
- Operații de titrare
- Parte alicotă
- Sfârșitul titrării
- Soluții standard
- Indicatori acido-bazici

Sarcini imediate

Dați exemple de aplicări ale analizei cantitative în diverse domenii de producție.

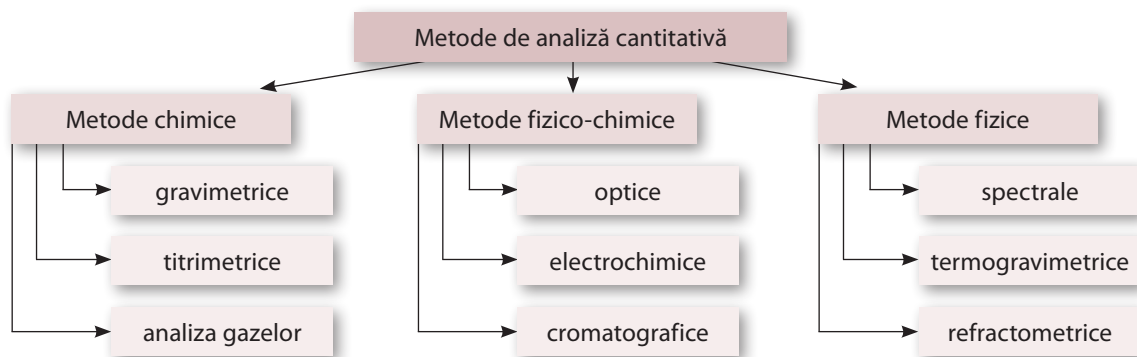
Analiza cantitativă are drept scop stabilirea proporției masice a elementelor sau a grupelor de elemente ce constituie o substanță sau un amestec de substanțe. În baza rezultatelor analizei cantitative, se determină raportul maselor componentelor amestecului analizat, cantitățile de substanțe în soluție sau în amestec, compoziția moleculară a substanței cercetate etc.

Analiza cantitativă are o mare importanță nu numai în chimie, ci și în multe alte domenii de activitate ale societății. Dezvoltarea medicinei, microbiologiei, farmacologiei, agrochimiei, industriei alimentare, geologiei, metalurgiei etc. este indisolubil legată de posibilitățile chimiei analitice și, în special, ale analizei cantitative.

Metodele analizei cantitative se împart, convențional, în trei grupe: *metode chimice*, *metode fizico-chimice* și *metode fizice de analiză* (schema 7.1). Ultimele două grupe mai poartă denumirea de *metode instrumentale de analiză*.

Metodele chimice de analiză cantitativă includ *gravimetria*, *titrimetria* și *analiza gazelor*. Esența *gravimetriei* constă în obținerea compușilor puțin solubili sau volatili ai speciilor de analizat și determinarea masei lor. *Titrimetria* se bazează pe măsurarea volumelor soluțiilor substanțelor reactante, modalitatea de interacțiune și concentrația uneia dintre care sunt cunoscute.

Producerea bunurilor materiale și tehnologiile contemporane din toate domeniile activității umane necesită organizarea unui control analitic riguros al calității materiei prime și al produselor finite, caracterizat de o exactitate înaltă a rezultatelor și de o durată mică



pentru obținerea acestora. Cunoașterea la timp a parametrilor compoziției produselor, fie chiar cu o precizie nu prea înaltă, permite efectuarea unor modificări operative în procesele tehnologice de producere în scopul menținerii calității producției în parametrii prevăzuți de documentația normativă. În industria alimentară, metalurgică, farmaceutică, chimică ș.a., durata realizării analizei chimice are importanță primordială și reducerea ei este una dintre cerințele principale înaintate față de metodele de analiză utilizate. Deseori, cele mai exacte rezultate ale analizei cantitative devin inutile, dacă nu sunt oferite la timp.

La efectuarea analizei titrimetrice, de regulă, la un volum bine determinat de soluție a substanței de analizat (*volum alicot*) se adaugă, în porțiuni mici, soluția reactivului analitic (numit *titrant*) până la interacțiunea completă a speciei analizate. Acest procedeu se numește *titrare*. Momentul în care la soluția speciei de analizat în procesul titrării este adăugată o cantitate de titrant, determinată de valorile coeficienților stoechiometrici în ecuația reacției, se numește *punct de echivalență*.

Cerințele înaintate față de reacțiile folosite în titrimetrie. Reacțiile chimice folosite în titrimetrie trebuie să satisfacă următoarele condiții:

- să decurgă conform unei stoechiometriei (raport molar de reactanți) bine cunoscute;
- să fie practic ireversibile;
- să nu fie însoțite de reacții secundare și concomitente, cu participarea reactivului analitic;
- să decurgă cu viteză mare;
- să fie posibilă stabilirea punctului de echivalență sau a sfârșitului reacției.

Specificul metodelor titrimetrice de analiză constă în faptul că, la titrare, nu se adaugă un exces de reactiv analitic, ci o cantitate strict necesară pentru interacțiunea cu specia analizată conform ecuației reacției. Calculele rezultatelor analizei titrimetrice se fac în baza legii echivalențelor, conform căreia, în punctul de echivalență, cantitățile reactanților, exprimate în moli echivalenți, sunt egale.

Ireversibilitatea reacțiilor este necesară, deoarece nu este admisă adăugarea unui exces de reactant pentru deplasarea echilibrului în direcția produselor reacției. Reactivul analitic, adăugat în procesul titrării, trebuie să se consume numai la interacțiunea cu specia analizată, de aceea nu pot fi admise reacțiile secundare sau concomitente, care ar face imposibile calculele rezultatelor analizei.

Este evident că reacțiile utilizate în titrimetrie trebuie să decurgă cu viteză mare, altfel nu ar fi posibilă stabilirea corectă a punctului de echivalență. Momentul în care specia analizată a interacționat completamente în procesul titrării trebuie să fie însoțit de un *semnal analitic*. În cazul reacțiilor desfășurate cu viteză mică, stabilirea punctului de echivalență este anevoioasă sau chiar imposibilă.

Pentru realizarea unei analize titrimetrice sunt necesare:

- soluția reactivului analitic (titrantului) de concentrație cunoscută, numită *soluție standard*, care interacționează cu specia analizată;
- vase chimice pentru măsurarea exactă a volumelor soluțiilor reactanților (în titrimetrie, măsurarea volumelor soluțiilor se face cu *pipeta*, cu *biureta* și cu *balonul cotat*);
- instalația pentru efectuarea titrării, incluzând stativul metalic pe care este fixată biureta;
- o modalitate suficient de exactă pentru determinarea punctului de echivalență.



În analiza titrimetrică, concentrația molară a soluțiilor standard se exprimă numeric cu aproximație de zecimi de miimi (patru cifre după virgulă), iar titrul – cu patru cifre semnificative.

Toate vasele chimice care se folosesc la efectuarea unei titrări se spală și se clătesc în prealabil cu apă distilată.



Fig. 7.1. Baloane cotate

7.1.1. Măsurarea volumelor în metodele titrimetrice și erorile posibile

În metodele titrimetrice, alături de operațiile de cântărire și de titrare, măsurarea volumelor este una dintre cele mai importante operații (această grupă de metode se mai numește *volumetrie*). Măsurarea volumelor soluțiilor în titrimetrie se efectuează pentru a determina prin calcule concentrația soluției substanței analizate. Unitatea de măsură a volumului în titrimetrie este dm^3 sau litrul (l), care este definit ca volumul pe care îl ocupă 1 kg de apă distilată la 4°C . În calculele titrimetrice cu aplicarea legii echivalențelor poate fi folosită a mia parte dintr-un litru – mililitrul, cu condiția că în ambele părți ale egalității să fie aplicată aceeași unitate de volum.

Vasele chimice prevăzute pentru măsurarea volumelor cu exactitate înaltă se împart în două tipuri:

- vase gradate pentru umplere (semnul de marcare [cota] indică volumul pe care îl măsoară, dacă vasul este umplut cu soluție până la semn);
- vase gradate pentru golire (semnul de marcare [cota] indică până unde se va umple vasul, ca apoi, la golire, să măsoare volumul indicat de gradația respectivă).

Baloanele cotate sunt vase gradate pentru umplere, au fundul plat și gâtul lung, pe care este gravat un semn circular (cotă) ce indică limita lor de umplere (fig. 7.1). Baloanele cotate pot fi cu sau fără dop rodant și se folosesc pentru prepararea soluțiilor cu concentrația exactă (soluții standard). Pentru aceasta, proba de substanță etalon se trece cantitativ în balonul cotat și se dizolvă. Dacă dizolvarea substanței este însoțită de degajarea sau de absorbția căldurii, după dizolvare se așteaptă până când temperatura soluției se normalizează, apoi volumul soluției se aduce, cu apă distilată (sau cu solventul respectiv), la cotă, folosind o pipetă. Balonul se astupă cu dopul rodant și soluția se omogenizează prin agitare. Baloanele cotate sunt de diferite capacități: 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1 000, 2 000 mL.

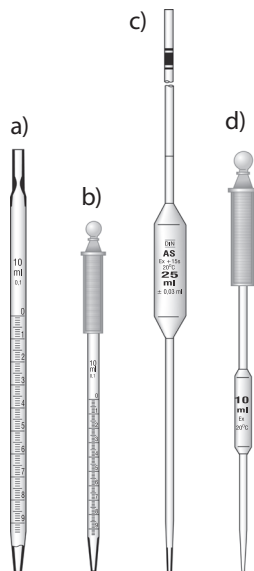


Fig. 7.2. Pipete pentru măsurarea volumului soluțiilor: a – pipetă gradată; b – pipetă gradată cu piston; c – pipetă cotată cu bulă; d – pipetă cotată cu piston

Pipetele fac parte din vasele gradate pentru golire și sunt de două tipuri:

- *Pipeta cotată* reprezintă un tub de sticlă cu un capăt subțiat și cu o umflătură la mijloc (pipeta cotată cu bulă). Servește pentru măsurarea exactă a volumului soluțiilor. Pipetele cotate sunt de următoarele capacități: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 mL (fig. 7.2).
- *Pipeta gradată* reprezintă un tub de sticlă gradat în mililitri și fracțiuni de mililitru, cu un capăt subțiat. Se folosește pentru măsurarea exactă a volumelor mici de soluții.

Pentru măsurarea volumului cu pipeta, capătul inferior (subțiat) al acesteia se introduce în soluție și se aspiră cu o pară de cauciuc sau cu pistonul, până când soluția depășește cota sau gradația respectivă. Apoi, para de cauciuc se înlătură și pipeta se astupă repede cu degetul arătător, umezit în prealabil. Pipeta se scoate din soluție și se lasă să se scurgă lichidul până când marginea inferioară a meniscului este tangentă la cotă. Ulterior, pipeta se introduce în vasul pregătit din timp și se lasă să se scurgă liber soluția. După ce se scurge aproape toată soluția, vasul se înclină și vârful pipetei se atinge de fundul vasului, până când din pipetă nu se mai scurge soluție (fig. 7.3).

Biuretele sunt vase gradate pentru golire și reprezintă un tub de sticlă gradat, dotat, în partea inferioară, cu un dispozitiv cu ajutorul căruia se poate închide sau regla scurgerea soluției. Dispozitivul de reglare a scurgerii soluției este confecționat dintr-un tub de cauciuc cu o clemă sau cu o mârgea în interior (fig. 7.4). Există biurete cu robinet din sticlă sau din teflon (fig. 7.5).

Pentru efectuarea titrării, biureta se fixează vertical în stativ (fig. 7.4), se clătește cu apă distilată și apoi cu soluție, pentru a evita modificarea concentrației acesteia la amestecarea cu picăturile de apă care pot fi pe suprafața interioară a biuretei. După aceasta, biureta se umple cu soluție până peste semn, se înlătură aerul din tubul inferior al biuretei și nivelul soluției se aduce la semn. Înainte de a începe titrarea, se verifică dacă nivelul soluției în biuretă este la semn. Citirea gradației de pe biuretă se face astfel încât să fie exclusă eroarea de *paralaxă*. Pentru aceasta, privirea analistului trebuie să fie orientată pe orizontala tangentă la menisc

R emarcă

Nu se permite suflarea soluției din pipetă la trecerea ei în paharul Erlenmeyer (balon conic).

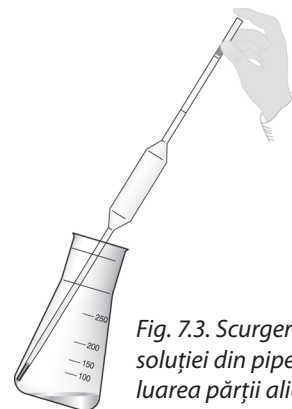


Fig. 7.3. Scurgerea soluției din pipetă la luarea părții alicote

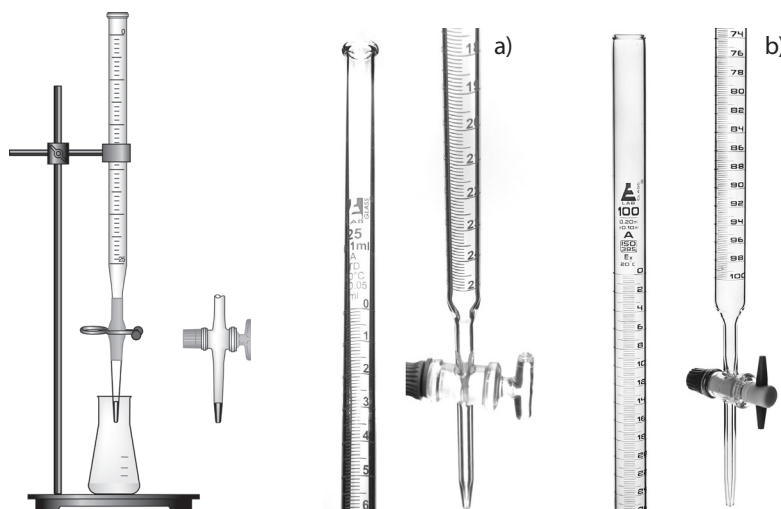


Fig. 7.4. Instalație pentru efectuarea titrărilor

Fig. 7.5. Biurete: a – biuretă dreaptă cu robinet din sticlă; b – biuretă dreaptă cu robinet din teflon

(fig. 7.6, b). Oricare altă variantă de măsurare a volumului implică o eroare pozitivă (fig. 7.6, a) sau negativă (fig. 7.6, c).

Pentru măsurarea aproximativă a volumelor soluțiilor cu eroarea $\pm 1-5\%$, se utilizează eprubete, cilindri, pahare gradate etc., măsurarea cu ele fiind mai puțin exactă din cauza diametrului relativ mare al acestor vase.

7.1.2. Efectuarea unei operații de titrare



Titrare este operația de adăugare treptată, în porțiuni mici de volum, a soluției reactivului analitic (titrantului) la un volum bine determinat de soluție a speciei de analizat, până când cantitățile de reactanți din soluții, exprimate în moli echivalenți, devin egale.

R emarcă



Este contraindicat ca vasele chimice, utilizate pentru măsurarea exactă a volumelor soluțiilor și substanțelor lichide (baloane cotate, biurete, pipete etc.), să fie încălzite pe baia de apă sau la flacăra arzătorului de gaz.

Fiecare operație de titrare are specificul său, în funcție de metoda titrimetrică folosită și de natura speciei analizate, însă la efectuarea majorității titrărilor se îndeplinesc un șir de operații comune. După cum s-a menționat anterior, toate vasele chimice folosite la efectuarea unei titrări se pregătesc din timp și trebuie să fie curate.

Proba care se analizează este întotdeauna dizolvată (sau diluată) și volumul soluției este adus la o mărime bine determinată. De regulă, pentru prepararea soluțiilor de analizat, se folosesc baloane cotate.

În biuretă se află soluția titrantului, iar în balonul conic (pahar Erlenmeyer) se ia volumul alicot (partea alicotă) al soluției probei de analizat, la care se adaugă indicatorul respectiv pentru stabilirea sfârșitului titrării.



Volumul soluției probei de analizat, luat pentru titrare, reprezintă o parte din volumul soluției speciei de analizat și se numește *volum alicot* sau *parte alicotă*.

S arcini imediate

Explicați de ce este necesar ca volumul soluției speciei de analizat să fie bine determinat.

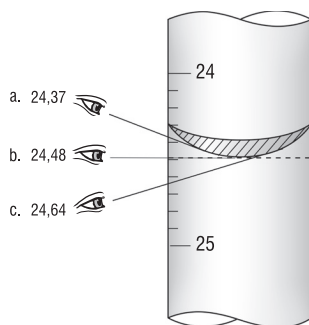


Fig. 7.6. Citirea nivelului soluției în biuretă: a, c – incorect, b – corect

Capătul inferior al biuretei trebuie să fie cu 3-4 cm mai jos decât marginea paharului Erlenmeyer. După înlăturarea aerului din tubul inferior al biuretei și aducerea volumului soluției din biuretă la semnul „0”, se efectuează titrarea adăugând la volumul alicot de soluție de analizat în paharul Erlenmeyer volume mici de titrant (0,3-0,5 mL) din biuretă, la agitare continuă, până în *punctul de echivalență*. *Punctul de echivalență* sau, în practică, sfârșitul reacției care se desfășoară în procesul titrării (*sfârșitul titrării*), se stabilește cu ajutorul așa-numiților *indicatori*, care modifică culoarea soluției la adăugarea unui volum foarte mic (o picătură) de titrant în exces. Prima titrare efectuată astfel permite să se determine cu aproximație ce volum de titrant este necesar pentru titrarea unei părți alicote de soluție de analizat și, de aceea, se numește *titrare orientativă (aproximativă)*. În continuare, pentru determinarea cu *exactitate* a volumului titrantului, care corespunde punctului de echivalență, se titrează în parte mai multe volume alicote de soluție de analizat, până când volumele titrantului consumat la titrarea a trei părți alicote se vor deosebi între ele cu mai puțin de 0,2 mL. Titrarea exactă se efectuează adăugând,

mai întâi, până în apropierea volumului corespunzător punctului de echivalență, volume de titrant mai mari (~ 0,5–1 mL) și numai ultima porțiune de titrant (circa 1,0–1,5 mL) se adaugă cu picătura. Pentru aceasta, se ține cont de rezultatele titrării orientative.

După obținerea rezultatelor titrării a trei părți alicote de soluție de analizat cu o diferență de volume ale titrantului mai mică de 0,2 mL, se determină volumul mediu de titrant care se consumă la titrarea unei părți alicote și se efectuează calculele respective.



În metodele titrimetrice se determină nu cantitatea produsului reacției chimice, ci cantitățile substanțelor care interacționează completamente, de aceea reactivii se iau în cantități strict echivalente și nu se admite surplusul niciunui dintre ei.

7.1.3. Soluții standard. Prepararea soluțiilor titranților

Este evidentă necesitatea cunoașterii concentrației soluției de titrant cu o exactitate înaltă, aceasta fiind una dintre condițiile obținerii rezultatelor adecvate ale analizelor titrimetrice. În metodele titrimetrice, soluțiile titranților se împart în două grupe, în funcție de modul cum au fost determinate concentrațiile lor: *soluții standard primar* și *soluții standard secundar*.

