

K 205 658
3



საქართველოს
ენციკლოპედია



10
საქართველოს
ენციკლოპედია

Բ.Ո. ՁԱՆԲԵՐՈՒՄԻՆ ԴՈՒՐԱՆԻ ԴՐՁԱՅԵԺԱՅԻՆ ՅԱՌՈՐԵՐՈՒ ՆՈՆԵՅԱՅ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԴՐՁԱՅԻՆ		Յ Ա Բ Գ Դ Ե Զ Է Ը Թ Ժ Ի Լ Խ Ծ Կ Ծ Ո															
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII								
1	1	H ¹ ԿԱՐԲՈՆԱՏ 1,00794						(H)	² He Հելիում 4,00260								
2	2	Li ³ Լիթիում 6,941	Be ⁴ Բերիլիում 9,01218	5 B Բոր 10,81	6 C ՔԱՐԱԾՈՒՄ 12,011	7 N ԱԶՈՏ 14,0067	8 O ՕՔՍԻԳԵՆ 15,9994	9 F ՖԼՈՐ 18,998403	10 Ne ՆԵՈՆ 20,179								
3	3	Na ¹¹ ՆԱՏՐԻՈՒՄ 22,98977	Mg ¹² ՄԱԳՆԵԶԻՈՒՄ 24,305	13 Al ԱԼՅՈՒՄԻՆԻՈՒՄ 26,98154	14 Si ՍԻԼԻՍԻՈՒՄ 28,0855	15 P ՓՈՍՓՈՐ 30,97376	16 S ՏԱՐԱԿԵՆ 32,06	17 Cl ՔԼՈՐ 35,453	18 Ar ԱՐԳՈՆ 39,948								
4	4	K ¹⁹ ԿԱԼԻՈՒՄ 39,0983	Ca ²⁰ ԿԱԼՑԻՈՒՄ 40,08	Sc ²¹ ՏԿԱՆԴԻՈՒՄ 44,9559	Ti ²² ՏԻՏԱՆԻՈՒՄ 47,90	V ²³ ՎԱՆԱԴԻՈՒՄ 50,9415	Cr ²⁴ ՔՐՈՄ 51,996	Mn ²⁵ ՄԱՆԳԱՆԵԶ 54,9380	Fe ²⁶ ԲԻՅՈՅ 55,847	Co ²⁷ ԿՈԲԱԼՏ 58,9332	Ni ²⁸ ՆԻԿԵԼ 58,70						
	5	29 Cu ՔՈՒՊՐՈՒՄ 63,546	30 Zn ՇՈՒՇՈՒՄ 65,38	31 Ga ԳԱԼԻՈՒՄ 69,72	32 Ge ԳԵՐՄԱՆԻՈՒՄ 72,59	33 As ԱՐՏԵՆԻԿ 74,9216	34 Se ՏԵԼՈՒՐ 78,96	35 Br ՖՐԱՆՍԻՈՒՄ 79,904	36 Kr ԿՐԵՅ 83,80								
5	6	Rb ³⁷ ՐՈԲԵՐՏՈՆ 85,468	Sr ³⁸ ՏՐԻՏԻՈՒՄ 87,62	Y ³⁹ ԻՏՐԻՈՒՄ 88,9062	Zr ⁴⁰ ՇՐԻՈՒՄ 91,224	Nb ⁴¹ ՆԻՕԲԻՈՒՄ 92,9064	Mo ⁴² ՄՈԼԻԲԴԵՆ 95,94	Tc ⁴³ ՏԵԽՆԻՑԻՈՒՄ 98,9062	Ru ⁴⁴ ՐՈՒԴԵՆԻՈՒՄ 101,07	Rh ⁴⁵ ՐՈՏԻՈՒՄ 102,9055	Pd ⁴⁶ ՔԱԴՄԻՈՒՄ 106,4						
	-				Sn ⁵⁰ ՏԻՆ 121,75	Sb ⁵¹ ՏԵԼԻՈՒՄ 121,75	Te ⁵² ՏԵԼՈՒՐ 127,60	I ⁵³ ԻՈԴ 126,9045	Xe ⁵⁴ ՔՍԵՆՈՆ 131,30								
6					72 Ta ՏԱՆԹԱԼ 180,9479	73 W ՎՈԼՓՐԱՄ 183,85	74 Re ՐԵՆԻՈՒՄ 186,207	75 Os ՕՏՄԻՈՒՄ 190,2	76 Ir ԻՐԻԴԻՈՒՄ 192,22	Pt ⁷⁸ ՔԱԴՄԻՈՒՄ 195,09							
					Pb ⁸² ՔԱԴՄԻՈՒՄ 208,9804	83 Bi ԲԻՏՄՈՒՄ 208,9804	84 Po ՔՈՒՐԼՈՒՄ (209)	85 At ԱՏՏԱՏ (210)	86 Rn ՐԱԴՈՆ (222)								
7					104 U ՍԵՐԵՆԻՈՒՄ (261)	105 Ns ՆԵՈՍԵՐԵՆԻՈՒՄ (261)	106	107									
					RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄								
					RH ₄	RH ₃	RH ₂	RH									
*		L ⁵⁷ ԼԱՆԹԱՆ 138,9055															
**		Ac ⁸⁹ ԱԿՏԻՆԻՈՒՄ (227)	89 Th ԹՈՐԻՈՒՄ 232,0381	90 Pa ՓՐՈՄԵԹԻՈՒՄ 231,0359	91 U ՍԵՐԵՆԻՈՒՄ 238,029	92 Np ՆԵՓՏՈՒՆԻՈՒՄ 237,0482	93 Pu ՔՈՒՐԻՈՒՄ (244)	94 Am ԱՄԵՐԻՑԻՈՒՄ (243)	95 Cm ԿՈՒՐԻՈՒՄ (247)	96 Bk ԲԵՐԿԵԼԻՈՒՄ (247)	97 Cf ԿԱԼԻՓՈՐՆԻՈՒՄ (251)	98 Es ԷՅՏԵՆՏԵՆԻՈՒՄ (254)	99 Fm ՖԵՐՄԻՈՒՄ (257)	100 Md ՄԵՆԴԵԼԵՎԻՈՒՄ (258)	101 No ՆՈԲԵԼԻՈՒՄ (259)	102 Lr ԼՈՐԵՆՑԻՈՒՄ (260)	103

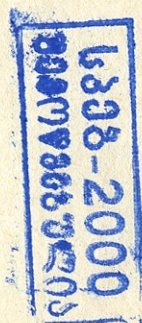
ი. ვ. ხოდაკოვი
დ. ა. ეკუთმინი
პ. ა. გლორიოზოვი



ბ რ ა ე რ გ ა ნ უ ლ ი ქ ი მ ი ა

X კლასის სახელმძღვანელო

მეთხუთმეტე გადაუშავებული გამოცემა
დამტკიცა სსრ კავშირის განათლების სამინისტრომ



გამომცემლობა „განათლება“
თბილისი — 1988

546(075)

24.11 72
546(075)
ს 674

საორგანო ქიმოს სახელმძღვანელო-
72

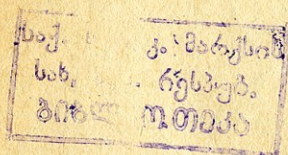
საქართველოს
საბჭოთაო

პირობითი აღნიშვნები

- ▲ — სავარჯიშოები და დავალებები
- ? — კითხვები
- — საშინაო დავალება

თარგმანი დაამტკიცა საქართველოს სსრ
განათლების სამინისტრომ

859.508.3
X



X 4306021400—087 66—88
M—602(08)—88

I SBN 5—505—00323—0

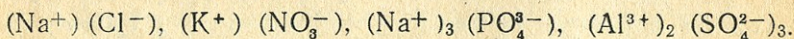
© Издательство «Просвещение», 1986,
с изменениями.

© ქართული თარგმანი ცვლილებებით,
გამომცემლობა „განათლება“, 1988

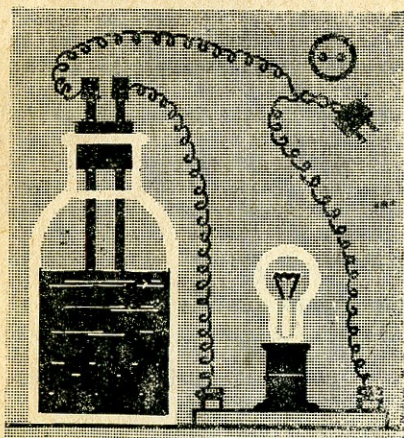
VIII კლასში პერიოდულობის კანონსა და ატომთა აგებულების ელექტრონულ თეორიაზე დაყრდნობით თქვენ დაიწყეთ ქიმიური ელემენტებისა და მათ მიერ წარმოქმნილ მარტივ ნივთიერებათა და ნაერთთა სისტემური შესწავლა. ახლა გავიცნოთ, თუ როგორ აშუქებს მჟავების, ფუძეებისა და მარილების კლასის ქიმიური ნაერთების ზოგად თვისებებს ატომთა აღნაგობის ელექტრონული თეორია.

§ 1. ელემენტარული და არაელემენტარული

როგორც თქვენთვის ცნობილია, ატომებს შორის ქიმიური ბმა შეიძლება იყოს ორი სახისა: იონური და კოვალენტური. იონური ბმის მქონე ნივთიერებებია ლითონების ნაერთები არალითონებთან, ხოლო ნივთიერებები კოვალენტური ბმით არის არალითონების ნაერთები ერთმეორესთან, აგრეთვე მრავალი მარტივი ნივთიერება. მაგრამ როგორია ქიმიური ბმა არა ორი, არამედ სამი და მეტი სხვადასხვა ელემენტის — ლითონებისა და არალითონების ნაერთებში, ჟანგბადშემცველ მჟავათა მარილებსა და ფუძეებში? ჟანგბადშემცველ მჟავათა მარილებში, მაგალითად, კალიუმის ნიტრატში KNO_3 , ნატრიუმის ფოსფატში Na_3PO_4 , ალუმინის სულფატში $Al_2(SO_4)_3$ მჟავური ნაშთების შედგენილობაში შემავალი ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებულია კოვალენტური ბმით, ხოლო ლითონისა და მჟავური ნაშთების ატომებს შორის ბმა იონურია. ამგვარად, ჟანგბადშემცველ მჟავათა მარილების კრისტალები, როგორც ნატრიუმის ქლორიდისა, აგებულია იონებისაგან. მათში ლითონის იონები დადებითად არის დამუხტული, ხოლო მჟავათა ნაშთების იონები — უარყოფითად. მარილთა იონური აღნაგობის გათვალისწინებით მათი ფორმულები შეიძლება დაიწეროს შემდეგი სახით:

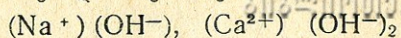


მყარ ფუძეებს, რომელთა შედგენილობაში შედის ჟანგბადისა და წყალბადის ლითონის ატომები: $NaOH$, $Ca(OH)_2$ და სხვები, აქვთ კრისტალური გისოსი, რომელიც წარმოქმნილია დადებითად დამუხ-



სურ. 1. სითხეების ელექტროგამტარობის გამოსაცდელი ხელსაწყო.

ტული ლითონის იონებისა და უარყოფითად დამუხტული ჰიდროქსიდ-იონებისაგან:



თუ ნაერთის შედგენილობაში შედის მხოლოდ არალითონების (C, H, O და სხვ.) ატომები, მაშინ ატომებს შორის ყველა ბმა კოვალენტურია, ასეთი ნივთიერებები (მაგალითად, გლუკოზა, საქაროზა, აცეტონი, სპირტი), ყველა მდგომარეობაში — მყარ, თხევადსა და აიროვანში — შეიცავენ ნეიტრალურ მოლეკულებს, იონები მათ სტრუქტურაში არ არის.

ქიმიური ბმის ხასიათის სხვადასხვაობა გლინდება ხსნარებში ნივთიერებათა ქცევით. ქიმიურ რეაქციათა უმრავლესობა მიმდინარეობს წყალხსნარებში. ამიტომ განვიხილოთ ასეთი ხსნარების ქცევა, გამოვიკვლიოთ მათი ელექტროგამტარობა. ხსნარის ელექტრული დენის გამტარობის უნარი განისაზღვრება მასში ელექტრული მუხტების გადამტანთა — იონების არსებობით,

ელექტროგამტარობის შესამოწმებლად ვისარგებლოთ ხელსაწყოთი (სურ. 1). ჯერ ჩავატაროთ საკონტროლო ცდა: გამოხდით წყალში ჩავძიროთ ნახშირის ღეროები. ნათურა არ აინთება: წრედი გათიშულია. მაშასადამე, სუფთა წყალი ელექტრულ დენს არ ატარებს (ან ატარებს მას ძლიერ სუსტად). მაგრამ იქნებ იონებისაგან აგებული მყარი ნივთიერება, რომელიც არ არის გახსნილი, ატარებს ელექტრულ დენს? ჩავძიროთ ნახშირის ღეროები მშრალი მარილების: სუფრის მარილის, კალიუმის ნიტრატის, ნატრიუმის ფოსფატის, ალუმინის სულფატის ფხვნილებში. ნათურა არ აინთება. ამ მარილების კრისტალურ გისოსებში იონებს არ შეუძლიათ თავისუფლად გადაინაცვლება და ელექტრული მუხტების გადატანა. ამიტომ მყარი მარილები ელექტრულ დენს არ ატარებენ. ახლა ჩამოთვლილი მარილებიდან ერთ-ერთი მარილის მწიკვი შევიტანოთ გამოხდით წყალში და მიღებულ ხსნარში ჩავძიროთ ნახშირის ღეროები. ნათურა კაშკაშით აინთება. სუფთა წყლისა და მშრალი მარილისაგან განსხვავებით მარილის ხსნარი ელექტრულ დენს ატარებს, იგი შეიცავს თავისუფლად გადაინაცვლების უნარის მქონე მრავალ დამუხტულ ნაწილაკს — იონებს.

მყარი ტუტეების — NaOH , Ca(OH)_2 -ისა და სხვების კრისტალური გისოსის კვანძებში აგრეთვე არის იონები. ამ ნივთიერებათა ხსნარებიც ასევე ატარებენ ელექტრულ დენს; მარილები, ტუტეები ატარებენ ელექტრულ დენს არა მხოლოდ ხსნარებში, არამედ წაღობებშიც: გაღობისას კრისტალური გისოსი იშლება და იონები იწყებენ თავისუფლად გადაადგილებას, ელექტრული მუხტის ერთი ელექტროდიდან მეორეზე გადატანას.

ნივთიერებებს, რომელთა ხსნარები ან ნაღობები ატარებენ ელექტრულ დენს, ელექტროლიტები ეწოდება.

ახლა შევამოწმოთ ელექტროგამტარობა ისეთ ნივთიერებათა ხსნარებისა, რომლებშიც არაა იონური ბმები, მაგალითად, გლუკოზის, საქაროზის, აცეტონისა და სპირტის. ამ ნივთიერებათა ხსნარები ელექტრულ დენს არ ატარებენ; ნახშირის ღეროების ჩაძირვისას ნათურა არ ინთება.

ნივთიერებებს, რომელთა ხსნარები ან ნაღობები ელექტრულ დენს არ ატარებენ, არაელექტროლიტები ეწოდება. მაგალითად, საქაროზა, გლუკოზა, აცეტონი, სპირტი არაელექტროლიტებია.

ამგვარად, წყალხსნარებში ნივთიერებათა ქცევა დამოკიდებულია იმაზე, არის თუ არა მათ შემადგენელ ატომებს შორის იონური ბმები, ე. ი. ნივთიერებათა აღნაგობით განისაზღვრება მათი ქცევა.

?

1. როგორ ნივთიერებებს ეწოდება ელექტროლიტები და არაელექტროლიტები?



2. პირველ სურათზე გამოსახული ხელსაწყოს დახმარების დადგინეთ, ატარებს თუ არა დენს: ა) გამოხდილი წყალი; ბ) წყალსადენის ან ჭის წყალი; გ) წვიმის წყალი. რით აიხსნება გამოკვლეული წყლისაგან რომელიმე ელექტროგამტარობა?

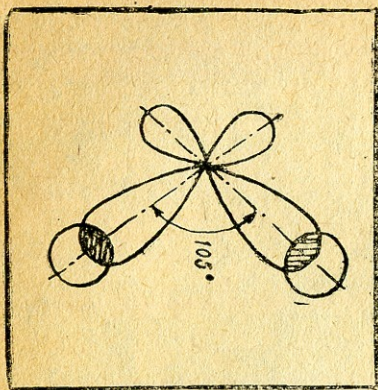
3. ისარგებლეთ პირველ სურათზე გამოსახული ხელსაწყოთი, იპოვეთ ხსნადი მარილების აღმოჩენის ზერხი ნიადაგში რომელსაც აიღებთ სკოლის საცდელი ნაკეთიდან ან ყვავილის ქოთნიდან.

4. რომელი იონებისაგანაა აგებული: ა) კალიუმის სულფატის, ბ) რკინა(III)-ის სულფატის, გ) ბარიუმის ჰიდროქსიდის კრისტალები?

§2. მარილებისა და ფუძეების ელექტროლიტური დისოციაცია

ელექტროლიტის დაშლას იონებად წყალში გახსნისა და გაღობისას ეწოდება ელექტროლიტური დისოციაცია.

განვიხილოთ წყალში ისეთი იონური ნაერთის გახსნა, როგორიცაა მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდი. იონები მუდმივად ასრულებენ მცირე სითბურ რხევებს, მაგრამ შეკავდებიან კრისტალური გისოსის კვანძებში, ვინაიდან მიიზიდებიან საპირისპიროდ დამუხტული იონების მიერ.



სურ. 2. წყლის მოლეკულის აღნაგობის სქემა.

აღნიშნულია ღრუბლები, O ატომის p-ელექტრონებისა და H ატომთა s-ელექტრონებისა, რომლებიც მოწაწილეობენ ქიმიურ ბმათა წარმოქმნაში.

ქმნის ერთმანეთს შორის კუთხეს, ამიტომაც დადებითი და უარყოფითი მუხტების ცენტრები მოლეკულაში ერთმანეთს არ ემთხვევა. თუ მხედველობაში მივიღებთ მხოლოდ ჟანგბადის ატომების p-ელექტრონებით წარმოქმნილი ელექტრონული ღრუბლების ღერძების ურთიერთპერპენდიკულარობას, მაშინ განსახილველ ბმათა შორის კუთხე უნდა უდრიდეს 90° -ს. სინამდვილეში კი ეს კუთხე არის 105° (სურ. 2). კუთხის ასეთი გაზრდის ერთ-ერთი მიზეზია ერთსახელიანად დამუხტული წყალბადის ატომთა ელექტრონული ღრუბლების ურთიერთგანხიდევა.