Soluțiile standard primar se prepară prin dizolvarea unei probe de substanță cu masa bine cunoscută, de regulă, cu exactitatea de zecimi de miimi de gram (patru cifre după virgulă), într-un volum determinat de apă distilată. De aceea, ele se mai numesc *soluții standard preparate de titranți*. Substanțele care pot fi folosite pentru prepararea soluțiilor standard primar au o compoziție strict corespunzătoare formulei chimice și se numesc *substanțe standard* sau *etalon*.

Majoritatea substanțelor chimice (NaOH, HCl, H₂SO₄, KOH, KMnO₄ etc.) nu sunt substanțe etalon, de aceea nu pot fi folosite pentru prepararea soluțiilor standard primar. Cu toate acestea, soluțiile acestor substanțe se utilizează pe larg în calitate de titranți în metodele titrimetrice. Dacă substanța chimică, soluția căreia poate fi folosită în calitate de titrant, nu este substanță standard, atunci se prepară soluția acesteia având concentrația aproximativ egală cu cea necesară și apoi se stabilește mărimea ei exactă (*se standardizează*), efectuând titrarea ei cu o soluție standard primar. Aceasta este operația de *standardizare a soluțiilor titranților*, care se numesc *soluții standard secundar* sau *standardizate*.

Concentrația molară a soluțiilor *standarde* folosite în metodele titrimetrice se exprimă cu patru cifre după virgulă, a patra fiind rotunjită.

Cel mai frecvent, în calitate de titranți se utilizează soluții standard secundar, deoarece substanțele din care se prepară acestea sunt mai accesibile. Concentrațiile soluțiilor titranților se recomandă să fie stabilite în condiții similare cu condițiile realizării analizelor.

În practică, soluțiile standard primar pot fi preparate din așa-numitele probe *titrisol* (*fixanale*), care reprezintă fiole de sticlă sudate, în care se conțin cantități anumite de substanță în stare solidă sau în soluție (fig. 7.7). De regulă, aceste fiole conțin 0,1000 mol echivalent de substanță respectivă. Această informație și termenul de valabilitate sunt indicate pe fiolă.

La prepararea soluției, fiola se sparge, conținutul ei se trece cantitativ în balonul cotelat și, după dizolvare, nivelul volumului soluției se aduce la cotă. Soluția se agită pentru omogenizarea concentrației substanței dizolvate în tot volumul ei.

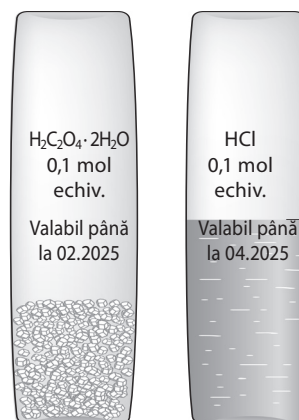


Fig. 7.7. Fiole de sticlă sudate care conțin o anumită cantitate de substanță (titrisol sau fixanale)

7.1.4. Calcule în metoda volumetrică

În analiza volumetrică, se efectuează un șir de calcule, care pot fi clasificate în două grupe:

- calculele efectuate la prepararea soluțiilor titranților prin dizolvarea probelor de substanțe standard sau prin diluarea soluțiilor mai concentrate;
- calculele concentrațiilor soluțiilor analizate și maselor speciilor respective.

De modalitățile principale de exprimare a compoziției soluțiilor și de calculele respective ați luat cunoștință la pag. 121-122. Aici ținem să atenționăm că, în titrimetrie, metodele uzuale de exprimare a concentrației soluțiilor sunt *concentrația molară a echivalentului* (normală) și *titrul soluției*.

Concentrația molară a echivalentului arată cantitatea de substanță, exprimată în moli echivalenți, care se conține într-un litru.

****Exemplul 1.** Calculați masa probei de acid oxalic cristalohidrat $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ necesară pentru a prepara o soluție cu concentrația molară a echivalentului (normală) 0,1500 mol/L și volumul de 200 mL. Factorul de echivalență al acidului oxalic este 1/2. $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126,066 \text{ g/mol}$.

Rezolvare: Fiind cunoscute toate valorile numerice, se calculează masa probei, aplicând formula de calcul:

$$m(X) = C_M(fX) \cdot M(fX) \cdot V_{\text{sol.}}$$

După aplicațiile numerice, obținem:

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,1500 \text{ mol/L} \cdot 1/2 \cdot 126,066 \text{ g/mol} \cdot 0,2 \text{ L} = 1,8910 \text{ g}$$

Răspuns: $m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 1,8910 \text{ g}$.

Remarcă

În cazul acizilor monobazici și al bazelor monoacide $C_M = C_N$ și în expresia legii echivalențelor pot fi folosite concentrațiile molare.

La efectuarea analizelor titrimetrice, deseori este necesară prepararea soluțiilor prin diluare. Calculele se efectuează în conformitate cu legea diluției soluțiilor:

$$C_{M_1}(A) \cdot V_1(A) = C_{M_2}(A) \cdot V_2(A) \quad (7.1)$$

în care: C_{N_1} și V_1 reprezintă concentrația normală și volumul soluției până la diluție; C_{N_2} și V_2 – concentrația normală și volumul soluției după diluție.

Astfel, cunoscând concentrația soluției inițiale, se determină volumul necesar pentru prepararea oricărui alt volum de soluție cu concentrația mai mică.

Exemplul 2. Calculați ce volum de soluție de acid clorhidric cu concentrația molară de 1,0000 mol/L este necesar pentru a prepara 250,00 mL de soluție cu concentrația molară de 0,2000 mol/L.

Rezolvare: Deoarece $C_M(\text{HCl}) = C_N(\text{HCl})$, în expresia legii diluției poate fi folosită concentrația molară:

$$1,0000 \cdot V_1 = 0,2000 \cdot 250,00,$$

$$\text{de unde: } V_1 = \frac{0,2000 \text{ mol/L} \cdot 250,00 \text{ mL}}{1,0000 \text{ mol/L}} = 50,00 \text{ mL}$$

Răspuns: $V(\text{HCl}) = 50,00 \text{ mL}$.

Folosind expresia matematică (7.1), poate fi determinată concentrația soluției preparate prin diluția unui volum de soluție inițială cu concentrația cunoscută până la un volum indicat. Calculele rezultatelor analizei titrimetrice, la fel, se bazează pe *legea echivalențelor*, care, în cazul reacțiilor în soluții, poate fi formulată astfel:



Produsul concentrațiilor normale (C_N) și volumelor soluțiilor reactanților (V) în punctul de echivalență reprezintă mărimi egale.

Pentru cazul general:



legea echivalențelor se exprimă prin relația:

$$C_N(A) \cdot V(A) = C_N(B) \cdot V(B) \quad (7.2)$$

în care: $C_N(A)$ și $V(A)$ reprezintă concentrația normală și volumul soluției substanței A;

$C_N(B)$ și $V(B)$ – concentrația normală și volumul soluției substanței B.

Astfel, dacă se cunosc volumele soluției speciei de analizat și a titrantului, precum și concentrația normală a titrantului, se determină concentrația soluției speciei de analizat:

$$C_N(A) = \frac{C_N(B) \cdot V(B)}{V(A)} \quad (\text{mol/L}) \quad (7.3)$$

Cunoscând concentrația normală a soluției titrate și masa unui mol echivalent de substanță, se determină masa substanței în soluția analizată aplicând formula:

$$m(A) = C_N(A) \cdot M(fA) \cdot V(A) \quad (7.4)$$

în care: $m(A)$ reprezintă masa substanței (A), g;

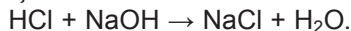
$C_N(A)$ – concentrația normală a soluției substanței (A), mol/L;

$M(fA)$ – masa molară a echivalentului substanței (A), g/mol;

$V(A)$ – volumul soluției substanței (A), litri.

Exemplul 3. La titrarea unui volum de 10,00 mL de soluție de hidroxid de sodiu, s-au consumat 18,50 mL de soluție de acid clorhidric cu concentrația molară 0,1245 mol/L. Determinați masa hidroxidului de sodiu care se găsește în 500 mL de soluție analizată.

Rezolvare: Se scrie ecuația reacției acidului clorhidric cu hidroxidul de sodiu:



Factorii de echivalență ai acidului clorhidric și hidroxidului de sodiu, evident, sunt egali cu 1. Astfel:

$$C_N(\text{HCl}) = C_M(\text{HCl}); \quad C_N(\text{NaOH}) = C_M(\text{NaOH})$$

și masa molară a echivalentului hidroxidului de sodiu este egală cu masa molară.

Din relația matematică a legii echivalențelor:

$$C_M(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = C_M(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

se exprimă concentrația hidroxidului de sodiu:

$$C_M(\text{NaOH}) = \frac{C_M(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{NaOH})}$$

După operarea numerică, se calculează concentrația soluției de NaOH:

$$C_M(\text{NaOH}) = \frac{0,1240 \text{ mol/L} \cdot 18,5 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 0,2294 \text{ mol/L}$$

apoi masa substanței care se conține în volumul soluției, indicat în condițiile problemei:

$$m(\text{NaOH}) = C_M(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,2294 \text{ mol/L} \cdot 40 \text{ g/mol} \cdot 0,5 \text{ L} = 4,5880 \text{ g}.$$

Răspuns: $m(\text{NaOH}) = 4,5880 \text{ g}$.

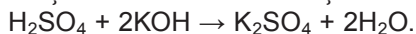


Masele substanțelor calculate în baza rezultatelor analizei titrimetrică se prezintă cu exactitatea de miimi de gram (cu trei cifre după virgulă).

Dacă concentrația titrantului este exprimată prin titru, mai întâi se calculează concentrația normală a soluției acestuia, apoi calculele se reduc la cele efectuate anterior.

****Exemplul 4.** La titrarea unei părți alicote de soluție de acid sulfuric cu volumul 20 mL, s-au consumat 15,45 mL de soluție de hidroxid de potasiu cu titrul 0,005604 g/mL. Determinați concentrația molară a echivalentului soluției de acid sulfuric și masa substanței care se găsește în soluția cu volumul de 200 mL.

Rezolvare: Se scrie ecuația reacției dintre acidul sulfuric și hidroxidul de potasiu:



Factorul de echivalență al acidului sulfuric este egal cu 1/2 (sunt substituiți doi ioni de hidrogen în molecula acidului sulfuric) și cu 1 pentru KOH. Astfel, $C_N(\text{KOH}) = C_M(\text{KOH})$.

Se determină concentrația molară a soluției de hidroxid de potasiu:

$$C_M(\text{KOH}) = \frac{T(\text{KOH}) \cdot 1000}{M(\text{KOH}) \cdot 1 \text{ L}} = \frac{0,005611 \text{ g/mL} \cdot 1000 \text{ mL}}{56,106 \text{ g/mol} \cdot 1 \text{ L}} = 0,1000 \text{ mol/L}$$

Se determină concentrația normală a soluției de acid sulfuric, folosind egalitatea dedusă din expresia ecuației legii echivalențelor:

$$C_M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{C_M(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH})}{V(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{0,1000 \text{ mol/L} \cdot 15,45 \text{ mL}}{20 \text{ mL}} = 0,0773 \text{ mol/L}$$

Se determină masa acidului sulfuric care se află în volumul de soluție indicat:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = C_M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0773 \text{ mol/L} \cdot 1/2 \cdot 98,07 \text{ g/mol} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,758 \text{ g}$$

Răspuns: $C_M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0773 \text{ mol/L}$; $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,758 \text{ g}$.

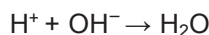
Aplicând expresia legii echivalențelor, pot fi efectuate și alte calcule necesare în titrimetrie.



La calcularea rezultatelor titrărilor acizilor polibazici și bazelor poliacide aplicând expresia matematică a legii echivalențelor, se folosesc concentrațiile normale.

7.2. Titrimetria acido-bazică. Soluții standard

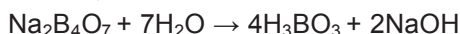
Titrațiile care au la bază reacția dintre ionii de hidroxoniu (în formă simplificată – ionii de hidrogen) și ionii de hidroxid, în urma căreia se formează apa slab disociată:



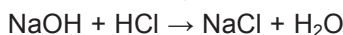
alcătuiesc grupa metodelor acido-bazice de titrare.

**Standardizarea soluțiilor de acizi se efectuează cu soluție de carbonat de sodiu Na_2CO_3 sau de tetraborat de sodiu (borax) care, în stare solidă, există în formă de cristalohidrat $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Reacția tetraboratului de sodiu cu apa este destul de complicată, dar ea poate fi redată într-un mod mai simplu prin ecuația:



Alcaliul format în urma hidrolizei interacționează cu acidul conform ecuației:



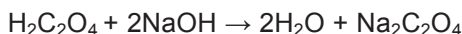
Astfel, ecuația sumară a reacției poate fi reprezentată astfel:



Factorul de echivalență al tetraboratului de sodiu este 1/2, adică masa molară a echivalentului boraxului $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ este egală cu 1/2 din masa lui molară:

$$M(1/2\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 381,42/2 = 190,71 \text{ g/mol}$$

Soluțiile alcaliilor se standardizează cu acid oxalic care, în stare solidă (proaspăt recristalizat), reprezintă cristalohidratul $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Conform ecuației reacției:



factorul de echivalență al acidului oxalic este 1/2 și, respectiv, masa molară a echivalentului este egală cu 1/2 din masa molară:

$$M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 1/2 \cdot 126,066 = 63,0330 \text{ g/mol}$$

Conform echilibrului acido-bazic în soluțiile apoase, reacția care se desfășoară la titrarea unui acid cu o bază este însoțită de micșorarea concentrației ionilor H^+ și mărirea concentrației ionilor OH^- sau de trecerea treptată de la mediul acid la mediul bazic al soluției. La

titrarea unei baze cu un acid, respectiv, are loc trecerea de la mediul alcalin la mediul acid.

Reprezentarea grafică a evoluției pH-ului în funcție de volumul titrantului adăugat pe parcursul titrării se numește *curbă de titrare* și are aspectul redat în *fig. 7.8*.

Curba de titrare pune în evidență trei etape ale procesului de titrare, în care valorile pH-ului soluției variază în mod diferit. De la începutul titrării și până în apropierea nemijlocită a punctului de echivalență, are loc o creștere lentă a valorii pH-ului soluției. Astfel, din punctul inițial (etapa I) și până în momentul când au fost adăugați 99,9 mL de titrant (99,9 % din acid sunt titrate), pH-ul soluției se modifică doar cu 2,3 unități. În apropierea punctului de echivalență (etapa II), se observă o creștere bruscă a valorii pH-ului. Din momentul în care în soluție mai rămân 0,1 mL de HCl netitrat (0,1% din cantitatea totală) și până la adăugarea excesului de NaOH egal cu 0,1 mL (0,1 % din cantitatea de titrant corespunzătoare punctului de echivalență), pH-ul soluției se modifică cu 5,4 unități. Punctul de echivalență coincide cu punctul de neutralitate (pH = 7). După depășirea punctului de echivalență (etapa III) pH-ul soluției iarăși începe să se modifice lent.

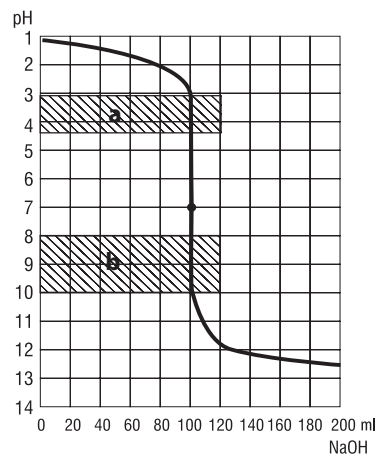


Fig. 7.8. Curba de titrare a 100 mL soluție de HCl 0,1000 mol/L cu soluție de NaOH 0,1000 mol/L.

Intervalele de viraj ale indicatorilor: a – metiloranj; b – fenolftaleină

Remarcă 
Intervalul de viraj al indicatorului este intervalul de pH în care acesta își modifică culoarea.



Variația bruscă a valorii pH-ului în apropierea nemijlocită a punctului de echivalență se numește *salt de titrare*.

Luând în considerare apropierea nemijlocită a saltului de titrare de punctul de echivalență, este evident că acest domeniu al curbei de titrare este cel mai informativ. Mărimea saltului de titrare depinde de concentrațiile speciei titrate și ale titrantului, de tăria electroliților și de temperatură.

Curba de titrare este o caracteristică de bază a sistemului care se creează la titrare și permite determinarea domeniului de pH în care este cuprins saltul de titrare.

Indicatorii folosiți în titrările acido-bazice trebuie să-și modifice culoarea în intervalul de pH al saltului de titrare.

Curba de titrare poate fi de asemenea trasată și în baza măsurărilor pH-ului pe parcursul titrării, cu aparatul numit pH-metru. Astfel, deosebim *curbe de titrare teoretice*, trasate în baza calculelor, și *curbe de titrare practice*, trasate în baza măsurărilor experimentale.

PROBLEME PENTRU REZOLVARE

- **1.** O probă de acid oxalic $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ cu masa de 1,9697 g a fost dizolvată într-un balon cu volumul de 250,00 mL. Determinați concentrația normală a acidului oxalic în soluție.

Răspuns: $C_M(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ este 0,1250 mol/L.

- 2.** Calculați volumul de soluție de acid sulfuric cu concentrația molară de 1,5000 mol/L necesar pentru prepararea unei soluții cu volumul 4,5 L și concentrația molară a acidului sulfuric egală cu 0,0500 mol/L.

Răspuns: $V(\text{H}_2\text{SO}_4)$ este 150 mL.

3. Calculați volumul de apă care trebuie adăugat la 20,00 mL de soluție de acid sulfuric, cu partea de masă a substanței dizolvate 95,12% și cu densitatea de 1,8340 g/mL, pentru a prepara o soluție de acid sulfuric cu concentrația molară de 0,0750 mol/L.

Răspuns: $V(\text{H}_2\text{O})$ este 4725,33 mL.

4. Ce volum de soluție de acid clorhidric cu concentrația molară de 1 mol/L trebuie adăugat la 1,5 L de soluție de HCl cu concentrația molară de 0,05 mol/L, pentru a obține soluție cu concentrația acidului clorhidric de 0,1 mol/L?

Răspuns: $V(\text{HCl})$ este 83,33 mL.

5. Calculați până la ce volum se va dilua soluția de hidroxid de potasiu cu concentrația molară de 0,8565 mol/L și volumul de 200 mL, pentru a obține soluție cu concentrația KOH de 0,1500 mol/L.

Răspuns: $V(\text{KOH})$ este 1 142 mL.

- **6. La titrarea părții alicote de soluție de hidroxid de sodiu cu volumul de 10,00 mL, s-au consumat 15,40 mL de soluție de acid oxalic cu titrul 0,006650 g/mL. Determinați concentrația soluției de NaOH. $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 90,035$ g/mol.

Răspuns: $C_M(\text{NaOH})$ este 0,2275 mol/L.