წყლის პოლარულ მოლეკულას დიპოლის სახით გამოსახავენ პოდუსებზე მუხტების „+“ და „-“ ნიშნების ჩვენებით.

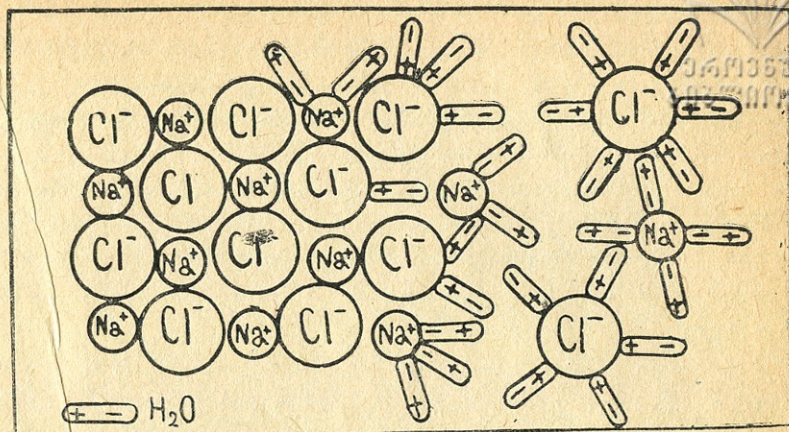
წყალში მარილის კრისტალის ჩაძირვისას (სურ. 3) წყლის მოლეკულები მიიზიდება კრისტალის ზედაპირზე არსებული იონებისაკენ: დადებითი იონებისაკენ თავისი უარყოფითი პოდუსებით (ჟანგბადის ატომები), ხოლო უარყოფითი იონებისაკენ — დადებითი პოდუსებით (წყალბადის ატომები).

თუ იონი კრისტალის ზედაპირიდან მოწყდა, გარემოცული აღმოჩნდება მისკენ მიზიდული წყლის მოლეკულები. წყლის ეს მოლეკულები ქმნიან იონის ჰიდრატულ გარსს. ჰიდრატული გარსი შეიცავს წყლის მოლეკულათა 5—7, ზოგჯერ კი — მეტ რიცხვსაც. ჰიდრატული გარსით გარემოცულ იონს ჰიდრატირებული ეწოდება. ჰიდრატულ გარსს მტკიცედ შეიკავებს იონი. ასეთი გარსების

როგორ ხდება კრისტალური გოსოსიდან იონების გადასვლა ხსნარში? ამ პროცესში როგორია წყლის მოლეკულების როლი?

როგორც თქვენთვის ცნობილია, წყლის მოლეკულაში წყალბადის ატომებსა და ჟანგბადის ატომს შორის ბმები კოვალენტურ-პოლარულია. ატომთა შემაკავშირებელი ელექტრონული წყვილები გადანაცვლებულია წყალბადის ატომებიდან ჟანგბადის ატომისაკენ. ამიტომ წყალბადის ატომებზე თავმოყრილია ნაწილობრივ დადებითი მუხტი, ხოლო ჟანგბადის ატომზე — ნაწილობრივ უარყოფითი.

წყალბადის ყოველი ატომის ბმა ჟანგბადთან წყლის მოლეკულაში



სურ. 3. წყალში ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალის გახსნის სქემა.

არსებობა ხელს უშლის კრისტალურ გისოსში იონთა უკუგადსვლას. ნალღობში იონთა გაერთიანებას ხელს უშლის დიდი ტემპერატურის დროს სითბური რხევების მაღალი ენერგია, რომელიც აღემატება სხვადასხვა ნიშნით დამუხტულ იონთა მიზიდულობის ენერგიას.

კრისტალური გისოსის რღვევასა და ხსნარში იონთა გადსვლაზე ენერგია იხარჯება, იონთა ჰიდრატაციის დროს კი ენერგია გამოყოფა, მაგალითად, 1 მოლი ნატრიუმის ქლორიდის შემადგენელ იონთა გათიშვისათვის, ე. ი. კრისტალური გისოსის დარღვევისათვის აუცილებელია დაიხარჯოს 774 კგჯ სითბო. თუ ამისათვის დაიხარჯებოდა წყლის მოლეკულათა სითბური მოძრაობის ენერგია, მაშინ 20°C ტემპერატურაზე 1 ლ წყალში 1 მოლი მარილის გახსნისას ტემპერატურა დაწვედა 0°C -ზე დაბლა. წყალში ნატრიუმის ქლორიდის გახსნისას ტემპერატურა თითქმის არ იცვლება. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ კრისტალური გისოსის რღვევაზე დახარჯულ სითბოს მოცემულ შემთხვევაში თითქმის მთლიანად ანაზღაურებს 1 მოლ. Na^+ იონთა და 1 მოლ Cl^- იონთა ჰიდრატაციისას გამოყოფილი სითბო.

ამგვარად, იონური კრისტალური გისოსის მქონე მყარი ნივთიერების წყალში გახსნას თან ახლავს სითბოს გამოყოფა იმ შემთხვევაში, როდესაც კრისტალში არსებულ ყველა იონთა ჰიდრატაციის ენერგია მეტია იმ ენერგიაზე, რომელიც აუცილებელია იონებს შორის ბმათა გასაწყვეტად, წინააღმდეგ შემთხვევაში გახსნას თან ახლავს სითბოს შთანქმედი.

ჰიდრატირებულ იონთა თვისებები შესამჩნევად განსხვავდება არაჰიდრატირებულ იონთა თვისებებისაგან. მაგალითად, სპილენძის

უწყლო სულფატში CuSO_4 არაჰიდრატირებული იონები Cu^{2+} და SO_4^{2-} — უფეროა, მაგრამ მარილის წყალში გახსნისას სპილენძის იონები Cu^{2+} ჰიდრატირდება და იძენს ცისფერ შეფერილობას. ამიტომ სპილენძ(II)-ის სულფატის წყალში ხსნარი ცისფერია. ზოგიერთი იონი ინარჩუნებს წყლის მოლეკულებს ხსნარის ამოშრობის შემდეგაც. მაგალითად, სპილენძ(II)-ის სულფატის ხსნარის მთლიანად ამოშრობისას წარმოიქმნება შაბიამნის $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ცისფერი კრისტალები, რომლის შედგენილობაში შედის სპილენძის ჰიდრატირებული იონები $\text{Cu}^{2+} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ და სულფატის ჰიდრატირებული იონები $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{H}_2\text{O}$.

კრისტალების შედგენილობაში შემავალ წყალს კრისტალიზაციური წყალი ეწოდება, ხოლო კრისტალიზაციური წყლის შემცველ ნივთიერებებს — კრისტალჰიდრატები. მრავალი მარილი წარმოქმნის კრისტალჰიდრატს. ხშირად გამოყენებული მარილებიდან შაბიამნის გარდა კრისტალჰიდრატებად ითვლება რკინის აჯასი $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ნატრიუმის სულფატი $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, თაბაშირი $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ და ბარიუმის ქლორიდი $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

წყალხსნარებში მარილების ანალოგიურად იქცევა ტუტეები.

წყალხსნარებში ელექტროლიტების ქცევა პირველად 1837 წ. ახსნა შვედმა მეცნიერმა ს. არენიუსმა. მის მიერ შემუშავებულ თეორიას ეწოდა ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია. ამ თეორიის განვითარებაში დიდი წვლილი შეიტანეს რუსმა მეცნიერებმა, განსაკუთრებით, ნ. ა. კაბლუკოვმა. გახსნის ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების შესახებ დ. ი. მენდელეევის თეორიაზე დაყრდნობით მან ელექტროლიტური დისოციაცია განიხილა როგორც წყალთან ელექტროლიტების ქიმიური ურთიერთქმედება.

- ?
1. რით განირჩევიან ნატრიუმის ქლორიდისა და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის კრისტალურ გოსოებში არსებული იონები ამ ნივთიერებათა ხსნარებში არსებულ იონებისაგან?
 2. შეიძლება თუ არა კრისტალური ნივთიერების გახსნა წარმართოს სიბოთს გამოყოფისა და შთანქმის გარეშე? რატომ?
 3. როგორია წყლის მოლეკულათა როლი ხსნარში ელექტროლიტის ელექტროლიტური დისოციაციის დროს?
 4. რით განსხვავდება ელექტროლიტური დისოციაციის მექანიზმი ნივთიერების წყალში გახსნისა და გაღობისას?

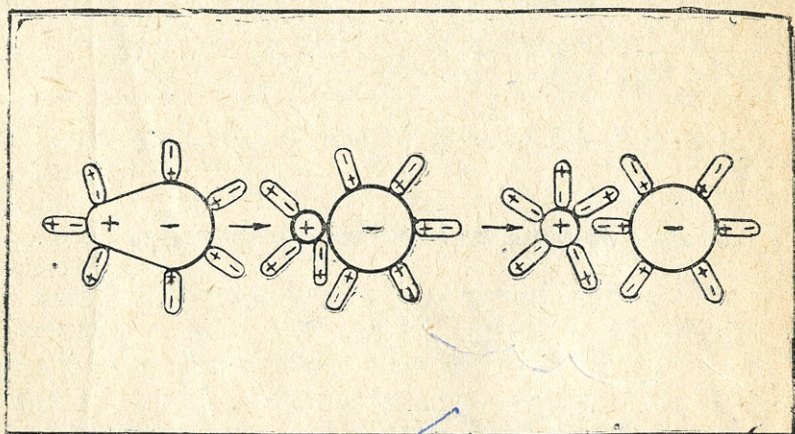
§ 8. მჟავების ელექტროლიტური დისოციაცია

ატომები, მაგალითად, მარილის HCl , გოგირდის H_2SO_4 , აზოტის HNO_3 და ფოსფორის H_3PO_4 მჟავათა მოლეკულები ერთმანეთთან შეკავშირებულია პოლარული კოვალენტური ბმებით; ამ მჟავების მო-

ლეკულებში იონური ბმები არ არის. თუმცა მჟავათა ხსნარების ხელსაწყო დახმარებით (სურ. 1) გასინჯვა გვიჩვენებს, რომ მჟავათა ხსნარებს აქვს ელექტროგამტარობა, მაშასადამე, ისინი შეიცავენ იონებს. ამგვარად, ჩამოთვლილი მჟავები ისევე, როგორც მარილები და ტუტეები, ელექტროლიტებს მიეკუთვნება.

როგორია მჟავათა მოლეკულების იონებად დისოციაციის მექანიზმი? განვიხილოთ, მაგალითად, ქლორწყალბადის HCl წყალხსნარში მოლეკულების ქცევა. ამ მოლეკულაში ატომებს შორის ბმა პოლარულ-კოვალენტურია, ვინაიდან ქლორი უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტია, ვიდრე წყალბადი, ამიტომ ელექტრონული წყვილი, რომელიც ატომებს აერთებს მოლეკულაში, გადანაცვლებულია ქლორის ატომისაკენ. ამის შედეგად ქლორის ატომზე ჩნდება ნაწილობრივი უარყოფითი მუხტი, ხოლო წყალბადის ატომზე — ნაწილობრივი დადებითი მუხტი. ამიტომ ქლორწყალბადის HCl მოლეკულას წყლიან გარემოში უერთდება დიპოლები — წყლის მოლეკულები (სურ. 4).

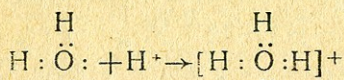
HCl მოლეკულაში წყალბადის ატომისაკენ მიიზიდება წყლის მოლეკულები თავისი უარყოფითი პოლუსით ჟანგბადის ატომის მხრივ. ამ ატომის გარე ელექტრონულ შრეზე არის ორი განუყოფელი ელექტრონული წყვილი. HCl -ში წყალბადის ატომის ელექტრონული წყვილი გადანაცვლებულია ქლორისაკენ, ამიტომ HCl -ში წყალბადის ატომის ახლოს ელექტრონული გარსი პრაქტიკულად არ არის. ჟანგბადის მიახლოებული ატომი წყალბადის ამ ატომს თავისი თავისუფალი ორი ელექტრონული წყვილიდან აძლევს ერთს. ქლორწყალბადის მოლეკულის წყლის მოლეკულებთან ურთიერთქმედების შედეგად



სურ. 4. წყალში ქლორწყალბადის HCl მოლეკულის დისოციაციის სქემა.

ელექტრონული წყვილი, რომლითაც ქლორისა და წყალბადის ატომები იყო შეკავშირებული ერთმანეთთან, პრაქტიკულად გაუაღდის ქლორისაჟენ. ამ ატომებს შორის ბმა იონური ხდება და მოლეკულა HCl დისოცირდება H^+ და Cl^- იონებად.

H^+ იონები განსხვავდება ყველა დანარჩენი იონებისაგან იმით, რომ მათ არა აქვთ ელექტრონული გარსი. ფაქტობრივად ისინი პროტონებია. ამიტომ ისინი უერთდებიან წყლის მოლეკულებს ჟანგბადის ატომის გარე შრის ელექტრონული წყვილის ხარჯზე;



წარმოიქმნება ჰიდროქსონიუმის იონი H_3O^+ , რომელშიც არსებობს სამი კოვალენტური ბმა წყალბადისა ჟანგბადთან. ეს სამი ბმა წარმოიქმნა სხვადასხვანაირად: ორი—ჟანგბადის ატომის ელექტრონების გაწყვილებით წყალბადის ატომთა ელექტრონებთან, ხოლო მესამე — ჟანგბადის თავისუფალ ელექტრონულ წყვილთან პროტონის მიერთების ხარჯზე. უკანასკნელ შემთხვევაში წყლის მოლეკულის ჟანგბადის ატომი პროტონთან კოვალენტური ბმის წარმოსაქმნელად იძლევა არა ერთ, არამედ წყვილ ელექტრონს: მას დონორი ეწოდება, ხოლო პროტონს — აქცეპტორი, კოვალენტური ბმის ასეთი წარმოქმნის მექანიზმს დონორულ-აქცეპტორულ ეწოდება. მაგრამ წარმოქმნის სხვადასხვა მექანიზმის მიუხედავად სამივე ბმა ჰიდროქსონიუმის იონში სავსებით ტოლფასია.

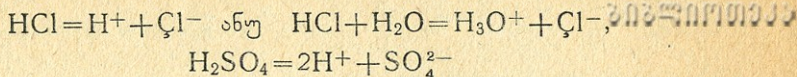
ამგვარად, წყალხსნარში ქლორწყალბადის მოლეკულები დისოცირდება ორ ჰიდრატირებულ იონად — ჰიდროქსონიუმის იონად H_3O^+ და ქლორიდ-იონად Cl^- . ასევე დისოცირდებიან წყალხსნარებში სხვა მჟავათა მოლეკულებიც.

? განიხილეთ წყალში მჟავათა დისოციაციის მექანიზმი ოდწყალბადის მაგალითზე.

§ 4. მჟავების, ტუბებისა და მარილების დისოციაციის განტოლებები

ელექტროლიტურ დისოციაციას გამოსახვენ განტოლებებით ისევე, როგორც სხვა ნებისმიერ ქიმიურ რეაქციებს. ამ განტოლებათა ჩაწერისას არ უჩვენებენ იონებთან მიერთებული წყლის მოლეკულების ფორმულას, ვინაიდან ელექტროლიტების ქიმიურ რეაქციებში ისინი ჩვეულებრივ არ მონაწილეობენ. მჟავების დისოციაციისას წარმოქმნილი წყალბადის დადებითად დამუხტული იონები უფრო ხში-

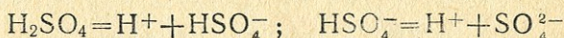
რად აღინიშნება როგორც H^+ და არა H_3O^+ . მჟავების დისოციაციის განტოლებებს წერენ, მაგალითად, ასე:



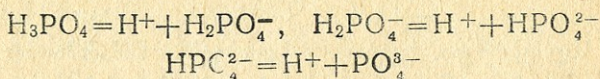
(იონთა მუხტების ნიშანს წერენ არაბული ციფრის შემდეგ, რომელიც უჩვენებს მუხტის მნიშვნელობას).

უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ მრავალფუძიანი გოგირდმჟავას დისოციაცია.

ზემოთ მოყვანილია ამ მჟავას დისოციაციის შეჯამებული განტოლება. არსებითად კი პროცესი საფეხურებრივად წარმოებს. მჟავას მოლეკულებისაგან წყალბადის იონები ერთდროულად კი არ წყდება, არამედ თანამიმდევრობით ერთიმეორის მიყოლებით:

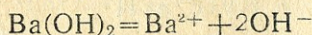
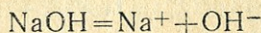


ანალოგიურად მიმდინარეობს სამფუძიანი ფოსფორმჟავას დისოციაცია:

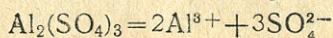


ამგვარად, მჟავები დისოცირდება წყალბადის იონებად (ჰიდროქსონიუმის იონებად) და მჟავას ნაშთის იონებად. მჟავების დისოციაცია პირველ საფეხურზე მიმდინარეობს უფრო ძლიერად, ვიდრე მეორეზე, ხოლო მეორეზე — უფრო ძლიერად, ვიდრე მესამეზე და ა. შ. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ დადებითად დამუხტული H^+ იონის მოწყვეტა მჟავას ნეიტრალური მოლეკულისაგან უფრო ადვილად ხდება, ვიდრე უარყოფითად დამუხტული იონებისაგან. რაც უფრო მაღალია ანიონის მუხტი, მით უფრო ძნელია დადებითად დამუხტული H^+ იონისათვის მისი მიზიდულობის დაძლევა.

ტუტეების და მარილების დისოციაცია ერთ სტადიაში მიმდინარეობს (კრისტალური გისოსიდან იონები ხსნარში გადადის), ტუტეების დისოციაციის დროს წარმოიქმნება ლითონის იონები და ჰიდროქსიდ-იონები:



მარილები დისოცირდება ლითონის იონებად და მჟავას ნაშთის იონებად, მაგალითად, $NaNO_3 = Na^+ + NO_3^-$



ვინაიდან ნებისმიერი ნივთიერების მოლეკულა ან კრისტალი მთლიანად ელექტრონეიტრალურია, დისოციაციის დროს წარმოქმნილ დადებითად დამუხტულ იონთა საერთო ჯამი ყოველთვის ტოლია უარყოფითად დამუხტულ იონთა მუხტების საერთო ჯამსა.

? 1. რას გვიჩვენებს განტოლებები: ა) $\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$, ბ) $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- = \text{NaCl}$? როგორ განვახორციელოთ საშინაო პირობებში როგორც ერთი, ისე მეორე პროცესი?