7. Determinați concentrația soluției de NaOH, dacă 50,00 mL de soluție interacționează cu 0,3152 g de acid oxalic cristalohidrat $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Răspuns: $C_M(\text{NaOH})$ este 0,1000 mol/L.

8. O probă de hidroxid de sodiu tehnic cu masa de 0,8682 g a fost dizolvată într-un balon cotat cu volumul de 100 mL. La titrarea părții alicote de 10 mL, se consumă 18,20 mL de soluție de acid clorhidric cu concentrația molară de 0,1165 mol/L. Determinați conținutul (%) hidroxidului de sodiu în proba analizată.

Răspuns: Puritatea hidroxidului de sodiu este de 97,68%.

9. O probă de silitră amoniacală cu masa de 2,6745 g a fost dizolvată în apă și la soluția obținută s-a adăugat NaOH în exces. Gazul degajat la fierberea îndelungată a soluției a fost trecut printr-o soluție de acid clorhidric cu volumul de 200,00 mL și concentrația de 0,1727 mol/L. După barbotare, la titrarea soluției de HCl, s-au consumat 18,50 mL de soluție de hidroxid de sodiu cu concentrația de 0,2000 mol/L. Calculați partea de masă a azotatului de amoniu în silitră amoniacală.

Răspuns: Conținutul azotatului de amoniu în silitră constituie 92,29%.

- **10. La o probă de acid oxalic cristalohidrat $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ cu masa de 0,5000 g, s-a adăugat o soluție de hidroxid de sodiu cu volumul de 25,00 mL. La titrarea excesului de alcalii, s-au consumat 10,50 mL de soluție de acid clorhidric cu concentrația de 0,1250 mol/L. Determinați concentrația molară și titrul soluției de NaOH.

Răspuns: $C_M(\text{NaOH}) = 0,3680$ mol/L, $T(\text{NaOH}) = 0,01472$ g/mL.

11. Pentru neutralizarea probei unui alcalii monoacid pur cu masa de 0,1894 g, este necesară o soluție de acid clorhidric cu volumul de 22,50 mL și concentrația molară de 0,1500 mol/L. Determinați care alcalii a fost analizat.

Răspuns: Alcaliul analizat este KOH, masa molară este de 56,109 g/mol.

EVALUARE

1. Descrieți scopul analizei cantitative și clasificarea metodelor de analiză cantitativă.
2. Enumerați și comentați cerințele înaintate față de reacțiile aplicate în metodele titrimetrice.
3. Explicați ce reprezintă operația de titrare și ce vase chimice și ustensile sunt necesare pentru efectuarea acestei operații.

4. Relatați despre soluțiile standard folosite în titrimetria acido-bazică și necesitatea cunoașterii concentrațiilor acestora.
5. Explicați noțiunile *punct de echivalență* și *sfârșitul titrării* și comentați cum se stabilește sfârșitul titrării în metodele acido-bazice de titrare.
6. Explicați deosebirea dintre titrant și titrat.
- **7.** Relatați despre noțiunea de *salt de titrare* și evidențiați factorii care influențează mărimea acestuia.
8. Determinați prin calcule masa acidului clorhidric care se conține în 500 mL de soluție, dacă la titrarea a 10 mL de astfel de soluție se consumă 16,40 mL de soluție de hidroxid de sodiu de 0,1500 mol/L.
Răspuns: $m(\text{HCl}) = 4,4847 \text{ g}$.
9. Determinați prin calcule ce masă de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ trebuie de dizolvat în 500 mL de soluție pentru a obține o soluție cu concentrația 0,1500 mol/L.
Răspuns: $m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 9,4550 \text{ g}$.
10. Determinați prin calcule ce volum de apă trebuie de adăugat la 50 g soluție cu partea de masă a NaOH egală cu 1,50% și densitatea 1,0 g/mL pentru a obține o soluție cu concentrația molară a NaOH egală cu 0,1500 mol/L.
Răspuns: $V(\text{H}_2\text{O}) = 75,00 \text{ mL}$.

LUCRAREA PRACTICĂ nr. 6



Titrare acido-bazică. Prepararea și standardizarea unei soluții de hidroxid de sodiu

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

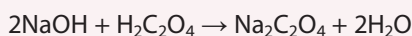
În titrimetria acido-bazică, în calitate de titranți se folosesc soluțiile standardizate (soluții standard secundare) de acizi clorhidric, sulfuric și de alcalii hidroxid de sodiu sau de potasiu. Hidroxizii de sodiu și potasiu solizi absorb bioxid de carbon din aer la păstrare și întotdeauna vor conține o cantitate de carbonați. Aceste impurități nu permit prepararea soluției standard primar de NaOH sau KOH, deoarece substanțele solide nu corespund cerințelor înaintate față de substanțele etalon. În astfel de cazuri, se prepară o soluție de hidroxid de sodiu cu concentrația aproximativ egală cu cea necesară, apoi concentrația ei se stabilește prin titrarea cu soluție standard primar de acid oxalic.

Ustensile, vase și soluții necesare: balanță analitică (după caz), instalație pentru titrare, baloane cotate cu volumul 100,00 și 1000,00 mL, pahare Erlenmeyer, pipetă cotată cu volumul 10,00 mL, fiole sau sticle de ceas pentru cântărirea probelor la balanța analitică, pâlnie de sticlă, fiolă sudată în care se conține 0,1000 mol echivalent (0,05 mol) de acid oxalic sau (după caz) acid oxalic proaspăt recristalizat și uscat la aer, set de ace de sticlă pentru spargerea fiolei cu acid oxalic (după caz), soluție de 1% de fenolftaleină în alcool etilic de 60%, pisetă cu apă distilată.

Modul de lucru:

1. Prepararea soluției standard de acid oxalic

Acidul oxalic proaspăt recristalizat și uscat la temperatura camerei se află în stare solidă în formă cristalină corespunzătoare formulei $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, cu masa molară egală cu 126,066 g/mol. Conform ecuației reacției, cu un mol de acid oxalic interacționează doi moli de NaOH:



Conform acestei ecuații, pornind de la concentrația molară a soluției de hidroxid de sodiu necesară, estimativ egală cu 0,1 mol/L, pentru consumarea volumelor soluțiilor aproximativ egale la efectuarea titrării, concentrația molară a soluției de acid oxalic trebuie să fie orientativ de două ori mai

mică decât concentrația soluției de hidroxid de sodiu, deci egală cu 0,0500 mol/L. Astfel, la titrare, în punctul de echivalență, raportul molar $v(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) : v(\text{NaOH})$ este de 1:2. Înlocuind în această egalitate cantitățile de substanțe cu produsele concentrațiilor molare și volumele lor, obținem:

$$C_M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = C_M(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

Folosind noțiunile de mol echivalent și concentrație molară a echivalentului, la interacțiunea substanțelor obținem expresia matematică clasică a legii echivalențelor:

$$C_M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = C_M(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

Pornind de la cele expuse, calcularea masei de acid oxalic solid, necesară pentru prepararea a 100,00 mL de soluție cu concentrația 0,05 mol/L sau 0,1000 normal se determină cu formulele:

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g} = C_M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4), \text{ mol/L} \times M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g/mol} \cdot V_{\text{sol},r} \text{ L}$$

sau:

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g} = C_M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4), \text{ mol/L} \times 1/2M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g/mol} \cdot V_{\text{sol},r} \text{ L}$$

Înlocuind în această expresie valorile numerice, obținem:

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \text{ g} = 0,0500 \text{ mol/L} \cdot 126,066 \text{ g/mol} \cdot 0,1000 \text{ L} = 0,6303 \text{ g}$$

La balanța analitică se cântărește o probă de acid oxalic cu masa apropiată de cea calculată teoretic, se trece cantitativ în balonul cotat de 100,00 mL, se dizolvă cu apă distilată, volumul soluției se aduce la cotă și se omogenizează. În cazul în care masa acidului cântărită și dizolvată se deosebește de cea teoretic calculată, se recalculează concentrația molară a soluției:

$$C_M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g}}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g/mol} \cdot V_{\text{sol},r} \text{ L}}$$

Dacă avem la îndemână o ampulă sudată ce conține 0,1000 mol echivalenți (0,0500 mol) de acid oxalic (titrisol), conținutul acesteia se trece cantitativ într-un balon cotat de 1000,00 mL, se dizolvă cu apă distilată, se aduce volumul la cotă și soluția se omogenizează.

2. Prepararea soluției de hidroxid de sodiu cu concentrația aproximativă 0,10 mol/L

Soluția de hidroxid de sodiu poate fi preparată prin diluarea unei soluții mai concentrate sau prin dizolvarea unei probe de substanță solidă. Preferabilă este varianta a doua în care poate fi evitat, în mare măsură, conținutul semnificativ de carbonat de sodiu în soluție. Se va prepara 1000,00 mL de soluție, care, fiind standardizată și păstrată conform regulilor, ar putea fi folosită pentru efectuarea altor lucrări practice.

Conform calculelor, masa de NaOH necesară pentru a prepara un litru de soluție cu concentrația molară de aproximativ 0,1 mol/L este egală cu 3,9997 g. Deoarece nu este exclusă posibilitatea prezenței carbonatului de sodiu la suprafața granulelor de NaOH, format în urma interacțiunii cu bioxidul de carbon din aer, se va cântări la balanța tehnică circa 5 – 5,5 g de NaOH. Proba cântărită se trece într-un pahar chimic și la aceasta se adaugă circa 10 mL de apă distilată, se agită timp de 2-3 secunde și lichidul se înlătură. Astfel, partea cea mai mare de carbonat de pe suprafața granulelor de NaOH se va dizolva, iar substanța solidă rămasă va avea mai puține impurități.

Hidroxidul de sodiu „spălat” se trece în balonul cotat de 1000,00 mL, se dizolvă cu apă distilată și volumul soluției se aduce la cotă.

Soluțiile standardizate de hidroxid de sodiu se păstrează în vase închise ermetic, pentru a reduce posibilitatea de interacțiune cu bioxidul de carbon din aer.

3. Standardizarea soluției de hidroxid de sodiu

Concentrația soluției de hidroxid de sodiu se determină prin titrarea directă a unui volum măsurat cu exactitate de soluție standard primar de acid oxalic cu soluție de NaOH în prezența indicatorului acido-bazic fenolftaleina. Astfel, biureta se spală cu apă distilată și se clătește cu soluție de hidroxid de sodiu, după ce se umple cu soluție și nivelul se aduce la diviziunea zero.



Atenție! Înainte de începerea titrării, convingeți-vă că în tubul inferior al biuretei nu se conține aer.

În paharul Erlenmeyer, clătit în prealabil cu apă distilată, se trece cu pipeta, care a fost clătită anterior cu soluție de acid oxalic, o parte alicotă (10,00 mL) de soluție standard de acid oxalic și se adaugă 2-3 picături de fenolftaleină. Nu se recomandă metiloranj în calitate de indicator pentru stabilirea sfârșitului reacției, deoarece el își modifică culoarea în mediul acid când a reacționat aproximativ 60-70% din acidul oxalic. Prima titrare, numită *orientativă*, se efectuează prin adăugarea a câte unui mililitru de soluție de hidroxid de sodiu și omogenizarea continuă. Se notează nivelul soluției în biuretă în momentul în care soluția se colorează în roz. Se repetă din nou titrarea cu câte 1 mL până în momentul când mai rămâne un mililitru de adăugat pentru a se colora soluția, după aceasta se adaugă porțiuni mici (una-două picături) de soluție de hidroxid de sodiu, amestecându-se continuu soluția, până când aceasta devine slab roz de la ultima picătură adăugată și culoarea rămâne stabilă cel puțin 30 de secunde. În caz contrar, se mai adaugă o picătură de soluție de NaOH. Se notează volumul soluției din biuretă, consumat la titrare, cu precizia de două cifre după virgulă. Această operație se repetă încă de două-trei ori, înregistrând valorile în caietul de laborator (volumele nu trebuie să difere între ele mai mult de 0,2 mL, în caz contrar, soluțiile n-au fost omogenizate bine sau nu se respectă regulile de titrare). Se determină volumul mediu al soluției de hidroxid de sodiu ($\bar{V}(\text{NaOH})$) consumat la titrarea unei părți alicote de soluție standard de acid oxalic și se calculează concentrația soluției de hidroxid de sodiu:

$$C_M(\text{NaOH}), \text{ mol/L} = \frac{C_M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4), \text{ mol/L} \cdot V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4), \text{ mL}}{\bar{V}(\text{NaOH}), \text{ mL}}$$

Aplicând legea echivalențelor, concentrația soluției de hidroxid de sodiu se determină cu formula:

$$C_M(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}(\text{NaOH}) = C_M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$$

unde ($\bar{V}(\text{NaOH})$) reprezintă volumul mediu al soluției de NaOH consumat la titrarea a 10,00 mL de soluție standard de acid oxalic.



Concentrațiile soluțiilor standard se notează cu patru cifre după virgulă.

Exemplu de efectuare a calculelor: Să se determine concentrația molară a soluției de NaOH, dacă pentru prepararea soluției standard de acid oxalic în 100,00 mL de soluție au fost dizolvate 0,6985 g de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, iar la titrarea a patru părți alicote de soluție cu volumul 10,00 mL s-au consumat $V_1 = 10,40$ mL; $V_2 = 10,50$ mL; $V_3 = 10,40$ mL; $V_4 = 10,50$ mL soluție de NaOH.

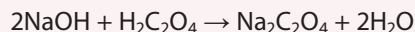
Se dă:

$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,6985$ g;
 $V_{(\text{sol})}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 100,00$ mL;
 $V_{(\text{alicot})}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 10,00$ mL;
 $V_i(\text{NaOH}) = 10,40; 10,50; 10,40; 10,50$ mL

$C_M(\text{NaOH})$ - ?

Rezolvare:

Hidroxidul de sodiu reacționează cu acidul oxalic conform ecuației:



Se determină concentrația molară și apoi concentrația molară a echivalentului soluției de acid oxalic:

$$C_M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g}}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g/mol} \cdot V_{\text{sol}}, \text{ L}} = \frac{0,6985 \text{ g}}{126,066 \text{ g/mol} \cdot 0,10 \text{ L}} = 0,0554 \text{ mol/L}$$

$$C_M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g}}{M(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}), \text{ g/mol} \cdot V_{\text{sol}}, \text{ L}} = \frac{0,6985 \text{ g}}{63,033 \text{ g/mol} \cdot 0,10 \text{ L}} = 0,1108 \text{ mol/L}$$

Se determină volumul mediu de soluție de NaOH care se consumă la titrarea unei părți alicote (10,00 mL) de soluție standard de acid oxalic:

$$V_{\text{med. NaOH, mL}} = \frac{10,40 \text{ mL} + 10,50 \text{ mL} + 110,40 \text{ mL} + 10,50 \text{ mL}}{4} = 10,45 \text{ mL}$$

Se determină concentrația molară a soluției de NaOH:

$$C_M(\text{NaOH}) = 2 \cdot \frac{C_M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4), \text{ mol/L} \cdot V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4), \text{ mL}}{V(\text{NaOH}), \text{ mL}} = 2 \cdot \frac{0,0554 \text{ mol/L} \cdot 10 \text{ mL}}{10,15 \text{ mL}} = 0,1060 \text{ mol/L}$$

Folosind diferite modalități de exprimare a concentrației soluției de acid oxalic, obținem același rezultat.

Răspuns: $C_M(\text{NaOH}) = 0,1060 \text{ mol/L}$.

Aplicarea titrimetriei acido-bazice

LUCRAREA PRACTICĂ nr. 7



Aplicarea titrării acido-bazice la determinarea acidității laptelui

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

Laptele, datorită compoziției sale, este un mediu favorabil dezvoltării microorganismelor. Laptele proaspăt prezintă o aciditate ușoară, cauzată de prezența acizilor, fosfaților și citraților. Printre primele modificări ale calității laptelui proaspăt, ce au loc în timpul păstrării, este acidifierea, care se datorează acidului lactic, format prin fermentarea lactozei de către bacteriile lactice. De aceea determinarea acidității laptelui are ca scop aprecierea prospețimii acestui produs. În practica cotidiană, prospețimea laptelui se determină prin metoda fierberii. Dacă apar fulgi în urma fierberii (precipitarea cazeinei din lapte, în mediu acid, se accelerează la încălzire), acesta nu mai este proaspăt.

În practica de laborator, determinarea acidității laptelui se poate efectua prin diferite metode calitative și cantitative, cea mai frecventă fiind *metoda Thörner*.

Principiul metodei Thörner constă în titrarea probei analizate cu soluție de hidroxid de sodiu de 0,1000 mol/L, în prezența fenolftaleinei în calitate de indicator, până la virarea culorii în roz pal, persistentă minimum 30 de secunde.

Aciditatea laptelui se exprimă în grade Thörner (°T), grade de aciditate sau indice de aciditate.

Aciditatea laptelui se calculează după formula:

$$[^\circ\text{T}] = \frac{100}{V_{\text{alicot}}} V \cdot F,$$

în care:

V este volumul soluției de NaOH consumat la titrarea a 10 mL de produs, F – coeficientul de corecție, în cazul în care concentrația soluției de NaOH este alta decât 0,1 mol/L, V_{alicot} – volumul laptelui titrat. Valoarea coeficientului F se determină prin raportul:

$$F = \frac{C(\text{NaOH})}{0,1000}.$$

Aciditatea normativă a laptelui bun de consum fără prelucrare tehnologică diferă în funcție de proveniență: laptele de vacă și de capră – $15 \div 19^\circ\text{T}$; laptele de bivoliță – $17 \div 21^\circ\text{T}$; laptele de oaie – $20 \div 24^\circ\text{T}$.

Valoarea pH a laptelui proaspăt este cuprinsă în intervalul 6,3-6,9.

Reactivi, vase și ustensile necesare: soluție standard de hidroxid de sodiu cu concentrația molară de 0,1000 mol/L; soluție alcoolică de fenolftaleină de 1%; pipetă cotată cu volumul de 20 mL; pahar

Remarcă



Un grad Thörner (°T) indică volumul, în mililitri, de soluție de NaOH de 0,1 mol/L, necesar pentru neutralizarea acidității din 100 mL de produs.

Erlenmeyer cu volumul de 100 mL; pisetă; apă distilată proaspăt fiartă și răcită (nu conține bioxid de carbon); instalație pentru efectuarea titrării; cilindru gradat cu capacitatea de 200-250 mL; pâlnie de sticlă pentru a turna soluția în biuretă.

Modul de lucru:

Se trec (cu pipeta) 20,00 mL de lapte, din proba pentru analiză, în paharul Erlenmeyer de 100 mL. Se adaugă 40 mL de apă distilată (cu aceeași pipetă) și 2-3 picături de fenolftaleină. Se amestecă bine conținutul paharului și se titrează cu soluție de hidroxid de sodiu, agitând continuu, până la apariția colorației roz-pal care nu dispare timp de 30 de secunde. Rezultatele determinării reprezintă media a trei titrări care nu diferă între ele cu mai mult de un grad Thorner.