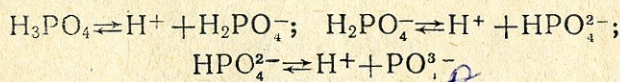
▲ 2. დაწერეთ შემდეგ ნივთიერებათა ხსნარებში ელექტროლიტური დისოციაციის განტოლებები: ა) იოდწყალბადმჟავას HI , ბ) სელენის მჟავას H_2SeO_4 , გ) ლითუმის ჰიდროქსიდის LiOH , დ) კალციუმის ჰიდროქსიდის $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ე) სპილენძ(II)-ის ნიტრატის $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, ვ) რკინა(III)-ის სულფატის $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, ზ) ნატრიუმის სულფატის Na_2SO_4 , თ) ნატრიუმის ჰიდროსულფატის NaHSO_4 (თუ ცნობილია, რომ მისი ხსნარი ლაკმუსს წითლად ღებავს). შეამოწმეთ, ერთნაირია თუ არა დადებითად და უარყოფითად დამუხტულ იონთა მუხტების ჯამი. წაიკითხეთ პირველი ორი განტოლება.

§ 5. ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხი. ძლიერი და სუსტი ელექტროლიტები

როცა გავიგეთ, წყალხსნარში ელექტროლიტები იონებად დისოცირდებიან, ბუნებრივია, გვებადება კითხვები: ხსნარში მთელი ელექტროლიტი იშლება იონებად? შეიძლება თუ არა ამ ხსნარში არსებობდეს დაუშლელი მოლეკულებიც?

უპირველეს ყოვლისა, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ელექტროლიტური დისოციაცია შექცევადი ქიმიური პროცესია, ვინაიდან ერთსა და იმავე ხსნარში ერთდროულად მიმდინარეობს იონებად ელექტროლიტის დაშლა და იონთა შეკავშირება. მაგალითად, ფოსფორმჟავას ხსნარში მისი ზოგიერთი მოლეკულა იშლება წყალბადისა და მჟავური ნაშთის იონებად, მაგრამ ამავე დროს წყალბადისა და მჟავური ნაშთის ზოგიერთი იონი ერთიანდება მოლეკულებად.

ელექტროლიტური დისოციაციის ამ თავისებურების აღსანიშნავად (როდესაც საჭიროა ამის ხაზგასმის) განტოლებებში ტოლობის ნიშანს ცვლიან შექცევადობის ნიშნით. მაგალითად, ფოსფორმჟავას დისოციაციის განტოლებებს წერენ ასე:



ხსნარების გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ელექტროლიტის ქიმიურ ბუნებასა და მისი ხსნარის კონცენტრაციაზე დამოკიდებულების მიხედვით ელექტროლიტების ზოგ ხსნარებში დაუშლელი მოლეკულე-

კი ბევრია და იონები ცოტა, სხვა ხსნარებში — ელექტროლიტის მოლექულები მცირეა ან სულ არ არის, ის მთლიანად დაშლილია იონებად.

(მოცემული ელექტროლიტის მოცემულ ხსნარში იონებად დაშლა როდენობრივად დისოციაციის ხარისხით ფასდება.)

(დისოციაციის ხარისხი α არის დისოცირებულ მოლექულათა რიცხვის ფარდობა ხსნარში შეტანილი მოლექულების საერთო რიცხვთან.)

$$\alpha = \frac{n \text{ (დისოცირებულ მოლექულათა რიცხვი)}}{N \text{ (ხსნარში შეტანილი მოლექულათა საერთო რიცხვი)}}$$

დისოციაციის ხარისხს პროცენტებით ან ერთეულის ნაწილებით გამოსახვენ, მაშინ ეს ხარისხი იცვლება 0-დან (თუ დისოციაცია არაა), 1-მდე (თუ დისოციაცია სრულია). თუ რომელიმე ხსნარში ელექ-

ტროლიტის დისოციაციის ხარისხი ტოლია, მაგალითად $\frac{1}{4}$ -ისა, ეს

ნიშნავს, რომ ელექტროლიტის ყოველი 4 მოლექულიდან მხოლოდ ერთია იონებად დაშლილი, ხოლო 3 დაუხლეჩავია.

(როგორ იცვლება ელექტროლიტის ხსნარის დისოციაციის ხარისხი მისი კონცენტრაციის შეცვლისას?)

ელექტროლიტების ხსნარებში დისოციაციის ხარისხი ყოველთვის იზრდება ელექტროლიტის კონცენტრაციის შემცირებით, ე. ი. ხსნარის განზავების მიხედვით, ვინაიდან ამ დროს იონები სულ უფრო და უფრო შორდება ერთიმეორეს და მოლექულებად შეკავშირების შესაძლებლობა მცირდება.

უწყლო ძმარმეავა ჩვენთვის ცნობილი ხელსაწყოთი შემოწმებისას არ ატარებს ელექტრულ დენს, მასში იონები არ არის. ძმარმეავისათვის წყლის დამატებისას ნათურა იწყებს ნათებას და სულ უფრო მეტად კაშკაშებს: გაჩნდა იონები და ძმარმეავას ხსნარის განზავებისას მათი კონცენტრაცია იმატებს.

(ელექტროლიტებს, რომელთა დისოციაციის ხარისხი კონცენტრირებულ ხსნარებშიც კი მაღალია (უახლოვდება 100%), ძლიერ ელექტროლიტებს უწოდებენ; ელექტროლიტებს, რომელთა დისოციაციის ხარისხი განზავებულ ხსნარებშიც კი მცირეა, სუსტი ელექტროლიტები ეწოდებათ. ამრიგად, ძლიერია ის ელექტროლიტები, რომლებიც პრაქტიკულად მთლიანად იშლებიან იონებად, ხოლო სუსტია ის ელექტროლიტები, რომლებიც არასრულად იშლება იონებად.)

ცხრილი
 დისოციაციის ხარისხი α 18°C ტემპერატურისას ხსნარებში, რომელთა 1 ლ შეიცავს ელექტროლიტის 0,1 მოლს¹.

ელექტროლიტის დასახელება	α , %
აზოტმჟავა	დაახლოებით 100
მარილმჟავა	დაახლოებით 100
გოგირდმჟავა	დაახლოებით 100
ფოსფორმჟავა	20
გიგირდოვანმჟავა	20
ფთორწყალბადმჟავა	8
ძმარმჟავა	1,4
გოგირდწყალბადმჟავა	0,1
კალიუმის ჰიდროქსიდი	დაახლოებით 100
ნატრიუმის ჰიდროქსიდი	დაახლოებით 100
კალციუმის ჰიდროქსიდი	დაახლოებით 100

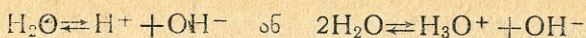
მჟავებისა და ფუძეების დისოციაციის ხარისხის მნიშვნელობათა მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ, რომელი მათგანი მიეკუთვნება ძლიერ და რომელი — სუსტ ელექტროლიტებს. მაგალითად, ძლიერ ელექტროლიტებს მიეკუთვნება მჟავები: აზოტის HNO_3 , გოგირდის H_2SO_4 , მარილის HCl , სუსტებს მიეკუთვნება ნახშირის H_2CO_3 , გოგირდწყალბადის H_2S .

ქანგბადის შემცველი მჟავას ძალის შესახებ შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, თუ მის შედგენილობას ზოგადი ფორმულით $\text{X}(\text{OH})_m \text{O}_n$ გამოვსახავთ, ასეთი ფორმის ჩაწერის მიხედვით აზოტმჟავას ფორმულა ასე გამოიყურება $\text{N}(\text{OH})\text{O}_2$, გოგირდისა — როგორც $\text{S}(\text{OH})_2\text{O}_2$, ფოსფორისა — როგორც $\text{P}(\text{OH})_3\text{O}$, ნახშირისა — როგორც $\text{C}(\text{OH})_2\text{O}$, თუ $n \geq 2$, მაშინ მჟავა ძლიერია, თუ $n = 1$, მაშინ მჟავა საშუალო ძალისაა ან სუსტია (თუ ის უმდგრადია, როგორც ნახშირისა); თუ $n = 0$, მაშინ მჟავა სუსტია.

თქვენთვის ცნობილი ფუძეებიდან ძლიერებს მიეკუთვნება წყალში ხსნადი, მაგალითად, ნატრიუმის NaOH , კალიუმის KOH , კალციუმის $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ბარიუმის $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ჰიდროქსიდები. არაორგანული მჟავების მარილების უმრავლესობა ძლიერ ელექტროლიტებს მიეკუთვნება, იმისაგან დამოუკიდებლად, ძლიერი თუ სუსტი ფუძეებისა და მჟავებისაგან წარმოიქმნება ისინი.

მგრძნობიარე ხელსაწყოების დახმარებით დადგენილია, რომ სუფთა წყალი განსაკუთრებით სუსტად დისოცირდება წყალბადის იონებად და ჰიდროქსიდ-იონებად:

1. მრავალფუძიანი მჟავებისათვის α მოყვანილი მნიშვნელობები უპასუხებს დისოციაციის პირველ საფეხურს.