Exemplu: În urma titrării părților alicote de lapte (20 mL) cu soluție de hidroxid de sodiu cu concentrația de 0,0956 mol/L, au fost obținute rezultatele:

$$V_1(\text{NaOH}) = 3,60 \text{ mL}; V_2(\text{NaOH}) = 3,70 \text{ mL}; V_3(\text{NaOH}) = 3,80 \text{ mL}$$

Se determină valoarea coeficientului de corecție al soluției de NaOH:

$$F = \frac{0,0956}{0,1} = 0,956$$

Se calculează aciditatea fiecărei probe de lapte titrate:

$$Ac_1 = 5 \cdot 3,60 \cdot 0,956 = 17,2 \text{ } (^{\circ}\text{T}); Ac_2 = 5 \cdot 3,70 \cdot 0,956 = 17,7 \text{ } (^{\circ}\text{T}); Ac_3 = 5 \cdot 3,80 \cdot 0,956 = 18,2 \text{ } (^{\circ}\text{T})$$

Diferența rezultatelor nu este mai mare de un grad Thörner. Se determină aciditatea medie:

$$Ac_{med.} = \frac{17,2 + 17,7 + 18,2}{3} = 17,7 \text{ } (^{\circ}\text{T})$$

În baza rezultatelor obținute, se trag concluzii privind calitatea (prospețimea) laptelui.

LUCRAREA PRACTICĂ nr. 8



Aplicarea titrării acido-bazice la cercetarea unei mostre de aspirină

Amintiți-vă „Normele de lucru cu substanțele chimice” (pag. 21).

Aspirina este un medicament din familia salicilaților folosit în general ca un analgezic minor, ca antipiretic sau ca antiinflamator. În plus, aspirina, în doze mici, are un efect anticoagulant și este folosit pe termen lung ca să diminueze riscul de infarct. În ultimii ani, aspirinei i-au fost atribuite noi efecte, cum sunt prevenirea cancerului de pancreas, scăderea riscului de recidivă a cancerului de colon sau rectal, prevenirea anumitor tipuri de cataractă, prevenirea migrenelor severe.

Hipocrate, medicul grec de numele căruia este legat jurământul medicilor, a scris, în secolul al V-lea î.Hr., despre o pudră amară extrasă din scoarță de salcie, care avea puterea de a diminua durerile și de a reduce febra. Acest remediu este menționat în mai multe texte antice din Sumeria, Egipt și Asiria.

Componentul biologic activ al aspirinei este acidul acetilsalicilic (acidul 2-acetiloxibenzoic), care este o substanță cristalină cu cristale sub formă de ace incolore sau pulbere albă cristalină, greu solubilă în apă, la rece, dar solubilă în etanol, cloroform, soluții de hidroxizi sau carbonați alcalini. Masa molară a acidului acetilsalicilic este egală cu 180,16 g/mol. În soluțiile apoase acidul acetilsalicilic hidrolizează parțial cu formarea acizilor salicilic și acetic.

Acidul acetilsalicilic cantitativ se determină cu ajutorul diferitor metode, inclusiv cu metoda acido-bazică de titrare.

Se folosesc două metode de titrare a acidului acetilsalicilic: titrarea directă și titrarea după rest. În primul caz, soluția alcoolică de acid acetilsalicilic răcită până la 8-10°C se titrează cu soluție standar-

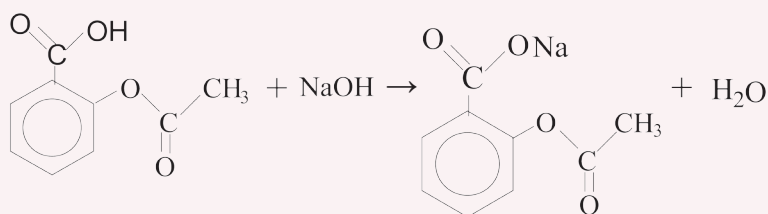
dizată de hidroxid de sodiu în prezența indicatorului acido-bazic fenolftaleina. În cazul al doilea, la soluția analizată se adaugă o cantitate cunoscută de hidroxid de sodiu în exces, în comparație cu cantitatea acidului din probă, se încălzește pentru desfășurarea procesului de saponificare până la capăt și apoi, în soluția răcită, se titrează excesul de hidroxid de sodiu cu soluție de acid clorhidric în prezența fenolftaleinei până la dispariția culorii roz a soluției.

În lucrarea ce urmează, vom folosi metoda titrării directe, în corespundere cu prevederile Farmacopeei Europene (Ph. Eur.).

Ustensile, vase și reactivi necesari: balanță analitică, mojar cu pistil, două fiole pentru cântărirea masei de aspirină măcinată și a probei supuse analizei, instalație pentru efectuarea procesului de titrare, pahar Erlenmeyer cu volumul 100 mL, pipetă cotate cu volumul 10,00 mL, pahar chimic cu volumul 150-200 mL, picurătoare cu soluție de fenolftaleină de 1% în alcool etilic de 60%, soluție standard 0,1000 mol/L de hidroxid de sodiu, stropitoare cu apă distilată.

Modul de lucru:

Zece comprimate de aspirină se cântăresc și se macină în mojar până la pulbere fină, apoi aceasta se trece cantitativ într-o fiolă și se determină masa ei cu exactitate de până la 0,001 g (m_1). În altă fiolă, se cântărește cu aceeași exactitate o probă cu masa de aproximativ 0,3 grame (m_2) și se trece cantitativ în paharul Erlenmeyer. Apoi, aceasta se dizolvă în 10-15 mL de alcool etilic de 95% neutralizat până dispare culoarea zmeurie a fenolftaleinei și răcit până la 8-10 °C. La soluția obținută, se adaugă 2-3 picături de fenolftaleină și se titrează cu soluție standardizată de hidroxid de sodiu până la apariția culorii stabile roz-pal. Interacțiunea acidului acetilsalicilic cu hidroxidul de sodiu are loc conform ecuației:



Se efectuează titrarea a trei probe cu aceeași masă. Diferența de volume a titrantului, consumat la titrarea probelor în parte nu trebuie să depășească 0,2 mL. Apoi se determină volumul mediu ($\bar{V}(\text{NaOH})$) consumat la titrarea unei probe și se calculează cantitatea de acid care se conține într-o probă și masa acestuia:

$$v(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) \text{ mol} = v(\text{NaOH}) \text{ mol} = C_M(\text{NaOH}), \text{ mol/L} \cdot \bar{V}(\text{NaOH}), \text{ L}$$

$$m_3(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_g = v(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4), \text{ mol} \cdot M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4), \text{ g/mol}$$

Se determină masa acidului acetilsalicilic care se conține în masa probei titrate, apoi partea de masă a acidului în aspirină.

Conform ecuației reacției, un mililitru de soluție de NaOH de 0,1000 mol/L interacționează cu 0,01802 g de acid acetilsalicilic. Astfel, masa acidului ce se conține într-o probă de aspirină titrată poate fi determinată cu expresia:

$$m_3(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) \text{ g} = 0,0182 \text{ g/mL} \cdot \bar{V}(\text{NaOH}) \text{ mL}$$

În cazul în care concentrația soluției de NaOH nu este egală exact cu 0,1000 mol/L, la efectuarea calculelor se folosește coeficientul de corecție a concentrației soluției de hidroxid de sodiu:

$$m_3(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) \text{ g} = 0,0182 \text{ g/mL} \cdot \bar{V}(\text{NaOH}) \text{ mL} \cdot 0,1000 \cdot F,$$

unde:

$$F = \frac{C_M(\text{NaOH})}{0,1000}$$

Conținutul mediu al acidului acetilsalicilic într-un comprimat se determină în felul următor:

– se determină masa medie a unui comprimat:

$$m_{(\text{compr.})}, g = \frac{m_1, g}{\text{nr. compr.}};$$

– se determină masa acidului care se conține în masa m_1 de aspirină:

$$m_{4(\text{acid. tot.})}, g = \frac{m_1, g}{m_2, g} \cdot m_3, g;$$

– se determină masa medie a acidului acetilsalicilic care se conține într-un comprimat:

$$\bar{m}_{(\text{acid/ compr.})} = \frac{m_4, g}{\text{nr. compr.}}.$$

Conform prevederilor Farmacopeei Europene, conținutul de acid acetilsalicilic într-un comprimat trebuie să fie cuprins în intervalul de mase 475 – 630 mg.

Rezultatele obținute se compară cu cele indicate în descrierea aspirinei și în baza lor se stabilește dacă proba de aspirină analizată corespunde cerințelor în vigoare.

EVALUARE SUMATIVĂ

la unitatea de învățare: „Analiza cantitativă. Titrimetria (volumetria)”

1. Interpretați noțiunile de titrare, titrant și punct de echivalență.
2. Definiți noțiunile de curbă și salt de titrare.
3. Interpretați noțiunea de indicator acido-bazic. Enumerați cerințele față de indicatorii acido-bazici folosiți în titrimetrie.
4. Explicați ce reprezintă soluțiile standard primar și soluțiile standard secundar.
5. Enumerați vasele care se folosesc pentru măsurarea exactă a volumelor în titrimetrie și cum se clasifică acestea.
6. Explicați de ce proba supusă analizei, în care se determină conținutul speciei care se titrează, întotdeauna se aduce la un volum bine determinat.
7. Determinați care dintre cerințele enumerate nu se referă la reacțiile folosite în titrimetrie:
 - a) să decurgă cu viteză mare;
 - b) să decurgă cu degajarea unui gaz;
 - c) să decurgă stoechiometric;
 - d) să decurgă cu degajare de căldură.
8. Descrieți modalitatea de standardizare a unei soluții de hidroxid de sodiu.
9. Determinați prin calcule masa hidroxidului de sodiu care se conține în 500 mL de soluție, dacă la titrarea a 10 mL de astfel de soluție se consumă 12,5 mL soluție de HCl cu concentrația molară 0,1450 mol/L:
 - a) 3,625 g;
 - b) 3,425 g;
 - c) 3,545 g;
 - d) 3,365 g.
10. Descrieți cum se determină aciditatea totală a laptelui prin metoda acido-bazică de titrare. În ce scop este efectuat acest test?
11. Determinați prin calcule aciditatea totală, în °T, a unei probe de lapte, dacă la titrarea a 20 mL de lapte se consumă 3,80 mL de soluție de hidroxid de sodiu cu concentrația molară de 0,0925 mol/L.
12. Determinați conținutul mediu (mg) al acidului acetilsalicilic într-un comprimat de aspirină, dacă masa a zece comprimate măcinate este egală cu 11,5460 g, iar la titrarea soluției preparată prin dizolvarea a 0,3655 g de aspirină în etanol la 10°C se consumă 9,25 mL soluție de NaOH de 0,1000 mol/L.

DIVERSITATEA ȘI UNITATEA CHIMICĂ A LUMII SUBSTANȚELOR

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/capabilă:

- să analizezi comparativ substanțele organice și anorganice, domeniile lor de utilizare, fenomenele de izomerie și alotropie, tipurile de reacții în chimia organică și anorganică;
- să elaborezi scheme sumative privind clasificarea, nomenclatura, legăturile genetice, transformările chimice, reciproce ale substanțelor organice și anorganice;
- să rezolvi probleme contextuale privind proprietățile, obținerea, utilizarea, efectul substanțelor organice, anorganice asupra organismului uman și mediului ambiant;
- să formulezi concluzii personale referitoare la importanța substanțelor organice și anorganice pentru diverse domenii ale activității umane.

8.1. Unitatea substanțelor anorganice și organice

Suntem la etapa de finalizare a studierii obiectului *Chimia* în învățământul gimnazial și liceal. Generalizând conținutul materiei învățate pe parcursul celor șase ani (clasele VII-XII), am putea evidenția următoarele module:

- Obiectul de studiu, noțiuni fundamentale
- Structura atomului, legea periodicității, caracteristica elementului chimic
- Legătura chimică, natura ei
- Formule chimice, compoziția și structura substanțelor
- Clasificarea substanțelor anorganice și organice
- Reacțiile chimice, clasificarea lor
- Analiza chimică și caracterizarea proceselor tehnologice
- Importanța și rolul biologic al compușilor.

Aspectele enumerate relevă unitatea chimică a substanțelor, deoarece vizează în măsură egală compușii anorganici și pe cei organici.

8.1.1. Compoziția, structura și clasificarea compușilor

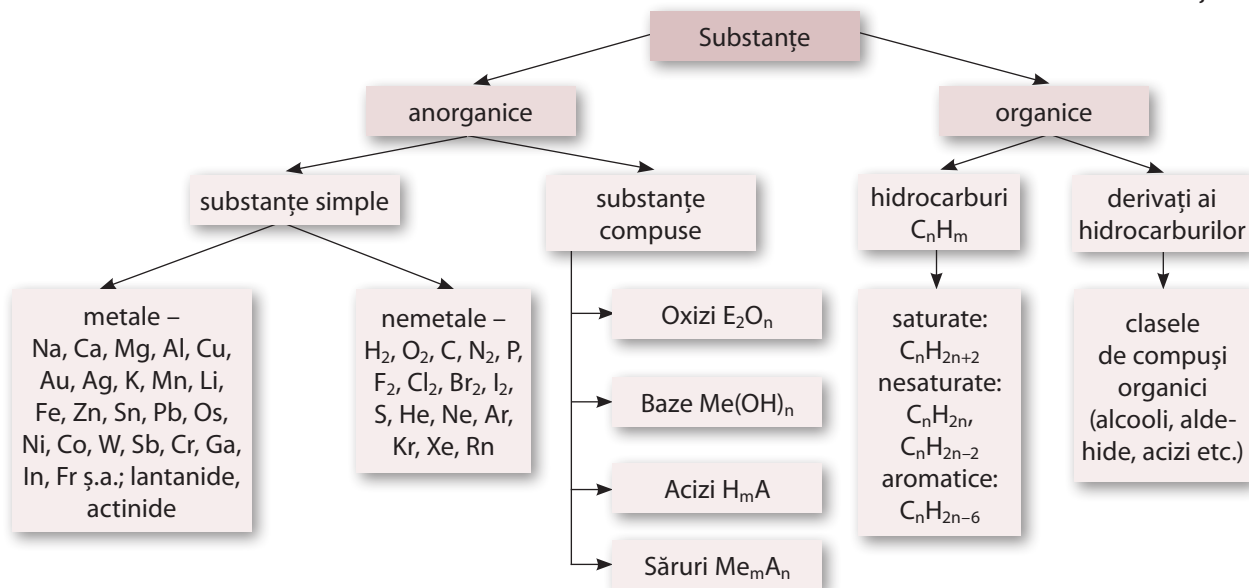
În cadrul *Chimiei anorganice*, diversitatea substanțelor se explică prin variația compoziției calitative și cantitative. În componența acestora întâlnim majoritatea elementelor din Tabelul Periodic. Pentru a putea fi mai ușor înțelese și caracterizate, substanțele anorganice au fost divizate în *simple* (metale, nemetale) și *compuse*. Ultimele au fost clasificate, în funcție de compoziție și proprietăți, în *oxizi*, *baze*, *acizi* și *săruri* (schema 8.1).

În cadrul *Chimiei organice*, am găsit aceleași argumente pentru explicarea diversității compușilor organici. Există însă și multe deosebiri ce stau la baza divizării compușilor în anorganici și organici.

Examinând compoziția substanțelor anorganice, nu am întâlnit vreun element chimic care să intre obligatoriu în componența lor, precum este carbonul pentru compușii organici. O altă deosebire vizează numărul foarte mare al compușilor organici (de zeci de milioane), ceea ce se explică prin proprietatea atomului de carbon de a se lega cu el însuși, alcătuind catene de diferite forme și mărimi. Diversitatea și multitudinea compușilor organici se datorează, de asemenea, existenței omologilor și izomerilor.

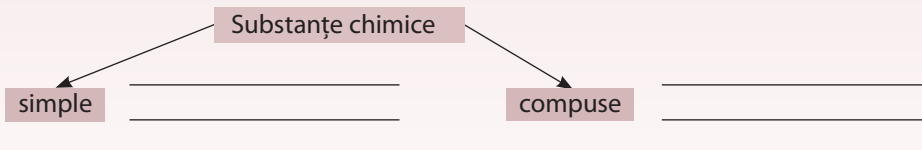
Modul de clasificare a compușilor organici are specificul său, având la bază diferite tipuri de hidrocarburi (saturate, nesaturate, aromatice). Prin înlocuirea atomului de hidrogen din molecula de hidrocarbură cu diverse grupe funcționale ($-\text{Cl}$, $-\text{OH}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$ etc.) se formează clase de compuși organici (schema 8.1.). Pentru specificări, consultați și tema „Clasificarea compușilor organici” (pag. 8).

Schema 8.1. Clasificarea substanțelor



EVALUARE

1. Transcrieți și completați cu exemple de substanțe anorganice și organice spațiile libere din modalitatea de clasificare de mai jos:



2. Din șirul de substanțe propus, selectați-le pe cele organice: metan, sulfat de fier (II), propan, clorură de hidrogen, acid sulfuric, apă, zahăr, tristearină, carbură de calciu, cretă, benzen.
3. Se dau substanțe ce conțin carbon: CO , Na_2CO_3 , CH_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CO_2 , CH_3COOH . Se cere: a) divizați substanțele în organice și anorganice; b) argumentați apartenența substanțelor la un grup sau altul, scriind câte o ecuație a reacției chimice ce le caracterizează.
4. Cum se poate demonstra, experimental, că amidonul și parafina sunt substanțe organice?
5. Dați trei exemple de amestecuri de substanțe și trei exemple de substanțe pure.

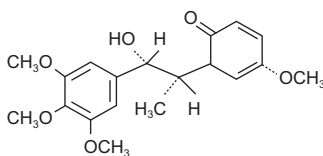
8.1.2. Tipurile legăturii chimice

Din timpurile străvechi, savanții tindeau să afle din ce sunt alcătuite substanțele, ce forțe leagă atomii unul de altul. Abia în secolul al XX-lea fizicienii au stabilit că legătura între atomi se realizează datorită particulelor cu sarcina electrică (*electroni*), situate pe stratul electronic exterior. Prin urmare, forțele care leagă atomii sunt de natură electrică.

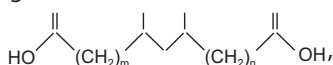
Legătura chimică este legătura dintre particule în substanță. Există legături chimice *covalente* (între atomii de nemetale), *ionice* (între ioni) sau *metalice* (între atomii de metale).

Știați că...

Megafonul, deși are un nume atât de rezonant, este o moleculă obișnuită. Este o cetonă ce se găsește în rădăcinile plantei *Aniba Megaphylla*:



Acizii diabolici sunt, de fapt, o clasă de compuși cu formula generală:



unde m și n au valori diferite și pot să conțină și o legătură nesaturată. Au fost denumiți după cuvântul grecesc *diabolos*, care înseamnă „calomniator”, întrucât a fost dificilă izolarea lor, fiind utilizate tehnicile standard de cromatografie de gaze. Profesorul Klein, care s-a ocupat de structura moleculară, i-a asemănat cu coarnele diavolului.

Sarcini imediate

Arătați exemple de formare a legăturii covalente nepolare și polare în compuși anorganici și organici.