წყლის დისოციაციისას წარმოიქმნება უმნიშვნელოდ მცირე ერთნაირი რაოდენობით H^+ იონები და OH^- იონები. წყლის დისოციაციის ხარისხი $\alpha \approx 10^{-7}$ (ოთახის ტემპერატურაზე), ე. ი. ყოველი მილიარდი მოლეკულიდან იონებად დისოცირებულია მხოლოდ ერთი მოლეკულა წყალი. წყალი იმდენად სუსტი ელექტროლიტია, რომ იონებად მის დისოციაციას ჩვეულებრივ უგულებელვყოფთ და ვიხსენებთ მას მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში.

ხსნარებს, რომლებშიც H^+ და OH^- იონთა კონცენტრაცია ერთნაირია, როგორც სუფთა წყალში, ნეიტრალური ეწოდება. ხსნარებს, რომლებშიც H^+ იონთა კონცენტრაცია მეტია, ვიდრე OH^- იონებისა, მჟავა ხსნარები ეწოდება, ხოლო ხსნარებს, რომლებშიც OH^- იონთა კონცენტრაცია მაღალია, ვიდრე H^+ იონებისა, ტუტე ხსნარები ეწოდება. მჟავათა ხსნარები გამოავლენენ მჟავე რეაქციას, ხოლო ტუტეების ხსნარები — ტუტე რეაქციას.



1. რას ნიშნავს გამოთქმა „მმარმჟავას დისოციაციის ხარისხი მოცემულ ხსნარში უდრის 0,3?“
2. მოცემულია სუსტი ელექტროლიტის ხსნარი. როგორ გავზარდოთ მისი დისოციაციის ხარისხი? როგორ შევამციროთ?
3. როგორ ელექტროლიტებს ეწოდება ძლიერი და როგორს — სუსტი?
4. რომელი მჟავების (ძლიერისა თუ სუსტის) მოლეკულებშია წყალბადის ატომები უფრო მტკიცედ ბმული მჟავათა ნაშთებთან?
- 5*. რატომ შეიძლება წყალი ჩავთვალოთ მჟავადაც და ფუძედაც?
- 6*. როგორი ოთხი სახის იონებს შეიცავს ნატრიუმის სულფატის წყალხსნარი, რომლის 1 ლ შეიცავს 1 მოლ Na_2SO_4 -ს? მათგან რომელია ყველაზე ნაკლები, რომელია ყველაზე მეტი?
- 7*. ინდიკატორები ჩვეულებრივ სუსტი ორგანული მჟავებია, რომელთა დაუხლეჩელ მოლეკულებს აქვთ ერთი შეფერვა (მაგალითად, მეთილნარინჯი — წითელი), ხოლო უარყოფითად დამუხტულ იონებს — სხვა (მაგალითად, მეთილნარინჯი — ყვითელი) შეფერვა. მჟავას დამატებისას მეთილნარინჯის ხსნარის ნარინჯისფერი რატომ იცვლის შეფერილობას წითლად?
8. ქვემოთ ჩამოთვლილი მჟავებიდან რომელი მიეკუთვნება ძლიერს, ხოლო რომელი სუსტ ელექტროლიტებს: HClO_4 , HClO , H_3BO_3 , HMnO_4 , H_6TeO_6 ?

§6. ელექტროლიტების ხსნართა თვისებები იონთა თვისებები

ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიასაც, როგორც მრავალ ახალ გაბედულ იდეას, ზოგიერთი თანამედროვე უნდობლად შეხვდა. მათ არ სჯეროდათ, რომ სუფრის მარილის გახსნისას, მაგალითად, სუბში, ნატრიუმი და ქლორი განცალკევდებოდა. ხომ ცნობილია, როგორია

¹ ვარსკვლავით აღნიშნულ კითხვაზე პასუხები წიგნის ბოლოშია.

მარტივი ნივთიერებები ნატრიუმი და ქლორი. ნატრიუმი წყალში „იხსნება“ წყალბადის გამოყოფით, ხოლო სუფრის მარილის ვახსნისას წყალბადი არ გამოიყოფა. ქლორი მომწამლადა, ხოლო ზომიერად მარილიან საჭმელს ჩვენი ორგანიზმისათვის სარგებლობის მეტი არაფერი მოაქვს. მაგრამ მარტივი ნივთიერება ნატრიუმი შედგება ნატრიუმის Na ატომებისაგან, ხოლო მარტივი ნივთიერება ქლორი — ქლორის მოლეკულებისაგან Cl_2 . სუფრის მარილის ხსნარი კი შეიცავს არა ნატრიუმის ატომებს, არამედ ნატრიუმის იონებს Na^+ , არა ქლორის მოლეკულებს, არამედ ქლორიდ-იონებს Cl^- . თავისუფალი ნატრიუმის ქიმიური აქტივობა განისაზღვრება მის ატომებში სავალენტო ელექტრონის არსებობით, რომელსაც ნატრიუმის ატომი წყალთან რეაგირებისას გასცემს წყალბადის გამოყოფით და გარდაქმნება Na^+ იონად. სუფრის მარილი კი ნატრიუმს შეიცავს იონების სახით Na^+ , რომლებიც კრისტალური გისოსიდან ხსნარში გადადის.

ქლორის Cl_2 ქიმიური აქტივობა, კერძოდ, მისი შესამინობა დაკავშირებულია იმასთან, რომ ქლორის მოლეკულები შედარებით ადვილად იშლება ატომებად, ხოლო ქლორის ატომს ერთი ელექტრონი აკლია ვარე ელექტრონული შრის დასრულებისათვის. სუფრის მარილის კრისტალებსა და მის ხსნარში არსებულ ქლორიდ-იონებში ეს დანაკლისი უკვე შეესებულება. ამიტომ ქლორიდ-იონების თვისებები სულ სხვაა, ვიდრე ქლორის თვისებები: ქლორიდ-იონები Cl^- , ქლორის მოლეკულებისაგან განსხვავებით, უფეროა, არავითარი სუნი არა აქვს და მომწამლადაც არ არის, ამიტომ სუფრის მარილის ხსნარიც, რომელიც Cl^- იონებთან ერთად Na^+ იონსაც შეიცავს, უფეროა, სუნი არა აქვს და მომწამლადაც არ არის.

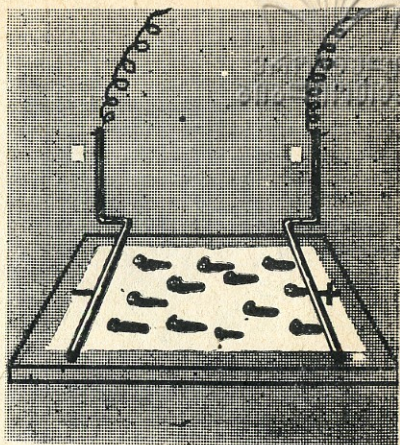
ყველა მჟავას ხსნარს აქვს ზოგიერთი საერთო თვისება. სწორედ ასევე ზოგიერთი საერთო თვისება აქვს ყველა ტუტის ხსნარს, ერთი და იმავე ლითონის ყველა მარილის ხსნარსა და ერთი და იმავე მჟავას მარილებს. როგორ ხსნის ამ ფაქტებს ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია?

უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ყოველი სახის ჰიდრატირებულ იონებს აქვს დამახასიათებელი თვისებები, რომლებიც ვლინდება ელექტროლიტების ხსნართა თვისებებში იმისაგან დამოუკიდებლად, კიდევ რომელ იონებს ან მოლეკულებს შეიცავს ისინი. მჟავები დისოცირდება წყალბადის იონებად და მჟავას ნაშთის იონებად. ამგვარად, ყველა მჟავას ხსნარები შეიცავს ერთი და იმავე სახის იონებს — წყალბადის H^+ იონებს. იონთა მჟავე გემოს H^+ (უფრო ზუსტად, H_3O^+) შევიგრძნობთ, როდესაც ვჭამთ ძმრით (ძმარმჟავას ხსნარი)

შეზავებულ საცეცხს. მეათათა სა-
ერთო თვისებები მეათათა მოლე-
კულების თვისებები კი არ არის,
არამედ მათ ხსნარებში არსებუ-
ლი წყალბადის იონებისა.

ტუტეები დისოცირდებიან ლი-
თონის იონებად და ჰიდროქსიდ-
იონებად. ამრიგად, ყველა ტუ-
ტის ხსნარები შეიცავს ერთსა და
იმავე სახის იონებს — ჰიდრო-
ქსიდ-იონებს, OH^- . ზუსტად
ისევე, როგორც მეათურ თვისე-
ბებს განაპირობებს წყალბადის
იონები, ტუტეების თვისებებს გა-
ნაპირობებს ჰიდროქსიდ-იონები.

შეხებისას ტუტეების ხსნართა
საპნოვანა, ლაკმუსზე მოქმედება, მცენარეული და ცხოველუ-
რი ქსოვილების ამოჭმა ტუტეთა მოლეკულების თვისებები კი არ
არის, არამედ მათ ხსნარებში ჰიდროქსიდ-იონებისა.



სურ. 5. კალიუმის ქრომატის K_2CrO_4
წყალში გახსნისას წარმოქმნილი იონე-
ბის მოძრაობა ელექტრულ ველში.