Sarcini imediate

Ce este electronegativitatea?

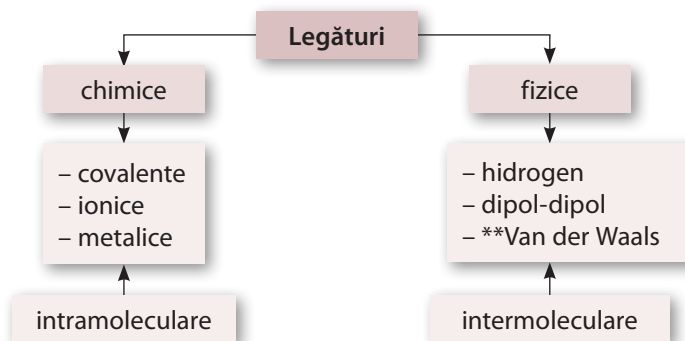
Remarcă

Rețeaua cristalină reprezintă o carcasă spațială imaginată, formată din linii imaginare ce unesc particulele din care este alcătuit cristallul.

Între molecule este posibilă o anumită atracție, bazată pe crearea legăturilor de hidrogen, pe interacțiunea dipol-dipol sau van der Waals (*schema 8.2*). Acestea sunt legături fizice intermoleculare.

Legătura chimică formată de un cuplu comun de electroni se numește **legătură covalentă**. Legăturile covalente se divizează în **polare** și **nepolare**.

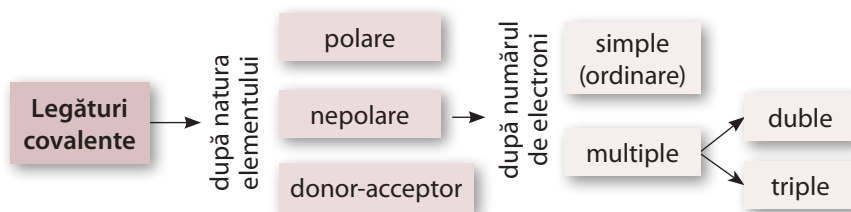
Schema 8.2. Tipuri de legături



Legătura covalentă nepolară este cea în care cuplul de electroni comuni se află la aceeași distanță de nucleele atomilor. Acest tip de legătură se realizează între atomi identici.

Legătura covalentă polară este formată între atomii diferitelor elemente, cuplurile de electroni comuni fiind deplasate spre atomul cu electronegativitate (EN) mai mare (*schema 8.3*).

Schema 8.3. Clasificarea legăturilor covalente



În stare solidă, unele substanțe formează cristale cu o structură specifică – **rețeaua cristalină**. În funcție de natura particulelor ce se găsesc în noduri, se formează rețele: **moleculare**, **atomice**, **ionice** și **metalice**.

La temperaturi joase, substanțele solide cu legături covalente formează **rețele cristaline moleculare** (spre exemplu, N_2 , O_2 etc.) sau substanțe cu legături covalente polare (H_2O (gheață), HCl (solid) etc.).

La temperaturi obișnuite, unele nemetale formează substanțe simple solide cu legături covalente între atomi, constituind **rețele cristaline atomice**, precum diamantul, grafitul etc.

La apropierea atomilor cu o diferență de electronegativitate (EN) mai mare de 2, are loc transferul electronilor de la atomul cu o EN mai mică spre cel cu o EN mai mare. În acest caz, se obțin ioni pozitivi și negativi. Legătura formată prin interacțiunea electrostatică a ionilor cu sarcini opuse se numește **legătură ionică**, iar rețelele în nodurile cărora se găsesc ioni se numesc **rețele ionice**.

Legătura ce se stabilește între atomul de hidrogen polarizat pozitiv al unei molecule (sau fragment de moleculă) și atomul puternic electronegativ (F, O, N) al altei sau al aceleiași molecule se numește *legătură de hidrogen*.

Formarea legăturii de hidrogen are o importanță vitală. Apa este lichidul în care a luat naștere și s-a dezvoltat viața pe Pământ. În absența legăturii de hidrogen, apa ar fi fost un gaz. Substanțele organice, care conțin fragmentele $O^{\delta-}-H^{\delta+}$; $N^{\delta-}-H^{\delta+}$, se dizolvă ușor în apă, formând legături de hidrogen. Datorită legăturilor de hidrogen, este posibilă existența proteinelor și deci a organismelor vii.

Legătura metalică este legătura care se formează între atomii, ionii metalelor din rețeaua cristalină și electronii comuni. *Rețelele* cristaline sunt *metalice*. Maleabilitatea și plasticitatea metalelor se explică prin faptul că atomii și ionii metalelor sunt legați unul de altul cu ajutorul norului electronilor delocalizați și este posibilă deplasarea straturilor sub acțiunea forțelor exterioare. Datorită aceleiași structuri, metalele au o înaltă conductibilitate electrică și termică.

Sarcini imediate

Enumerați proprietățile comune ale substanțelor cu rețele cristaline moleculare și atomice.

Sarcini imediate

Arătați exemple de formare a ionilor pozitivi și negativi și a legăturii ionice.

Sarcini imediate

Comparați legătura metalică cu cea ionică și cu cea covalentă.

EVALUARE

1. Completați tabelul de mai jos:

Substanța	Denumirea	Tipul legăturii chimice
CH ₄		
O ₂		
NaCl		
Fe		

2. Indicați prin săgeți care dintre compuși au legăturile chimice: covalentă nepolară, covalentă polară, ionică:

Legătură ionică	HCl	legătură covalentă nepolară
	KCl	
	NH ₃	
	Cl ₂	legătură covalentă polară
	CaO	
	H ₂ S	

3. Dați exemple de compuși care formează legătura de hidrogen. Ce rol are legătura de hidrogen în activitatea vitală a organismelor?

4. Alcătuiți formulele de structură ale hidrocarburilor:

- a) 2,5-dimetilhexan; b) 3-metilpentan;
c) 2,2-dimetil-3-etiloctan; d) 2,2,3-trimetilpentan.

5. Arătați prin săgeți corespondența dintre clasele substanțelor și grupele lor funcționale:

- a) alcooli 1. $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$
b) acizi carboxilici 2. $-\text{NH}_2$
c) aldehide 3. $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$
d) aminoacizi 4. $-\text{OH}$

6. Scrieți câte două exemple de: a) acizi anorganici și organici; b) săruri anorganice și organice.



Lucru în echipă

7. Ce este legătura donor-acceptor? Arătați formarea acestei legături pe exemplele NH_4^+ și H_3O^+ .
8. Dați exemple de formare a legăturilor: a) σ și π ; b) simple, duble și triple.

8.1.3. Nomenclatura compușilor anorganici și organici

La etapa inițială de dezvoltare a chimiei, când încă nu era efectuată clasificarea, substanțele erau numite aleatoriu, după sursa de obținere sau după anumite proprietăți. De exemplu, AgNO_3 era numit *piatra-iaului*, HNO_3 – *apă tare*, CH_3COOH – *oțet* etc. Aceste denumiri constituie *nomenclatura trivială (istorică)*. Ele însă nu reflectă structura substanței și sunt greu de reținut. În anul 1921, Uniunea Internațională de Chimie Pură și Aplicată (IUPAC) a elaborat principiile de bază ale *nomenclaturii sistematice* a substanțelor. Nomenclatura sistematică este mult mai perfectă, contribuind la alcătuirea denumirii după structura substanței și, invers, la scrierea structurii moleculare după denumirea substanței.

Nomenclatura este totalitatea regulilor stabilite pentru numirea substanțelor.

Să ne amintim câteva reguli importante pentru numirea compușilor anorganici:

- denumirile substanțelor compuse anorganice vin de la denumirea elementului chimic, la care se adaugă sufixe și prefixe specifice unei clase de substanțe;
- la alcătuirea denumirii unei substanțe compuse, formula acesteia se separă convențional în două părți: electropozitivă și electronegativă; în continuare, pe primul loc în formulă se scrie partea electropozitivă, apoi cea electronegativă: HCl , NaCl etc.;
- denumirea substanței se alcătuieste și se citește de la dreapta spre stânga – mai întâi partea electronegativă, apoi partea electropozitivă (ex.: HCl – clorură de hidrogen).

Pentru compușii organici este utilizată mai frecvent nomenclatura sistematică (IUPAC), descrisă la pag. 8.

8.1.4. Fenomene de alotropie și izomerie

O proprietate comună pentru unii compuși anorganici simpli și cei organici este capacitatea acestora de a exista sub diferite forme (alotropice sau izomerice). Proprietatea elementului de a forma mai multe substanțe chimice simple se numește *alotropie*. De exemplu, pentru carbon sunt bine cunoscute următoarele forme alotropice: grafit, diamant, carbin și fuleren. În *tabelul 8.1* sunt prezentate și alte exemple de forme alotropice caracteristice nemetalelor.

Tabelul 8.1. Formele alotropice ale nemetalelor

Nemetalul	Denumirea formei alotropice
Oxygen	oxygen (O_2); ozon (O_3)
Carbon	grafit; diamant; carbin; fulereni (C_{60} , C_{70})
Fosfor	fosfor alb (P_4); fosfor roșu; fosfor negru
Sulf	sulf rombic (S_8); sulf monoclinic (S_8); sulf plastic (S_n)

Proprietățile formelor alotropice ale carbonului sunt prezentate în *tabelul 8.2*.

Tabelul 8.2. *Proprietățile formelor alotropice ale carbonului*

Diamant	Grafit	Carbin	Fuleren
Solid, incolor, foarte dur. Are o structură moleculară gigantă, în care atomii de carbon sunt legați covalent și formează un tetraedru.	Solid, negru, cu duritate foarte mică, insolubil în orice dizolvant, gras la pipăit. Are atomii de carbon situați în straturi.	Solid, negru, cu o duritate mai mare decât a grafitului. Are proprietăți de semiconductor. Atomii de carbon sunt uniți alternativ cu legături simple și triple în catene.	Solid, negru, cu duritate mare. Conține molecule C_{60} și C_{70} cu structură sferică. Suprafața moleculelor este alcătuită din hexagoane și pentagoane de atomi de carbon.

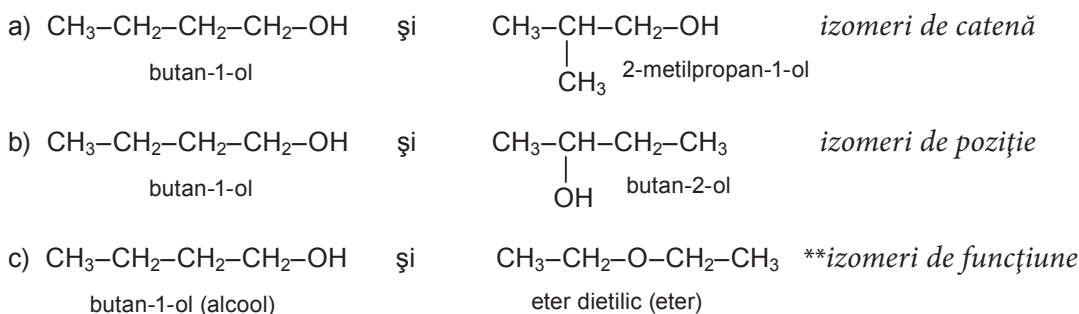
La studierea compușilor organici am întâlnit un fenomen similar cu alotropia, care se numește *izomerie* – existența unor substanțe cu aceeași formulă moleculară, dar cu structură și proprietăți diferite.

Fenomenul izomeriei, alături de cel al omologiei, constituie *cauza multitudinii*, teoretic infinite, a *compușilor organici*. La tema de recapitulare de la pag. 9 (*Omologia și izomeria*) sunt arătate principalele tipuri de izomerie: a) *de catenă*, b) *de poziție*, **c) *funcțională*.

În cazul alcanilor, pot fi doar izomeri de catenă. Odată cu creșterea numărului de atomi din moleculă, sporește considerabil numărul izomerilor corespunzători. Astfel, pentru C_4H_{10} există doi izomeri, pentru C_7H_{16} – nouă izomeri, iar pentru $C_{10}H_{22}$ – 75 de izomeri de catenă etc.

Pentru hidrocarburile nesaturate sunt deja trei tipuri de izomerie: de catenă, de poziție a legăturii duble (sau triple) și **de funcțiune (de exemplu, alcadienele sunt izomere cu alchenele, iar alchenele – cu cicloalcanii).

Aceleași tipuri de izomerie sunt posibile în cazul alcoolilor. De exemplu:



EVALUARE

- Prezentați câte două-trei proprietăți fizice pentru modificările alotropice ale fosforului.
- Descrieți două-trei domenii de utilizare a formelor alotropice ale oxigenului.
- Elaborați un eseu despre importanța formelor alotropice ale carbonului.
- Scrieți formulele de structură și grupați izomerii pentru substanțele de mai jos. Ce fel de izomerie reprezintă compușii:
a) 2-metilhexan; b) 3-metilheptan; c) 3-etilhexan; d) 2, 2-dimetilhexan; e) heptan?
- Care dintre afirmațiile de mai jos se referă la compusul $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$:
a) se numește pent-1-ină; c) este un omolog al acetilenei;
b) este izomer al butanului; d) decolorează apa de brom?

S arcini imediate

Scrieți și numiți izomerii alcanici cu formula moleculară C_7H_{16} .

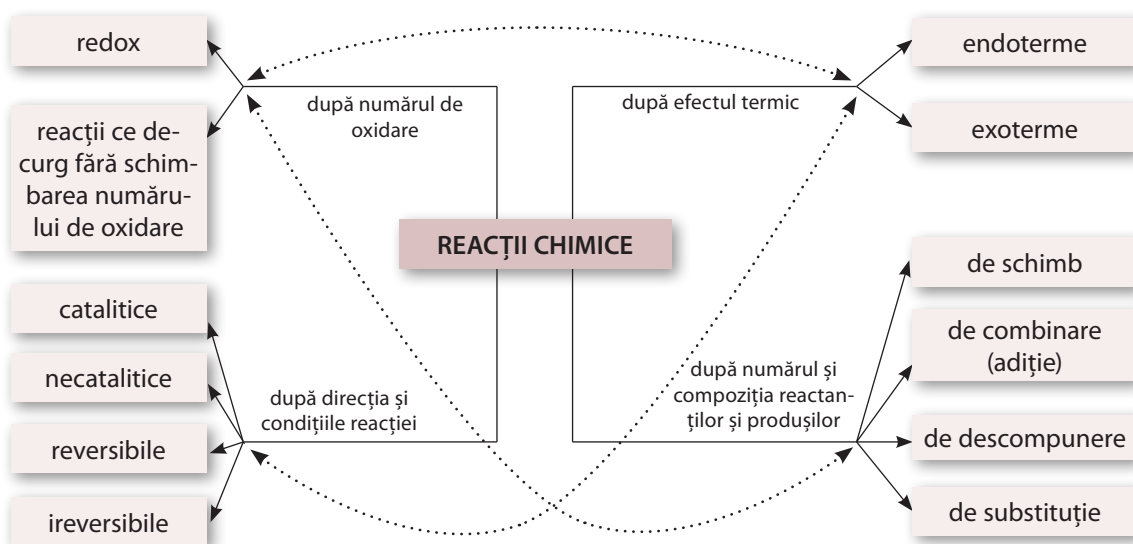
6. Scrieți formulele de structură pentru doi izomeri dienici cu formula moleculară C_5H_8 . Primul se utilizează la fabricarea cauciucului izoprenic, iar al doilea, în urma hidrogenării complete, formează pentan. Indicați denumirea izomerilor.
7. Scrieți formulele de structură ale izomerilor carbonilici cu compoziția C_4H_8O și numiți-i conform nomenclaturii sistematice. Specificați pentru care dintre izomeri este caracteristică reacția „oglinzii de argint”. Scrieți ecuațiile posibile, numiți compușii obținuți.

8.1.5. Tipuri de reacții în chimia anorganică și organică

Unitatea chimică a lumii substanțelor se reflectă nu doar în compoziția, structura substanțelor, ci și în proprietățile pe care acestea le manifestă, participând la diverse reacții chimice. Studiind anterior legăturile decurgerii reacțiilor, am examinat și clasificarea lor, ne-am familiarizat cu noțiunile de *reactant*, *produs al reacției*, *coeficient stoechiometric*, *ecuație chimică*.

În același timp, am determinat criteriile de clasificare a reacțiilor în chimia anorganică și organică: după numărul și compoziția reactanților și produșilor, după efectul termic, după numărul de oxidare și direcția reacției (*schema 8.4*).

Schema 8.4. Clasificarea reacțiilor chimice



Un alt tip de clasificare vizează natura reactanților. De exemplu, reacțiile chimice cu participarea ionilor sunt *ionice*, iar cele cu participarea radicalilor sunt reacții *radicalice*.

EVALUARE

- Definiți reacțiile de combinare și arătați câte două exemple de reacții de combinare (adiție) din chimia anorganică și din chimia organică.
- Definiți reacțiile de descompunere. Arătați exemple de utilizare a acestui tip de reacție chimică în industrie:
 - la obținerea oxigenului;
 - la producerea varului nestins;
 - la obținerea hidrogenului.

3. Dați câte un exemplu de reacție chimică pentru compușii organici:
 - a) reacție de deshidratare;
 - b) reacție de hidrogenare.
4. Dați câte un exemplu de reacție de substituție din chimia anorganică și chimia organică. Prin ce se deosebesc și prin ce se aseamănă aceste reacții?
5. Transcrieți și completați tabelul de mai jos:

Caz general	Exemple	Tipul reacției
1. nemetal + metal $\rightarrow$ sare		
2. sare $\rightarrow$ oxid de metal + oxid de nemetal		
3. $\text{sare}_1 + \text{metal}_2 \rightarrow \text{sare}_2 + \text{metal}_1$		
4. acid + bază $\rightarrow$ sare + apă		



Lucru în echipă

Dați câte un exemplu de reacție chimică din chimia anorganică și din cea organică pentru fiecare tip de reacție din *schema 8.4*.



Știați că...

Dacă atomii de hidrogen din molecula etenei se substituie cu fluor, se obține tetrafluoroetenă. La polimerizarea acesteia $n\text{CF}_2=\text{CF}_2 \rightarrow (-\text{CF}_2-\text{CF}_2)_n$, se obține politetrafluoroetenă, numită *teflon*.

Teflonul are o stabilitate chimică foarte mare, nu arde, nu reacționează cu acizii și bazele alcaline, nici chiar cu apa regală. Este folosit la producerea aparatelor chimice pentru medii agresive, a pieselor ce nu au nevoie de lubrifiante. Vesela metalică și suprafața fierului de călcat se acoperă cu o peliculă de teflon. În tigăile acoperite cu teflon, mâncarea nu se arde. Teflonul este considerat masa plastică a viitorului.

8.1.6. Utilizarea compușilor anorganici și organici

Pe parcursul studierii proprietăților substanțelor anorganice și organice, am luat cunoștință și de domeniile de utilizare a acestora. Chimia își are aplicare în toate domeniile vieții cotidiene: alimentație, medicină, construcție, tehnică etc.

Este cunoscut faptul că, în alimentația omului, lipsa vitaminelor A, B, C, D, E ș.a. provoacă scăderea solidității oaselor, slăbirea sistemului imunitar, tulburări de creștere, anemie, tuberculoză, tumori etc.

Medicamentele contemporane își fac efectul prin fixarea în receptori – proteine specifice de pe suprafața membranelor celulelor bolnave –, pentru a inhiba un anumit proces chimic. În mod normal, substanțele naturale (cum ar fi hormonii) se combină cu receptorii și produc modificări în interiorul celulei, influențând procesele din organism. Medicamentul înlocuiește receptorii, astfel încât acțiunea substanțelor-mesager naturale este stopată. De exemplu, *antibioticele* (penicilina) împiedică dezvoltarea bacteriilor, iar *hipnoticele* și *sedativele* (barbital, nitrozepan) au efecte calmante, somnifere. *Anestezicele* (N_2O , C_3H_6) sunt substanțe care produc pierderea cunoștinței, a sensibilității și a posibilității de mișcare și sunt utilizate la intervenții chirurgicale.

Un domeniu deosebit de important este producerea materialelor plastice și a polimerilor speciali. Condițiile principale impuse materialelor plastice utilizate în industria aerospațială sunt: să reziste la



Știați că...

Argintul se folosește în medicină din timpuri străvechi, pentru tratamentul diferitor boli, datorită acțiunii sale antimicrobiene. În practica medicală sunt utilizate soluția de nitrat de argint (I) și soluțiile coloidale de argint – colargol și protargol. Ultimele se aplică sub formă de soluții și unguente pentru tratamentul organelor respiratorii, la prelucrarea rănilor infectate și la prepararea picăturilor pentru infecțiile de ochi etc.

Sarcini imediate

Enumerați și alte domenii de utilizare a compușilor anorganici și organici.

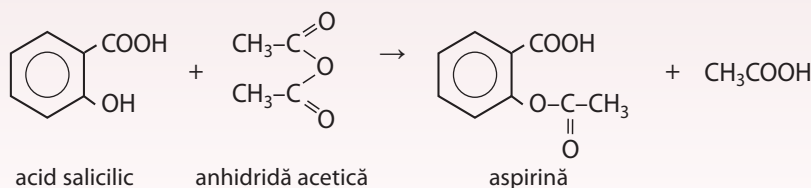
temperaturi ridicate și scăzute, să nu ardă, să nu producă fum. Pentru cabinele de pasageri, se folosesc laminate din rășină epoxidică sau fenolică, ranforsate cu fibre de sticlă și acoperite cu un strat metalic subțire, pentru o rezistență la foc cât mai bună. La construcția navelor spațiale se utilizează plăci cu structura sandwich de grafit, rășină epoxidică, bor, aluminiu, care sunt rezistente la temperaturi ridicate.

În industria chimică, materialele plastice își găsesc cele mai diverse aplicații. Sunt fabricate reactoare chimice din polipropilenă și poliester armat cu fibre de sticlă, având o capacitate de minimum 48 t și diametrul de 3 m. Kevlarul este un material fibros alcătuit din lanțuri macromoleculare de tetraftalamide poliparafenilenice și are o duritate de cinci ori mai mare decât oțelul, fiind, totodată, mai ușor ca acesta.

Este binecunoscută importanța anumitor compuși chimici în construcție. Astfel, varul stins ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), ghipsul ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), alabastrul ($2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) se utilizează pe larg ca materiale de construcție. În construcție se mai folosește cimentul (Ca_3SiO_5 , Ca_2SiO_4 , $\text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$ ș.a.) și betonul (amestec de ciment cu nisip și prundiș). Așadar, astăzi nu ne putem imagina existența omenirii fără chimie și fără materialele obținute cu ajutorul tehnologiilor chimice.

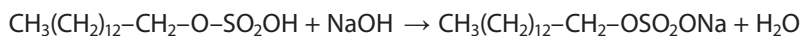
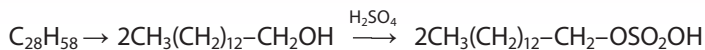
EVALUARE

1. La interacțiunea acidului salicilic cu anhidrida acetică, se obține compusul cunoscut în medicină ca *aspirină*:

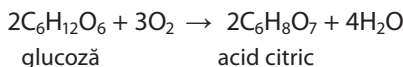


Ce masă de aspirină poate fi obținută din 96,5 kg de acid salicilic? În ce scop se folosește aspirina?

2. Ce masă de detergent poate fi obținută din 400 t de parafină după schema: parafină $\rightarrow$ alcooli superiori $\rightarrow$ acid alchilsulfonic $\rightarrow$ sare (detergent)?



3. Acidul citric se obține în industrie la fermentarea citrică a glucozei conform schemei:



Ce masă de acid citric se poate obține din soluția cu masa de 400 kg și cu partea de masă a glucozei de 15%, dacă randamentul obținerii acidului constituie 60%?

4. Bacteriile de tubercul, în decursul unui an, pot lega azotul cu masa de până la 400 kg de pe o suprafață de 1 ha. Ce masă de silitră amoniacală trebuie să fie introdusă în sol pentru a contribui la obținerea a 400 kg de azot?
5. Organismul uman are nevoie de 0,7 g de calciu pe zi. Această necesitate poate fi satisfăcută pe contul laptelui. Partea de masă a calciului, în laptele de vacă, constituie 0,13%, iar în laptele de capră – 0,14%. Ce masă de lapte trebuie introdusă în alimentarea unui tânăr/ unei tinere de 17 ani pentru a satisface necesarul de calciu al organismului?

Proiect

Tema: *Substanțele ce îmi asigură confortul în casă*

Argument

Substanțele chimice sunt deosebit de importante pentru calitatea vieții fiecărui om. În comerț există o mare varietate de produse de uz casnic care vin în ajutorul omului, printre acestea numărându-se săpunurile, detergenții și alte soluții de curățare.

Datorită acestor produse chimice, putem duce o viață decentă.

Formați o echipă cu câțiva colegi și colege și realizați proiectul la tema menționată.

Probleme de urmărit

- Selectați:
 - câte cinci substanțe chimice utilizate pentru asigurarea curățeniei în casă;
 - câte cinci substanțe chimice utile pentru corpul uman.
- Examinați cu atenție etichetele fiecărei substanțe.
- Determinați avantajele și dezavantajele fiecărei substanțe chimice și utilizarea corectă a fiecăreia.

Modalități de realizare

- Prezentări PowerPoint
- Postere
- Referat

Modalități de prezentare

- Fiecare echipă alege elevul/ eleva care va prezenta proiectul.
- Prezentarea se va face timp de 8 min.

Criterii de evaluare

- Alegerea substanțelor chimice
- Mesajul transmis referitor la importanța produsului chimic
- Încadrarea în timpul alocat prezentării
- Sursele bibliografice utilizate

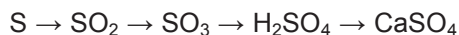
Legătura genetică

8.2. În chimia anorganică și organică

Să ne amintim că între substanțele anorganice simple și compuse (oxizi, acizi, baze și săruri) există o legătură genetică, care explică posibilitatea transformărilor reciproce. Astfel, calciul, o substanță simplă (metal), în urma combinării cu oxigenul, se transformă în oxid de calciu care, la rândul său, la interacțiunea cu apa, formează hidroxidul de calciu. Acesta, la interacțiunea cu un acid, dă o sare. Toate aceste transformări pot fi reprezentate astfel:



Produsul final, sulfatul de calciu, poate fi obținut și pe altă cale, pornind de la un nemetal, de exemplu, de la sulf:



S arcini imediate

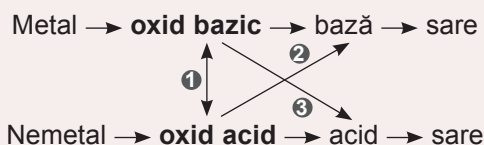
Folosind schemele alăturate, deduceți proprietățile chimice pentru: a) un oxid, b) o bază, c) un acid. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

Prin urmare, pe diferite căi, a fost obținută una și aceeași sare. Este cunoscută și transformarea inversă, de la sare ajungându-se la alte clase de compuși anorganici sau la substanțe simple. Spre exemplu, sulfatul de cupru (II) se poate transforma în cupru conform schemei:

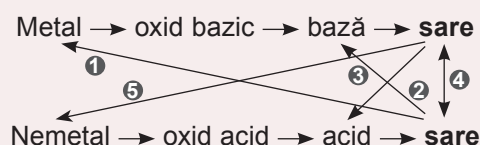


O astfel de relație dintre clasele de compuși anorganici este prezentată prin schemele legăturilor genetice ale principalelor clase de compuși anorganici, din care pot fi deduse proprietățile chimice ale acestora.

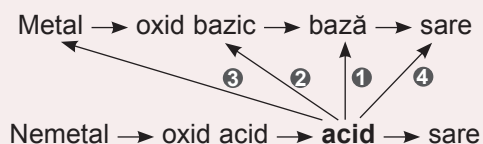
Proprietățile chimice ale oxizilor



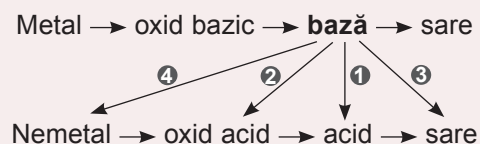
Proprietățile chimice ale sărurilor



Proprietățile chimice ale acizilor



Proprietățile chimice ale bazelor

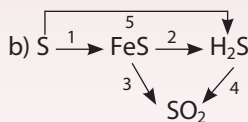
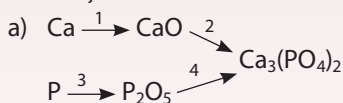


Să ne amintim că și clasele de compuși organici au legătură genetică între ele. În acest context, cea mai simplă legătură genetică este în cadrul diverselor tipuri de hidrocarburi. Astfel, cu ajutorul proceselor de dehidrogenare a alcanilor, se pot obține hidrocarburi etilene, dienice, acetilenice. Toate hidrocarburile nesaturate pot fi hidrogenate până la saturația completă, ajungându-se la alcani.

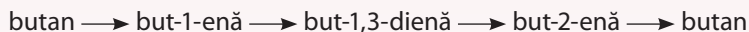
O altă cale de transformare vizează arenele. Hidrocarburile acetilenice inferioare, în urma trimerizării, formează hidrocarburi aromatice, de exemplu, din acetilenă se obține benzen. La fel, prin dehidrogenarea cicloalcanilor (ciclohexanul), se pot obține hidrocarburi aromatice (benzen) etc. O schemă generalizatoare a legăturii genetice, care cuprinde tipurile de hidrocarburi și majoritatea claselor de compuși organici, este redată la pag. 13.

EVALUARE

1. Realizați transformările:



2. a) Realizați transformările:



b) Din metan, obțineți ciclohexan.

Scrieți ecuațiile reacțiilor, arătați condițiile de realizare ale acestora.

3. Cum se va schimba structura moleculară a substanțelor în următoarele transformări:
etan $\rightarrow$ etilenă $\rightarrow$ acetilenă $\rightarrow$ benzen?
Scrieți formulele de structură pentru fiecare substanță, arătați tipul de legături (σ sau π) din molecule.
4. Care dintre tipurile de hidrocarburi cunoscute pot reacționa cu următoarele substanțe: brom, clorură de hidrogen, hidrogen? Alcătuiți ecuațiile reacțiilor respective (folosind exemple concrete).
5. Realizați transformările, scriind ecuațiile reacțiilor chimice:
- $$\text{ZnS} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Zn(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Zn(OH)}_2 \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn}$$
- $\downarrow$ $\swarrow$ $\swarrow$
 $\text{ZnO} \rightarrow \text{Na}_2\text{ZnO}_2$

Numiți domeniile de utilizare pentru fiecare dintre substanțele respective.

6. Ce volum de soluție alcalină cu partea de masă a hidroxidului de potasiu 22% și densitatea de 1,2 g/mL va fi necesar pentru dizolvarea amestecului cu masa de 200 g, care constă din aluminiu (partea de masă 21,6%), oxid de aluminiu (10,4%) și hidroxid de aluminiu (68%)?
7. Fierul cu masa de 12,2 g a fost topit cu 6,4 g de sulf. La produsul obținut s-a adăugat acid clorhidric în exces. Gazul care s-a degajat a fost trecut printr-o soluție de CuCl_2 cu masa de 200 g cu partea de masă a clorurii de cupru (II) de 15%. Ce masă de precipitat s-a format?
8. Au interacționat 340 g soluție de nitrat de argint (I) de 10% cu 146 g de soluție de acid clorhidric de 20%. Calculați masa precipitatului format. Scrieți ecuația reacției chimice în formă moleculară, ionică și ionică redusă.
9. La arderea a 7,2 g de substanță organică cu densitatea relativă a vaporilor față de aer egală cu 2,485, s-au obținut 11,2 L (c.n.) de oxid de carbon (IV) și 10,8 g de apă. Care este denumirea substanței, dacă formula sa de structură conține un atom de carbon cuaternar?
10. Acetilena cu volumul de 280 mL (c.n.) a fost folosită pentru obținerea aldehidei acetice cu un randament de 80%. Ce masă de metal (depus pe sticlă) poate fi obținută la adăugarea întregii cantități de aldehydă la un exces de oxid de argint (I)?
11. La interacțiunea a 100 g de soluție de etanol și fenol în benzen cu exces de sodiu s-au eliminat 1,12 L de hidrogen (c.n.). Aceeași cantitate de soluție, la interacțiunea cu exces de apă de brom, formează 16,55 g de precipitat.
- Determinați părțile de masă ale alcoolului și fenolului în soluție.
 - Indicați câte un domeniu de utilizare a alcoolului și fenolului.

TEST DE EVALUARE SUMATIVĂ

la unitatea de învățare „Diversitatea și unitatea chimică a lumii substanțelor”

- Se dau substanțele: Cl_2 , CH_3Cl , HCl , KClO_3 , $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$, Cl_2O_7 , CH_3COOH , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Clasificați substanțele în organice și anorganice.
- Scrieți formulele de structură:
 - acid 3-aminopentanoic;
 - acid metanoic;
 - 2-metilbutan-1-ol;
 - etanoat de metil.

3. Completați tabelul de mai jos:

Substanța	Denumirea	Tipul legăturii chimice
Br ₂		
KBr		
HBr		

4. Pentru fiecare caracteristică prezentată în coloana A selectați o substanță din coloana B și scrieți litera corespunzătoare în spațiul rezervat:

B

a) acetat de etil

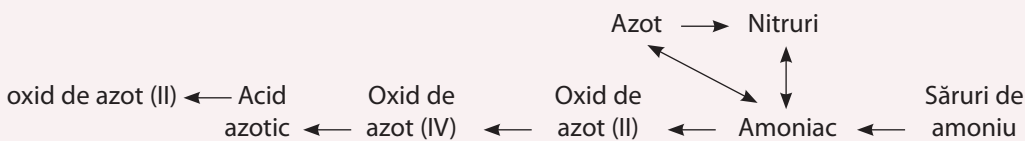
b) amidon

c) benzen

d) metan

_____ 5. se obține la trimerizarea etinei

5. Folosind legătura genetică a azotului și a compușilor săi, scrieți ecuațiile reacțiilor chimice pentru această schemă de transformări:



6. La deshidratarea a 1,5 g de alcool în prezența H_2SO_4 , s-au obținut 0,56 L de alchenă (c.n.). Se cere: a) determinați formula moleculară a alcoolului; b) scrieți formulele de structură ale tuturor izomerilor posibili ai alcoolului dat și numiți-i conform nomenclurii sistematice.

7. Scrieți câte o ecuație a reacției de obținere a substanțelor propuse în corespundere cu tipul indicat:

a) reacție de combinare _____ FeCl_3

b) reacție de descompunere _____ O_2 _____

c) reacție de substituție _____ Cu _____

d) reacție de schimb _____ KNO_3 _____

CHIMIA ÎN VIAȚA SOCIETĂȚII

După studierea acestei unități de învățare, vei fi capabil/ capabilă:

- să selectezi din diferite surse informații relevante despre chimia în viața societății pentru elucidarea situațiilor contextuale;
- să analizezi și să sistematizezi elementele informaționale în formă de schemă/ tabele conceptuale;
- să analizezi critic informațiile din diferite surse privind proprietățile, utilizarea, influența substanțelor asupra organismului uman și mediului;
- să elaborezi proiecte ce vizează integrarea chimiei în activitatea cotidiană.

9.1. Chimia și produsele alimentare

Cunoașteți că celula vie este într-un proces de mișcare neîntrerupt: în celulă pătrund și din celulă ies diverse substanțe chimice. Celula obține compuși necesari datorită alimentației. Moleculele care ajung în organism cu alimentele sunt compuși cu structură complexă: proteine, grăsimi și hidrați de carbon. Acești compuși suportă o mulțime de transformări chimice și, în consecință, moleculele mari se descompun în molecule mici de tipul CO_2 și H_2O . În organismele vii mai acționează fermenții care direcționează reacțiile de descompunere – reacții catabolice (în greacă, *katabole* – „distrugere”, „desfacere”).

Atunci când distruge proteinele, grăsimile și hidrații de carbon, celula eliberează energia *închisă* în legăturile chimice. Pentru ca să elibereze această energie, celula trebuie mai întâi să o obțină.

Grăsimile, alături de proteine și hidrații de carbon, reprezintă baza alimentației omului și sunt cele mai eficiente surse de energie: 1 g de grăsime, la oxidarea completă în celulele umane, oferă 9,5 kcal (40 kJ) de energie, aproape de două ori mai mult decât proteinele sau hidrații de carbon. (Pentru comparație: 1 g de benzină dă la ardere 42 kJ, 1 g de lemn uscat – 15 kJ.)

Grăsimile se găsesc, practic, în toate produsele alimentare.

Hidrații de carbon (cea mai importantă componentă este glucoza) se conțin în pâine, cartofi, fructe etc. La oxidarea a 1 g de glucoză sau 1 g de zaharoză, se elimină 17,6 kJ de energie.

Proteinele sunt necesare omului, în primul rând, ca sursă de aminoacizi. Ajungând în organismul uman, acestea se descompun în mai multe *mici blocuri de construcție (aminoacizi)*. Mai apoi, celula le reorganizează, formând alte proteine necesare organismului.

Produsele alimentare moderne conțin zeci de aditivi alimentari (coloranți, emulgatori, aromatizatori, conservanți și stabilizatori) considerați de forurile internaționale specializate drept toxici sau cancerigeni. Potrivit rapoartelor emise de aceste organizații, consumul alimentelor îmbogățite cu substanțe artificiale este al doilea factor de risc major al mortalității după consumul de droguri, unele medicamente și accidente de circulație.

Consumul îndelungat de produse alimentare aditivate sintetic provoacă distrugerea sistemului imunitar (acesta ajunge să producă anticorpi în exces, folosindu-i împotriva propriu-



Știați că...

Cea mai cunoscută dintre substanțele dulci este zaharoza. În zilele noastre, 2/3 din producția mondială a zahărului se obține din trestie-de-zahăr, pe când zahărul obținut din sfecla-de-zahăr constituie 28 de milioane de tone.