ჰიდრატირებული იონები Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} უფე-
როა, ამიტომ NaCl , KCl , NaNO_3 , KNO_3 , Na_2SO_4 მარილის ხსნარე-
ბიც უფეროა. შეფერილი იონებიც არსებობს. სპილენძის ნებისმიერი
ხსნადი მარილი (მეათური ნაშთის უფერო იონებით) საკმაოდ დიდი
რაოდენობით წყალში გახსნისას წარმოქმნის ცისფერ ხსნარებს. ამ
შეფერილობის მქონეა სპილენძის ჰიდრატირებული იონები Cu^{2+} .
უარყოფითად დამუხტული შეფერილი იონის ნიმუშია ქრომმეათის
 H_2CrO_4 მეათური ნაშთის იონი, იგი ყვითელი ფერისაა. სწორედ
 CrO_4^{2-} იონები ანიჭებს ყვითელ ფერს ქრომმეათის მარილთა ხსნა-
რებს, მაგალითად, K_2CrO_4 -ს.

იონებზე ელექტრული მუხტების არსებობა რომ დავამტკიცოთ,
შეიძლება ვისარგებლოთ შეფერილი იონების შემცველი მარილებით.
თუ ფერადი მარილის მაგალითად, K_2CrO_4 -ის მარცვლებს მოვაპნევთ
რომელიმე უფერო ელექტროლიტის ხსნარით დასველებულ ფილ-
ტრის ქაღალდზე, მარცვლები გაიხსნება და თითოეული მათგანის გარ-
შემო ქაღალდზე გაჩნდება შეფერილი მრგვალი ლაქა. მაგრამ, თუ მა-
რილის მარცვლების მოპნევამდე ქაღალდზე მოხრილი მავთულების სა-
ხით დავუშვებთ ორ ელექტროდს, რომელთაგან ერთი მიერთებუ-
ლია აკუმულატორის დადებით, ხოლო მეორე უარყოფით პოლუსთან
(სურ. 5), მაშინ სულ სხვა სურათს მივიღებთ. მრგვალი ლაქის ნაც-

ვლად თითოეული მარცვლიდან დადებითად დამუხტული ელექტრო-
დისაკენ წაგრძელებდა შეფერილი ენა, ვინაიდან ამ ხსნარს შეფერი-
ლობას ანიჭებს უარყოფითად დამუხტული იონები CrO_4^{2-} .

იონთა გადანაცვლება უარყოფითად დამუხტული ელექტროდისა-
კენ — კათოდისაკენ და დადებითად დამუხტული ელექტროდისაკენ —
ანოდისაკენ ხდება ელექტროდების მიერ შესაბამისი იონების
მიზიდულობის შედეგად.

დადებითად დამუხტულ იონებს ეწოდება კა-
ტიონები, ხოლო უარყოფითად დამუხტულ
იონებს — ანიონები.

წყალხსნარებში ძლიერი ელექტროლიტები პრაქტიკულად მთლი-
ანად იშლება იონებად. ამიტომ ძლიერი ელექტროლიტების წყალხსნარ-
თა ყველა თვისება მათში არსებულ იონთა თვისებებია. სუსტი ელე-
ქტროლიტების ხსნარებში იონებთან ერთად არადისოცირებული მო-
ლეკულებიც არსებობს. სწორედ მათ მიერაა გაპირობებული ასეთ
ხსნარების ინდივიდუალური თვისებები, ე. ი. მხოლოდ მოცემული
ელექტროლიტის თვისებები. მაგალითად, ძმარმეავას ხსნარების სუნთ
გაპირობებულია ხსნარებში მისი არადისოცირებული მოლეკულების
არსებობით.

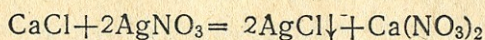
- ?
1. შეადარეთ მარტივი ნივთიერება იოდის და იოდიდ-იონების თვისებებო-
განსხვავება ახსენით.
 2. როგორ აღმოვაჩინოთ ხსნარებში წყალბადის იონების, ჰიდროქსიდ-იონე-
ბის, გოგირდმეავას მჟავურ ნაშთის იონების არსებობა?
 3. რა თვისებებს ანიჭებს ელექტროლიტების ხსნარებს წყალბადის იონები,
ჰიდროქსიდ-იონები?
 4. რომელ იონებს უნდა მივაწეროთ: ა) მარილმეავას და მისი ხსნადი მარი-
ლების საერთო თვისება ვერცხლის ნიტრატთან ნალექის წარმოქმნისა, ბ) გო-
გირდმეავასა და მისი ხსნადი მარილების საერთო თვისება ბარიუმის ხსნად
მარილებთან ნალექის წარმოქმნისა?
 5. ჭრილობების სადგინდექციოდ იყენებენ მანგანუმმეავას HMnO_4 კა-
ლიუმის მარილს. რა განაპირობებს ამ ხსნარის ყოლოსფერს?
 6. როგორ დავამტკიცოთ, რომ იონებს აქვთ დადებითი (უარყოფითი) მუხტი,
თუ ისინი შეფერილია?
 7. ქვემოთ ჩამოთვლილი იონებისაგან რომელია კატიონები და რომელი —
ანიონები: Cl^- , K^+ , Ca^{2+} , OH^- , SO_4^{2-} ? არის თუ არა მათ შორის
შეფერილი იონები?

7. იონური მიმოცვლის რეაქციები

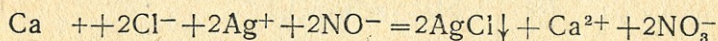
ძლიერი ელექტროლიტების ყოველი ქიმიური თვისება, რომელიც
ხსნარებში ვლინდება, — არის ელექტროლიტის დაშლის შედეგად მი-
ღებული იონების: ან კატიონების ან ანიონების თვისებები. წყალ-

ხსნარებში ელექტროლიტებს შორის რეაქციებს ადრე მოლეკულური განტოლებებით გამოვსახავდით იმის გაუთვალისწინებლად, რომ ამ რეაქციებში მონაწილეობს ელექტროლიტის არა მოლეკულები, არამედ იონები, რომლებადაც იგი დისოცირებულია.

თუ როგორ მიმდინარეობს ასეთი რეაქციები სინამდვილეში? ჯერ განვიხილოთ ისინი ისეთი რეაქციების მაგალითზე, რომლის შედეგადაც ნალექები გამოიყოფა. კალციუმის ქლორიდისა და ვერცხლის ნიტრატის ხსნარების შერევისას ვამჩნევთ ვერცხლის ქლორიდის AgCl -ის ნალექის წარმოქმნას, კალციუმის ნიტრატი კი რჩება ხსნარში:

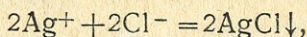


ორივე მსგავსი მარილი ძლიერი ელექტროლიტებია და ხსნარში მთლიანად დისოცირებულია: $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+}$ და Cl^- იონებად, $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}^+$ და NO_3^- იონებად. ახლად მიღებული მარილებიდან ერთი — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ რჩება ხსნარში დისოცირებული Ca^{2+} და NO_3^- იონებად. ამიტომ რეაქციის განტოლება შეიძლება შემდეგნაირად გადავწეროთ:

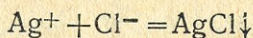


ასეთ ჩანაწერს სრული იონური განტოლება ეწოდება.

რა მოხდა ხსნარების შერევისას? Ag^+ და Cl^- იონები შეერთდნენ და წარმოქმნეს ვერცხლის ქლორიდი, რომელიც დაილექა. Ca^{2+} და NO_3^- იონები რეაქციაში არ მონაწილეობდნენ, ისინი ისეთივე დარჩნენ, როგორებიც იყვნენ ხსნარების შერევამდე. ამიტომ შეგვიძლია გამოვრიცხოთ ისინი სრული იონური განტოლების მარცხენა და მარჯვენა ნაწილებიდან.



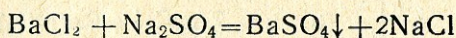
ან კოეფიციენტების შეკვეცისას:



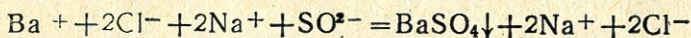
ეს ჩანაწერი შეკვეცილი იონური განტოლება ეწოდება. ეს ხსნის არა მარტო მოცემული, არამედ სხვა მრავალი მისი მსგავსი პროცესის არსსაც. კალციუმის ქლორიდისა და ვერცხლის ნიტრატის ხსნარებს შორის რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლების თანახმად ასეთივე ნალექი AgCl უნდა მივიღოთ ქლორის იონების Cl^- შემცველი ნებისმიერი ხსნარის ვერცხლის იონების Ag^+ შემცველ ნებისმიერ

ხსნართან შერევისას. ამგვარად, მარილმჟავას და მისი ყველა ხსნადი მარილის საერთო თვისება — ვერცხლის მარილებთან წყალსა და მჟავებში უხსნადი ნალექის წარმოქმნისა ქლორიდ-იონების თვისებაა. სიტყვებით ამას ასე გადმოვცემთ: „ვერცხლის კატიონები რეაქტივად ითვლება ქლორიდ-იონებზე“. თავის მხრივ, ქლორიდ-იონები რეაქტივად ითვლება ვერცხლის იონებზე. თუ რომელიმე კატიონი გამოიყენება სხვა რომელიმე ანიონის გამოსაცნობად, მაშინ ეს ანიონი, თავის მხრივ, შეიძლება იმავე კატიონის გამოსაცნობად გამოვიყენოთ.