Dacă în molecula zaharozei trei grupe hidroxil se substituie pe cale chimică cu atomi de clor, se obține o substanță de două mii de ori mai dulce decât zaharoza. Lactoza ce se conține în lapte (4-5%) este de trei ori mai puțin dulce decât zaharoza.

lui organism), precum și o serie de tumori maligne și benigne. Care sunt acești aditivi?

Aditivi coloranți: E 102 (extrem de nociv); E 110, E 120, E 124 (colorant alimentar roz, care produce tumori pe glanda tiroidă), E 621.

Aditivi toxici: E 220, E 221, E 222, E 223, E 224 (afectează tubul digestiv); E 338, E 339, E 340, E 341, E 407, E 450, E 461, E 463, E 465, E 466 (produc boli de piele); E 230, E 231, E 232, E 233 (suprimă din organism vitamina B₁₂); E 200 (provoacă creșterea colesterolului); E 320, E 321 – antioxidanți din margarină (atacă sistemul nervos); E 311, E 312 (produc boli ale aparatului bucal).

Aditivi cancerigeni: E 330 (acidul citric sau sarea de lămâie – cel mai periculos adaos cancerigen); E 123, E 131, E 142, E 211 (foarte nociv), E 213, E 214, E 215, E 216, E 217, E 230, E 631 (glutamatul de sodiu), E 239.

Conform studiilor de specialitate, se recomandă consumatorilor să evite produsele care conțin aditivii enumerați mai sus, chiar dacă numai consumul îndelungat al alimentelor și produselor cosmetice aditivate produce efectele amintite.

EVALUARE

1. Indicați clasele de compuși naturali care ajung cu alimentele în organismul uman.
2. Enumerați cele mai importante produse alimentare bogate în grăsimi.
3. Informați-vă și numiți alimentele bogate în hidrați de carbon.
4. Care produse alimentare conțin proteine?
5. Numiți produsele alimentare bogate în elemente chimice:
a) în calciu; b) în potasiu.
Care este rolul acestor elemente pentru organismul omului?
6. Ce este intoxicarea cu nitrați? Numiți trei-patru legume din Republica Moldova care conțin cel mai frecvent nitrați. Determinați simptomele intoxicației cu nitrați.
7. Fierul este asimilat de organism din alimente. Indicați trei-patru produse mai bogate în fier. Care este rolul fierului pentru organismul omului?
8. Necesitatea zilnică de fosfor este de circa 800 mg. Sursele cele mai importante de fosfor sunt carnea și peștele, laptele și produsele lactate, ouăle etc. Calculați ce cantitate de carne (a) și ouă (b) trebuie să folosească omul pentru a satisface necesitatea zilnică de fosfor, dacă se cunoaște conținutul de fosfor în ouă (100 mg/100 g) și în carne (160 mg/100 g).



Lucru în echipă

9. Analizați inscripțiile de pe ambalajul următoarelor produse alimentare utilizate frecvent:
a) băuturi răcoritoare; b) bomboane.
Determinați ce aditivi conține fiecare. Care sunt substituenții zahărului ce produc gustul dulce? Ce fel de coloranți sunt folosiți la producerea lor?
Demonstrați influența negativă a unor componente ale produselor asupra organismului uman.

9.2. Chimia și produsele farmaceutice

Încă din Antichitate, oamenii foloseau diferite ierburi pentru tratarea unor maladii. Dar abia în secolul al XX-lea aceste substanțe medicamentoase au fost analizate ca niște compuși chimici care tratează o boală sau alta. Se mai știe că unele și aceleași substanțe pot fi atât otrăvuri, cât și medicamente, în funcție de doza de administrare: luată în doze mici, substanța tratează, iar în doze mari – devine nocivă pentru organism.

Antibioticele sunt medicamente care distrug sau împiedică dezvoltarea bacteriilor. În funcție de structura lor, antibioticele atacă bacteriile în mod diferit. Penicilina atacă învelișul exterior al bacteriei. Streptomycină distruge membrana care învelește citoplasma. Tetraciclina acționează direct asupra nucleului. Sulfanilamidele tratează gripa, difteria, pneumonia, dizenteria ș.a. Mecanismul acțiunii tuturor sulfanilamidelor este bazat pe asemănarea structurală cu acidul folic, sintetizat de multe bacterii.

Analgezice, antipiretice, antiinflamatoare. După structura chimică, aceste substanțe pot fi împărțite în derivați ai acidului salicilic (aspirină, paracetamol, salicilat de sodiu ș.a.) și ai pirozalonului (amidopirină, analgină, antipirină ș.a.). Doze mari de salicilați pot provoca reacții alergice, grăbesc procesele de degradare a proteinelor și grăsimilor, afectează auzul. Temperatura sporită a corpului este o reacție de apărare a organismului. Ea trebuie coborâtă folosind medicamentele respective doar când atinge valori mai mari de $+38^{\circ}\text{C}$.

Medicamentele hipnotice și sedative sunt substanțe chimice cu acțiune depresivă asupra sistemului nervos central. Sunt utilizate pentru provocarea somnului (efect hipnotic). În doze mici au numai efect calmant (sedativ). Folosirea lor îndelungată provoacă dependență. Există preparate de acțiune îndelungată (barbital, fenobarbital), de acțiune medie (nitrazepam, barbamil), de acțiune scurtă (noxiron, hexabarbital).

Cele mai mici doze de barbiturați micșorează viteza de reacție motorie și psihică a organismului la factorii exteriori. Aceste substanțe dezactivează acțiunea altor medicamente și micșorează temperatura corpului. Consumul lor este permis doar la indicația medicului.

Anestezicele sunt substanțe chimice care produc pierderea cunoștinței, a sensibilității și a capacității de mișcare. Fără acestea nu ar fi posibile intervențiile chirurgicale. Cel mai des se utilizează protoxidul de azot (N_2O) și ciclopropanul (C_3H_6). Fiind gaze, anestezicele se aplică în amestec cu oxigen (20%), utilizând aparate care permit dozarea perfectă a amestecului și evacuarea gazelor expirate.

Medicamentele alopatiche, prin proprietățile, concentrația și modul lor de administrare, acționează asupra bolii în mod antagonist, neutralizându-i efectele ca un antidot. Metoda alopatică se aplică, de asemenea, în: *fitoterapie* (se utilizează exclusiv plantele medicinale); *aromoterapie* (se utilizează uleiurile volatile); *opoterapie* (se utilizează țesuturile și organele animale).

Medicamentele homeopate se administrează în cantități extrem de mici. Homeopatia „trezește” și stimulează capacitățile proprii de apărare și de reacție ale organismului, mecanismele inhibitate de boală. Folosirea substanțelor naturale foarte diluate exclude reacțiile alergice sau intolerante.

Orice substanță, până devine preparat medicinal, este supusă unor cercetări și testări îndelungate. Biologii și medicii studiază dacă substanța nu este toxică și nu are acțiuni nocive asupra organismului,



Știați că...

Compușii sulfului pot fi considerați substanțe medicamentoase. Tiosulfatul de sodiu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) este un antidot pentru metalele grele (plumb, mercur, cupru ș.a.) care nimeresc în organism. El contribuie la dezințoxicare, activizând funcțiile antitoxice ale ficatului. Pulberea de sulf stă la baza unguentelor folosite la tratarea bolilor de piele (scabie, micoze). Sarea Glauber $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ este un preparat diuretic care contribuie la secreția fierii.

iar chimiștii trebuie să găsească modalitatea optimă de obținere a acestora. Sinteza unei substanțe medicamentoase deseori include mai multe etape și poate fi foarte costisitoare.

Industria farmaceutică are drept scop asigurarea calității medicamentelor, ceea ce presupune un ansamblu de activități. Principalul obiectiv este de a contribui la protejarea sănătății publice, prin elaborarea de norme comune recunoscute, destinate profesioniștilor.

EVALUARE

1. Având acasă diverse preparate medicamentoase, examinați prospectele și stabiliți compoziția lor. Ce acțiune farmacologică au acestea asupra organismului uman?
2. Stabiliți elementele și vitaminele necesare pentru buna funcționare a organului vederii.
3. Informați-vă la farmacia din localitate ce preparate medicamentoase conțin fier. Cum se administrează acestea? Care este rolul fierului pentru organismul femeii gravide?
4. Fenolftaleina servește ca purgativ slab și ca indicator acido-bazic. Ea formează cristale incolore, solubile în alcool. În prezența bazelor ($\text{pH} > 8,2$), culoarea virează în roz-zmeuriu. Determinați formula moleculară brută a fenolftaleinei, dacă se știe că masa molară este de 318 g/mol, iar compoziția este: 75,471% C; 4,4025% H; 20,126% O.
5. Zaharoza se folosește în farmacie la prepararea siropurilor și a zahărului invertit (supus hidrolizei), indicat ca substituent energetic și activator metabolic. 1) Scrieți ecuația reacției de eliminare a apei din glucoză și fructoză, pentru evidențierea structurii zaharozei. 2) Explicați de ce zaharoza nu are proprietăți reducătoare. 3) Comentați succint de ce zahărul invertit are caracter reducător.
6. Cloroformul (CHCl_3), un lichid cu miros caracteristic, a fost primul compus organic folosit în cursul operațiilor ca narcotic (în anul 1848). Scrieți ecuația reacției de obținere a cloroformului din metan, notați tipul reacției și indicați condițiile de realizare.
7. Efedrina este un medicament descoperit în plante (genul *Ephedra*) de grecii antici și de chinezi. Efedrina se utilizează pentru menținerea presiunii arteriale la valori normale, în tratamentul guturaiului și al unor stări alergice. Este, de asemenea, un excitant al sistemului nervos central. Denumirea științifică a efedrinei este: 1-fenil-2-metilamino-propan-1-ol.
1) Notați formula structurală a efedrinei. 2) Numiți grupele funcționale pe care le conține efedrina. 3) Scrieți câte o ecuație chimică pentru fiecare dintre aceste grupe funcționale.
8. Kelenul (cloroetanul), folosit în chirurgie ca anestezic general și local (extern), se obține ca rezultat al reacției:

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{-OH} + \text{HCl}_{(\text{g})} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{C}_2\text{H}_5\text{-Cl} + \text{H}_2\text{O}$$
 - a) Calculați volumul de HCl gazos (c.n.) care interacționează cu 184 g de soluție de etanol cu partea de masă de 96%.
 - b) Scrieți ecuațiile reacțiilor de obținere a etanolului din alchenă (1) și din aldehydă (2).

9.3. Chimia și produsele de igienă și cosmetice

Cunoașterea chimiei ne ajută în viața cotidiană să alegem corect produsele de igienă și cosmetică.

Cea mai simplă metodă de curățare a pielii și a părului este spălarea cu apă, cu *săpun* sau cu produse cosmetice moderne – *șampoane*. Caracteristica de bază a oricărui produs de spălat este alcalinitatea. Cu cât mai alcalină este reacția săpunului sau a șamponului, cu atât mai bine

se curăță grăsimea pielii, dar, în același timp, soluțiile alcaline usucă pielea și distrug părul. De aceea, obiectivul chimiștilor și cosmetologilor constă în soluționarea unei probleme complexe – să obțină produse eficiente de curățare, dar să evite, în același timp, distrugerea pielii și a părului.

Pentru utilizarea corectă a produselor de spălat (șampoane, detergenți, balsamuri de păr etc.) trebuie să ținem cont de indicele pH.

Fiziologii au demonstrat că stratul de piele are pH-ul de aproximativ 5,5 datorită substanțelor solubile în apă pe care le conține. Acțiunea produselor de spălat, puternic alcaline, schimbă valoarea normală a pH-ului pielii. Iată de ce pe etichetele șampoanelor este indicată valoarea pH-ului (cca 5,5).

Fermentații ce se găsesc în detergenți sunt catalizatori naturali ai reacțiilor biochimice care au loc în organismele vii. Misiunea fermenților este de a distruge chimic substanțele ce murdăresc pielea.

La baza compoziției *rujurilor* se găsește ceara naturală sau analogii ei sintetici. Acestea fac parte din clasa lipidelor și reprezintă esterii acizilor superiori grași și ai alcoolilor superiori. Rujul poate avea diferite compoziții: în primul caz, la bază stă ceara de albine, componenta de bază a căreia este esterul acidului palmitic $C_{15}H_{31}COOH$ și alcoolului miricilic $C_{30}H_{61}OH$; în cazul al doilea – esterul sintetic al acidului palmitic și alcoolului laurilic $C_{12}H_{25}OH$.

În compoziția preparatelor cosmetice decorative contemporane (ruj, rimel, fond de ten) intră compuși ce manifestă proprietăți slabe antiseptice și conservante, care acționează asupra pielii la fel ca și vitaminele.

Componentele de bază ale *pastelor de dinți* contemporane sunt: preparatele antiseptice, sărurile ce conțin fluor, calciu. Unele paste conțin substanțe abrazive sau anestezice. În calitate de componentă abrazivă a pastelor de dinți este folosit fosfatul de calciu.

Pentru copiii cu dinții de lapte și adulții cu dantura afectată, se folosesc paste sub formă de gel. Pentru ca pasta de dinți să devină mai spumoasă și să păstreze umiditatea, în compoziția ei se introduc alcooli polihidroxicili – sorbitol, glicerol, polietilen-glicol. În calitate de componente anticarie ale pastelor de dinți se folosesc fluorurile de sodiu, de staniu, de calciu, monofluorofosfatul de sodiu Na_2PO_3F .

Cremele de îngrijire a pielii reprezintă sisteme coloidale, fiind niște emulsii. Pentru stabilizarea lor, se folosesc anumiți emulgatori. Componentele cremelor uleioase sau grase au menirea să completeze pierderea grăsimii pielii și să asigure protecția ei de acțiuni atmosferice nocive. Și cremele, la fel ca șamponurile, trebuie să aibă pH-ul cuprins între 5-6 (slab acid). În calitate de emulgatori în compoziția cremelor intră derivați ai etilenglicolului $HOCH_2-CH_2OH$, ai alcoolilor, acizilor, la fel și produșii de condensare a alcoolilor polihidroxicili și acizilor grași, de exemplu, acizii laurinic și oleic.

S arcini imediate

Ce este pH-ul unei soluții? Cum poate fi determinat acesta?

S arcini imediate

Scrieți ecuațiile reacțiilor de obținere a componentelor de bază ale rujurilor în cazurile indicate în text.

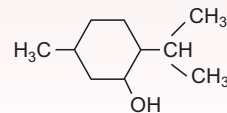
Știați că...

Rugina poate fi înlăturată cu acid citric. Untul (pata proaspătă) poate fi înlăturat ușor cu benzină sau cu pastă de dinți.

Cafeaua, sucul de morcov, sucul de vișină se decolorează sub acțiunea înălbitorului. Petele de sos de carne pot fi înlăturate cu un detergent ce conține fermenți. Petele de suc de morcov mai pot fi înlăturate prin expunerea la soare, deoarece acesta conține multă carotină și, fiind un pigment natural, poate fi ușor decolorat cu lumină emisă de lămpi UV. Pata de iod poate fi scoasă prin sublimare la încălzire.

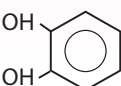
EVALUARE

1. Examinați etichetele de pe săpunul, șamponul și detergenții folosiți la voi acasă. Descrieți compoziția fiecărui produs.
2. Se cunoaște că îngrijirea proastă a dinților, în special în cazul când nu sunt înlăturate resturile de produse alimentare, prezintă una dintre cauzele cariei dentare. De ce alimentele din hidrați de carbon, nu numai de zahăr, dar și pâine albă, biscuiți sunt periculoase pentru dinți?
3. Mentolul se extrage din uleiul de mentă. Mentolul este un antiseptic local și servește la parfumarea unor produse cosmetice precum pasta de dinți sau spuma de ras. Formula structurală a mentolului este:

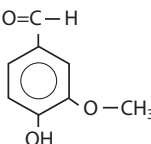


4. Se dau următorii compuși:

1) acid benzoic C_6H_5-COOH
(în pasta de dinți)

2) acid cafeic  $CH=CH-COOH$
(în bacteriostatice)

3) acid palmitic $C_{15}H_{31}-COOH$
(în rujuri)

4) vanilină  (în parfumuri, produse de patiserie)

Se cere: a) indicați grupele funcționale în structura fiecărui compus; b) menționați clasa/ clasele la care se referă fiecare compus; c) scrieți câte o ecuație a reacției caracteristice acestora.

5. Stomatologii recomandă, pentru profilaxia cariei, utilizarea, timp de un an, a 1,5 g de fluor activ sub formă de pastă de dinți (ion fluorură), acesta putând disocia și intra în reacția de schimb ionic. Câte tuburi de pastă de dinți cu masa de 75 g fiecare sunt necesare pentru norma anuală, dacă pe ele scrie: *Conținutul fluorului activ constituie 0,15%*? Ce cantitate de monofluorfosfat de sodiu se conține într-un astfel de tub?

Proiect

Tema: *Eu în lumea chimiei*

Context. Chimia este numită „industria transformărilor magice”. Ea ne permite să obținem materiale care nu există în natură, pentru a produce diverse aparate și automobile, pentru construirea caselor, pentru confecționarea hainelor și încălțăminte. Întreaga planetă, pădurile și munții, solurile și apa, sunt create prin transformări chimice.

Faceți o echipă cu câțiva colegi și colege și elaborați un proiect la tema menționată.

Probleme de urmărit

- Alegeți câte o substanță care se potrivește pentru următoarele afirmații:
 - o substanță care este un produs alimentar;
 - o substanță utilizată la spălarea hainelor;
 - o substanță utilizată ca medicament;
 - o substanță utilizată pentru a îmbunătăți calitatea vieții noastre;
 - o substanță care ne face să arătăm bine.
- Pentru substanțele selectate, scrieți formulele de structură, descrieți una-două proprietăți care corespunde utilizării date.

Modalități de realizare

- Prezentări PowerPoint
- Postere
- Referat

Modalități de prezentare

- Fiecare echipă alege elevul/ eleva care va prezenta proiectul.
- Prezentarea se va face în decurs de 8 min.

Criterii de evaluare

- Alegerea substanțelor chimice.
- Mesajul transmis referitor la importanța substanțelor selectate.
- Încadrarea în timpul alocat prezentării.
- Sursele bibliografice utilizate.

9.4. **Chimia și calitatea vieții**

Se știe că, de fiecare dată când omenirea a descoperit și a însușit un nou proces chimic, a crescut brusc și nivelul vieții. Astfel, după ce au învățat să aprindă focul, strămoșii noștri nu s-au mai temut de frig, iar când au învățat să pregătească mâncare pe foc, în vase de lut, au început să folosească produse pe care altădată nici nu le-ar fi încercat. După ce au însușit secretele de topire a fierului, oamenii au început să confecționeze diverse unelte de muncă și arme. Cu toate acestea, până la sfârșitul secolului al XIX-lea, tehnologiile chimice se dezvoltău încet, deoarece încă nu exista o teorie chimică care ar fi explicat cum poate fi obținută o substanță cu proprietățile necesare.

La sfârșitul secolului al XIX-lea a început să se dezvolte vertiginos metalurgia: oamenii erau capabili să obțină oțel, topeau cuprul, zincul, plumbul, staniul și alte metale. În aceeași perioadă s-a dezvoltat industria sticlei și producerea materialelor de construcție. Au apărut primele uzine, în care se produceau săpun și stearină, coloranți anilinici, otrăvuri pentru rozătoare, unele medicamente simple etc.

Odată cu elaborarea și aplicarea legii periodicității, a devenit posibilă prognozarea proprietăților substanțelor anorganice.

Cunoașterea structurii substanțelor organice a făcut posibilă elaborarea unor metode de sinteză. A fost creată chimia fizică, cu ajutorul căreia specialiștii au învățat să prezică direcția și condițiile decurgerii unor reacții chimice, să calculeze randamentul produsului reacției.

Fabricarea masivă a unor substanțe a determinat obținerea altora. Producerea oțelurilor, de exemplu, a condus la sinteza amoniacului, ceea ce a permis obținerea acidului azotic iefin, care a condiționat sinteza anilinei și a coloranților anilinici etc.

La sfârșitul secolului al XX-lea, multe obiecte și materiale obținute prin procese chimice au intrat astfel în viața noastră, încât astăzi nu ne mai imaginăm cum am trăi fără hârtie, fibre, coloranți, mase plastice, fără cauciuc și poliuretan, fără produse de spălat (șampon, săpun, detergent) ș.a. Ce ar fi dacă nu ar exista mijloace de transport moderne, acestea fiind, într-un fel sau altul, produse ale industriei chimice, care au apărut în secolul al XX-lea?

Ce s-ar întâmpla dacă chimia nu ar oferi agriculturii îngrășăminte minerale și produse pentru combaterea dăunătorilor? Cum ar fi medicina fără medicamente, societatea umană fără îmbrăcăminte și căldură? Am putea conchide că, în lipsa produselor industriei chimice, populația globului pământesc ar fi fost mult mai puțin numeroasă, iar viața ar fi fost mai puțin confortabilă.

Chimia modernă reprezintă un sistem fundamental de cunoștințe, bazat pe un material experimental bogat și pe principii teoretice sigure.



Știați că...

Conform datelor statistice, în anul 2013 producția mondială a polimerilor a constituit 245 mln de tone.

Cei mai utilizați polimeri sunt: polietena (29%), polipropena (19%), polivinilclorura (11%), polistirenul (6,5%). Principalele domenii de utilizare sunt pentru: ambalaje (40%), construcții (21%), mașini (8%), electronică (5%).

Chimia ocupă locul central între științele despre natură și are o mare capacitate creativă. O parte din milioanele de substanțe anorganice și organice (oxigen, apă, proteine, grăsimi, hidrați de carbon, petrol, aur etc.) ne sunt oferite de natură de-a gata, o altă parte (de exemplu, asfaltul sau fibrele artificiale) au fost obținute de om printr-o ușoară modificare a substanțelor naturale. Dar cea mai mare parte din substanțe o constituie cele sintetizate.

Chimia este unică prin faptul că nu numai studiază substanțele din natură, dar și își creează singură noi obiecte de cercetare. Chimiștii pot nu doar să schimbe proprietățile substanțelor naturale, dar pot *construi* alte substanțe cu proprietăți solicitate.

Observațiile chimiștilor și cunoștințele despre substanțe și transformările lor au fost adunate de omenire de-a lungul mileniilor. Principala problemă a chimiei practice a fost, dintotdeauna, folosirea substanțelor pentru binele omului. Actualmente, existența omenirii nu poate fi imaginată fără chimie și fără acel spectru de produse care se obțin cu ajutorul tehnologiilor chimice moderne.

Așadar, chiar și după finalizarea studiilor și integrarea în viața socială, chimia ne va însoți peste tot. Această știință ne oferă soluții în lupta împotriva insectelor dăunătoare și ne salvează de maladii periculoase, oferindu-ne medicamente eficiente împotriva acestora. Datorită cercetărilor în domeniul chimiei, avem fertilizanții și pesticidele necesare pentru îmbogățirea solurilor și pentru cultivarea fructelor și legumelor, avem o gamă largă de materiale textile pentru confecționarea obiectelor de vestimentație moderne etc. Beneficiile aduse de chimie sunt incontestabile, ea ne ușurează viața cu mașini electronice *inteligente*, ne oferă ceasuri elegante, ce lucrează pe acumulate microscopice ș.m.a. Totodată, nu putem neglija efectele nocive ale aplicării excesive sau incorecte și inconștiente a descoperirilor din chimie.

Studiind chimia, am stabilit importante domenii ale vieții noastre, unde utilizarea substanțelor chimice este inevitabilă. Am abordat în paragrafele precedente problemele ce țin de importanța consumului de alimente sănătoase.

În viața cotidiană, în procesul de îngrijire a pielii și părului, utilizăm diverse produse cosmetice, pentru crearea cărora au fost utilizate cunoștințele despre proprietățile chimice ale proteinelor și aminoacizilor.

Este de neimaginat cum ar putea fi construite clădirile fără ajutorul chimiei și al proceselor chimice. O componentă de bază a lucrărilor în construcție este varul stins (Ca(OH)_2); vopselele uleioase, care conțin amestec de pigmenți, de exemplu, oxid de titan (IV) cu ulei de in (trigliceride ale acizilor carboxilici nesaturați de tipul linoleic). Alte materiale de construcție sunt cimentul și gipsul, precum și betonul.

Casele moderne se încălzesc cu gaze naturale (metan, etan, propan, butan).

Populația planetei noastre este preocupată de problemele ecologice, de calitatea produselor alimentare, a apei și aerului. În ultimul timp, sunt solicitate tot mai mult produsele agricole ecologic pure, crescute fără a folosi îngrășămintele minerale, pesticidele, erbicidele etc.

Sunt oare atât de periculoase pesticidele? Și oare pot fi evitate cu desăvârșire? Substanțele date pot aduce beneficii oamenilor, dacă aceștia cunosc cele mai inofensive mijloace chimice, știu să le dozeze corect și să înlocuiască un preparat cu altul.

Tehnologiile agricole contemporane propun soluții eficiente în lupta cu dăunătorii culturilor. De exemplu, cartofii (spre păstrare) se prelucurează cu soluție de aldehidă formică cu partea de masă de 40%, pentru a-i proteja împotriva bolilor fungice. Pentru prelucrarea depozitelor unde se păstrează semințe, legume și fructe, se folosesc vaporii de dicloroetan și bromometan. Pentru dezinfectarea beciurilor, depozitelor, se folosește oxidul de sulf (IV). Pentru protecția fructelor de mucegai și de putrezire, se utilizează butilamina.

Pot fi aduse mii de exemple care demonstrează aportul benefic al chimiei la îmbunătățirea calității vieții.

Rămâne, dragi elevi și eleve, să explorați aceste utilități ale chimiei moderne întru binele umanității, al mediului în care trăim, pentru o dezvoltare durabilă a societății.

EVALUARE

1. Enumerați trei-patru domenii ale activității umane unde chimia are rolul cel mai important.
2. Enumerați cel puțin cinci metale care au un rol biologic important pentru activitatea umană.
3. Numiți cinci nemetale ce fac parte din așa-numitele „elemente ale vieții”. Descrieți importanța fiecăruia pentru organismul uman.
4. Numiți trei-patru substanțe chimice cu efect nociv. Prin ce se manifestă influența acestora asupra organismelor vii?
5. Care sunt cei mai frecvenți poluanți pentru orașul sau satul în care trăiți? Cum influențează aceștia calitatea vieții oamenilor? Indicați măsurile urgente pentru soluționarea problemelor de poluare în localitatea voastră.
6. Enumerați cele mai importante substanțe sau produse (ce le conțin), pe care le utilizați acasă, le observați în natură.
7. Arătați câteva exemple de amestecuri folosite în construcții sau în agricultură (pentru a spori creșterea roadei).
8. Enumerați câteva săruri folosite acasă sau la întreprinderile din localitatea voastră.
9. Sticla organică se folosește în radio- și electrotehnică, ca material de construcție și decorativ, iar ca material electroizolator este utilizată în instalații de tensiuni joase. Alcătuiți ecuația reacției de polimerizare a metilmetacrilatului $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3$.
Calculați partea de masă a elementelor carbon și oxigen în acest monomer.



Lucru în echipă

10. Discutați în grupuri despre rolul pozitiv și cel negativ al chimiei pentru:
 - a) mediu;
 - b) viață;
 - c) sănătate.
11. Explicați (cu exemple concrete) în ce mod pe viitor vă vor fi de folos cunoștințele din chimie.
12. Organizați câteva prezentări în fața colegilor și colegelor din clasele mai mici (cl. 5-6) despre importanța chimiei în protecția mediului, în asigurarea calității înalte a vieții.
13. Examinați bogățiile naturale din localitatea voastră și propuneți *deschiderea* imaginară a unei fabrici. Ce materie primă ar sta la baza producerii? Unde ar putea fi utilizate produsele fabricate?

Tabelul periodic

PERIOADE	GRUPE DE										
	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			
I	1 H HIDROGEN 1,008										
II	3 Li LITIU 6,939	4 Be BERILIU 9,012									
III	11 Na SODIU 22,990	12 Mg MAGNEZIU 24,312									
IV	19 K POTASIU 39,10	20 Ca CALCIU 40,08	Sc SCANDIU 44,96	21 Ti TITAN 47,88	22 V VANADIU 50,94	23 Cr CROM 52,00	24 Mn MANGAN 54,94	25 Fe FIER 55,85	26 Co COBALT 58,93	27	
V	37 Rb RUBIDIU 85,47	38 Sr STRONȚIU 87,62	39 Y YTRIU 88,91	40 Zr ZIRCONIU 91,22	41 Nb NIOBIU 92,91	42 Mo MOLIBDEN 95,94	43 Tc TECNEȚIU [98,91]	44 Ru RUTENIU 101,07	45 Rh RODIU 102,91	46	
VI	55 Cs CESIU 132,91	56 Ba BARIU 137,33	57 La* LANTAN 138,91	72 Hf HAFNIU 178,49	73 Ta TANTAL 180,95	74 W WOLFRAM 183,85	75 Re RENIU 186,21	76 Os OSMIU 190,20	77 Ir IRIDIU 192,22	78	
VII	87 Fr FRANCIU [223,02]	88 Ra RADIU [226,03]	89 Ac** ACTINIU [227,03]	104 Rf RUTHERFORDIU [261,11]	105 Db DUBNIU [262,11]	106 Sg SEABORGIU [263,12]	107 Bh BOHRIU [264,12]	108 Hs HASSIU [267,13]	109 Mt MEITNERIU [268,14]	110	
Oxizi superiori	R₂O	RO	R₂O₃	RO₂	R₂O₅	RO₃	R₂O₇	RO₄			
Compuși cu hidrogen											
* LANTANIDE	Ce 58 CERIU 140,12	Pr 59 PRASEODIM 140,91	Nd 60 NEODIM 144,24	Pm 61 PROMETIU [144,91]	Sm 62 SAMARIU 150,36	Eu 63 EUROPIU 151,96	Gd 64 GADOLINIU 157,25	Tb 65 TERBIU 158,93	Dy 66 DISPROSIU 162,50	Ho 67 HOLMIU 164,93	Er 68 ERBIU 167,26
** ACTINIDE	Th 90 TORIU 232,04	Pa 91 PROTACTINIU [231,04]	U 92 URANIU 238,03	Np 93 NEPTUNIU [237,05]	Pu 94 PLUTONIU [239,10]	Am 95 AMERICIU [243,06]	Cm 96 CURIU [247,07]	Bk 97 BERKELIU [247,07]	Cf 98 CALIFORNIU [251,08]	Es 99 EINSTEINIU [252,08]	Fm 100 FERMIU [257,01]

al elementelor

ELEMENTE								
VIIIb	Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa
							(H)	² He HELIU 4,003
			5 B BOR 10,811	6 C CARBON 12,011	7 N AZOT 14,007	8 O OXIGEN 15,999	9 F FLUOR 18,998	10 Ne NEON 20,183
			13 Al ALUMINIU 26,982	14 Si SILICIU 28,086	15 P FOSFOR 30,974	16 S SULF 32,064	17 Cl CLOR 35,453	18 Ar ARGON 39,948
Ni ²⁸ NICHEL 58,69	Cu ²⁹ CUPRU 63,55	Zn ³⁰ ZINC 65,39	31 Ga GALIU 69,72	32 Ge GERMANIU 72,61	33 As ARSEN 74,92	34 Se SELENIU 78,96	35 Br BROM 79,90	36 Kr KRIPTON 83,80
Pd ⁴⁶ PALADIU 106,42	Ag ⁴⁷ ARGINT 107,87	Cd ⁴⁸ CADMIU 112,41	49 In INDIU 114,82	50 Sn STANIU 118,71	51 Sb STIBIU 121,75	52 Te TELUR 127,60	53 I IOD 126,90	54 Xe XENON 131,29
Pt ⁷⁸ PLATINĂ 195,09	Au ⁷⁹ AUR 196,97	Hg ⁸⁰ MERCUR 200,59	81 Tl TALIU 204,37	82 Pb PLUMB 207,19	83 Bi BISMUT 208,98	84 Po POLONIU [208,98]	85 At ASTATINIU [209,99]	86 Rn RADON [222,02]
Ds ¹¹⁰ DAMSTADIUM [281]	Rg ¹¹¹ ROENTGENIUM [280]	Cn ¹¹² COPERNICIUM [285]	113 Hh NIHONIUM [284]	114 Fl FLEROVIUM [289]	115 Mc MOSCOVIUM [288]	116 Lv LIVERMORIUM [293]	117 Ts TENESSINE [294]	118 Og OGANESSON [294]
	R₂O	RO	R₂O₃	RO₂	R₂O₅	RO₃	R₂O₇	RO₄
				RH₄	RH₃	H₂R	HR	
Tm ⁶⁹ TULIU 168,93	Yb ⁷⁰ YTERBIU 173,04	Lu ⁷¹ LUTETIU 174,97						
Md ¹⁰¹ MENDELEEVIU [258,10]	No ¹⁰² NOBELIU [259,10]	Lr ¹⁰³ LAWRENCIU [261,11]						

Solubilitatea în apă a acizilor, bazelor și sărurilor

Ionii	H ⁺	K ⁺	Li ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Ag ⁺
OH ⁻	–	S	S	S	P	S	S	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	–	–
NO ₃ ⁻	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
SO ₄ ²⁻	S	S	S	I	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S	P
I ⁻	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	–	S	S	I	S	P	I
Br ⁻	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P	S	P	I
Cl ⁻	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S	I
SO ₃ ²⁻	S	S	S	P	P	S	S	P	–	I	I	–	I	–	I	I	I	–	–	I
PO ₄ ³⁻	S	S	I	I	I	S	S	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
F ⁻	S	S	S	P	P	S	S	P	P	S	P	P	P	P	S	S	P	P	I	S
CH ₃ COO ⁻	S	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CO ₃ ²⁻	S	S	S	I	I	S	S	I	–	I	I	–	I	–	I	I	I	–	–	I
S ²⁻	S	S	S	–	–	S	S	–	–	I	I	–	I	I	I	I	I	I	I	I
SiO ₃ ²⁻	I	S	S	I	I	S	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

„S” – solubil, „I” – insolubil, „P” – puțin solubil, „–” – în soluții nu există.

Constantele de disociere ale unor acizi și baze

Acidul	Formula chimică	Constanta de disociere, t = 25°C
Azotos	HNO ₂	$6,9 \cdot 10^{-4}$
Cianhidric	HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$
Fluorhidric	HF	$6,2 \cdot 10^{-4}$
Acetic	CH ₃ COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$
Aminoacetic	NH ₂ CH ₂ COOH	$1,7 \cdot 10^{-10}$
Benzoic	C ₆ H ₅ COOH	$6,3 \cdot 10^{-5}$
Formic	HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Fenol	C ₆ H ₅ OH	$1,0 \cdot 10^{-10}$

Baza anorganică sau organică	Formula chimică	Constanta de disociere, t = 25°C
Amoniac	NH ₄ OH	$1,76 \cdot 10^{-5}$
Hidroxid de bariu	Ba(OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-1}$
Hidroxid de calciu	Ca(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-2}$
Metilamină	CH ₃ NH ₂ + H ₂ O	$4,6 \cdot 10^{-3}$
Dimetilamină	(CH ₃) ₂ NH + H ₂ O	$5,4 \cdot 10^{-4}$
Dietilamină	(C ₂ H ₅) ₂ NH + H ₂ O	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Anilină	C ₆ H ₅ NH ₂ + H ₂ O	$4,3 \cdot 10^{-10}$

SISTEMUL PERIODIC AL ELEMENTELOR CHIMICE

		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
1	H 1,0079	Hidrogen														2 He 4,0026	
2	Li 6,941	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne								18 Ar	
3	Na 22,98977	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar								36 Kr	
4	19 K 39,0983	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni						54 Xe	
	29 Cu 63,546	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr								86 Rn	
5	37 Rb 85,4678	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd						102 Ru	
	47 Ag 107,868	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe								131 Xe	
6	55 Cs 132,9054	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt						190 Os	
	79 Au 196,9665	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn								222 Rn	
7	87 Fr [223]	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds						268 Hs	
	111 Roentgenium [280]	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og								294 Og	

*Lantanide

58 Ce Ceru 140,12	59 Pr Praseodim 140,9077	60 Nd Neodim 144,24	61 Pm Prometi [145]	62 Sm Samar 150,36	63 Eu Europ 151,96	64 Gd Gadol 157,25	65 Tb Terbiu 158,9254	66 Dy Dispro 162,50	67 Ho Holmiu 164,9304	68 Er Erbiu 167,26	69 Tm Tuliu 168,9342	70 Yb Yterbiu 173,04	71 Lu Lutețiu 174,967
-----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

**Actinide

90 Th Toriu 232,0381	91 Pa Protactiniu 231,0359	92 U Uraniu 238,0389	93 Np Neptuniu 237,0482	94 Pu Plutoni [244]	95 Am Americiu [243]	96 Cm Curiu [247]	97 Bk Berkeliu [247]	98 Cf Californiu [251]	99 Es Einsteiniu [252]	100 Fm Fermiu [257]	101 Md Mendeleeviu [258]	102 No Nobeliu [259,10]	103 Lr Lawrențiu [260]
--------------------------------------	--	--------------------------------------	---	-------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	--	-------------------------------------	--	---	--

SERIA ELECTRONEGATIVITĂȚII ELEMENTELOR CHIMICE

F	O	N	Cl	Br	I	S	C	Se	H	As	B	Si	Al	Mg	Ca	Li	Na	K
4,0	3,5	3,07	3,0	2,8	2,5	2,5	2,5	2,4	2,1	2,0	2,0	1,8	1,5	1,2	1,04	1,0	0,9	0,8

ȘIRUL ACTIVITĂȚII CHIMICE A METALELOR

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Ni Sn Pb (H) Cu Hg Ag Pt Au

ISBN 978-9975-0-0868-6