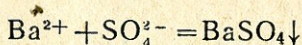
ბარიუმის ქლორიდისა და ნატრიუმის სულფატის ხსნარების შერევისას ვამჩნევთ ბარიუმის სულფატის ნალექის გამოყოფას:



ამ რეაქციის სრული იონური განტოლება ჩაიწერება ასე:



თუ განტოლებიდან გამოვრიცხავთ Na^+ და Cl^- იონებს, რომლებიც რეაქციაში არ მონაწილეობდნენ, მივიღებთ შეკვეცილ იონურ განტოლებას:



ამგვარად, რეაქცია ნატრიუმის სულფატისა და ბარიუმის ქლორიდის ხსნარებს შორის მდგომარეობს ბარიუმის იონების სულფატიონებთან შეერთებაში, რის შედეგადაც წყალში უხსნადი ბარიუმის სულფატი მიიღება. შეკვეცილი იონური განტოლება გვიჩვენებს, რომ ბარიუმის სულფატის ნალექი უნდა მივიღოთ SO_4^{--} იონების შემცველი ნებისმიერი ხსნარის Ba^{++} იონების შემცველ ნებისმიერ ხსნართან შერევისას, ე. ი. გოგირდმჟავას ან მისი მარილების ხსნარების ბარიუმის მარილების ხსნარებთან შერევისას.

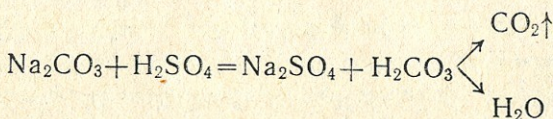
ამგვარად, გოგირდმჟავასა და მისი ხსნადი მარილების საერთო თვისებაა ბარიუმის მარილებთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნას წყალსა და მჟავაში უხსნადი ნალექი, ეს SO_4^{--} იონების თვისებაა. ამას სიტყვებით ჩვენ ასე გადმოვცემთ: „ბარიუმის იონები რეაქტივად ითვლება SO_4^{--} იონებზე და პირიქით.“

ელექტროლიტებს შორის მიმოცვლის რეაქციების შედეგად შეიძლება მივიღოთ არა მხოლოდ ნალექები, არამედ ხსნადი მცირედ დისოცირებული ნივთიერებები. ძმარმჟავას ნებისმიერი მარილის ხსნარს დავასხათ გოგირდმჟავას ხსნარი. მაშინვე გაჩნდება ძმარმჟავას დამახასიათებელი სუნი, რაც მოწმობს ხსნარში მისი არადისოცირებულ

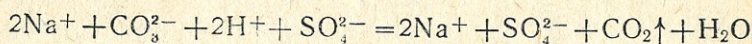
მოლეკულების გაჩენას. ისინი წარმოიქმნა მარილის ხსნარში არსებული მჟავას ნაშთის იონებისა და დამატებული მჟავას ხსნარში არსებული H^+ იონების გაერთიანების შედეგად.

საერთო ნიშნის მიხედვით ძლიერი მჟავების მოქმედებისას სუნის გაჩენით გამოიწვობა ძმარმჟავას ყველა მარილი.

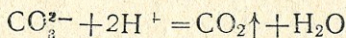
ნახშირმჟავას მარილის ხსნარზე (მაგალითად, ნატრიუმის კარბონატზე), ძლიერი მჟავას, (მაგალითად, გოგირდმჟავას) დასხმისას მიმოცვლის რეაქციის შედეგად უნდა მიგვეღო ისევ მარილი—ნატრიუმის სულფატი და ნახშირმჟავა H_2CO_3 . მაგრამ ნახშირმჟავა უმდგარი ნივთიერებაა და მაშინვე წყლად და ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდად ანუ ნახშირორჟანგად იშლება. ხსნარი თითქოს წამოდუღდება, მისგან გამოყოფილი ნახშირორჟანგის ბუშტულებით ამოივსება. რეაქციის განტოლებას მოლეკულური ფორმით ასეთი სახე აქვს:



ნატრიუმის კარბონატი, გოგირდმჟავა და ნატრიუმის სულფატი ძლიერი ელექტროლიტებია, ისინი ხსნარში მთლიანად დისოცირებულია იონებად. ამის გათვალისწინებით ვადგენთ რეაქციის სრულ იონურ განტოლებას:



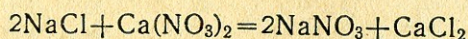
განტოლებიდან იმ იონთა აღნიშვნების გამორიცხვით, რომლებიც რეაქციაში არ მონაწილეობდნენ, მივიღებთ შეკვეცილ იონურ განტოლებას:



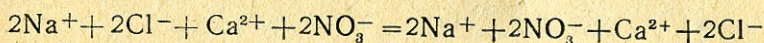
საერთო ნიშნის მიხედვით — ძლიერი მჟავების მოქმედებისას მძაფრი „წამოდუღებით“ — გამოიწვობენ ნახშირმჟავას ყველა მარილს. წყალბადის იონები რეაქტივად ითვლება CO_3^{2-} იონებზე.

ელექტროლიტების ხსნარებში მიმოცვლის რეაქციები მხოლოდ იმ შემთხვევებში ხდება, როდესაც მათ შედეგად წარმოიქმნება მცირედ დისოცირებული ნივთიერება ან ნივთიერება, რომელიც ხსნარიდან გადის ნალექის ან აირის სახით. თუ ხსნარში არსებული იონებისაგან არ წარმოიქმნება არც ნალექი, არც მცირედ დისოცირებული, არც აირივანი ნივთიერება, მაშინ ელექტროლიტების ხსნარების შერევისას რეაქცია არ ხდება.

თუ ნატრიუმის ქლორიდისა და კალციუმის ნიტრატის განზავებულ ხსნარებს შევუკრეთ, არავითარი რეაქცია არ მოხდება, ვინაიდან არ წარმოიქმნება არც ნალექი, არც აირი, არც მცირედ დისოცირებული ნივთიერება. მართლაც, თუ მოცემულ შემთხვევაში მოხლოდნენ რეაქციის მოლეკულურ განტოლებას



გამოვსახავთ იონურ ფორმულაში, მივიღებთ:



ხსნარის ქიმიურ შედგენილობაში არავითარი ცვლილებები არ მომხდარა.

ამგვარად, ელექტროლიტების ხსნარებში მიმოცვლის ყველა რეაქცია იონების ბმების მიმართულებით მიმდინარეობს. ვინაიდან სუსტი ელექტროლიტების ხსნარში მათი მოლეკულები ჭარბობს და არა იონები, შემდგომ იონურ განტოლებებში წარმოვადგენთ იონებად დისოცირებულ მხოლოდ ძლიერ ელექტროლიტებს.

იონთა მიმოცვლის რეაქციების განტოლებების განხილვისას შეიძლება დავრწმუნდეთ იმაში, რომ ეს რეაქციები მიმდინარეობს ქიმიური ელემენტების ჟანგვის ხარისხის შეუცვლელად. ამით ისინი არსებითად განსხვავდება ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციებისაგან, რომლებიც მიმდინარეობს ქიმიური ელემენტების ჟანგვის ხარისხის შეცვლით.

არ უნდა ვიფიქროთ თითქოს მხოლოდ მიმოცვლის რეაქციები მიმდინარეობს ქიმიური ელემენტების ჟანგვის ხარისხის შეუცვლელად. ჟანგვის ხარისხის შეუცვლელად მიდის აგრეთვე შეერთებისა და დაშლის მრავალი რეაქცია.



1. დაწერეთ ხსნარებს შორის რეაქციების სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები: ა) კალციუმის ქლორიდი და ვერცხლის ნიტრატი, ბ) კალიუმის ჰიდროქსიდი და სპილენძ(III)-ის ნიტრატი, გ) ნატრიუმის სულფატი და ბარიუმის ნიტრატი, დ) ალუმინის სულფატი და ბარიუმის ქლორიდი. რით აიხსნება, რომ ორ უკანასკნელ შემთხვევაში მიიღება ერთი და იგივე შეკვეცილი იონური განტოლება?

2. დაწერეთ რეაქციების სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები: ა) აზოტმჟავასა და კალიუმის ჰიდროქსიდს, ბ) ბარიუმის ჰიდროქსიდსა და გოგირდმჟავას ხსნარებს შორის. როგორ შეიცვლება ნათურის ნათება, თუ უკანასკნელი რეაქციის ჩატარებისას ელექტროგამტარობის შესამოწმებელ ხელსაწყოში ხსნარებს ერთიმეორეს ულუფობით დავუმატებთ (სურ. 1)?

3. ახსენით, რატომ მიმდინარეობს რეაქციები: ა) კრისტალურ სუფრის მარილსა და გოგირდმჟავას კონცენტრირებულ ხსნარს შორის, ბ) კალიუმის

ჰიდროქსიდსა და აზოტმეცვას ხსნარებს შორის, გ) ბარიუმის ქლორიდისა და ნატრიუმის სულფატის ხსნარებს შორის.

4. დაწერეთ რეაქციების განტოლებები: ა) მაგნიუმისა ჟანგბადთან, ბ) კალიუმის ჰიდროქსიდსა და გოგირდმეცვას ხსნარებს შორის, გ) რკინისა სპილენძ(II)-ის სულფატის ხსნართან, დ) ლითიუმის ოქსიდისა წყალთან, ე) გოგირდოვანმეცვას დაშლისა. ამ რეაქციებიდან რომელ ქიმიურ ელემენტებს შეეცვლება ჟანგვის ხარისხი?

5*. 1 ლ. წყალში გახსნეს 2 მოლი ნატრიუმის ნიტრატი და 1 მოლი კალიუმის სულფატი. რომელი სხვა ორი მარილი შეიძლება ავიდეთ ასეთივე ხსნარის მოსამზადებლად?

§ 8. ზოგადი დასკვნები თემის „ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის“ მიხედვით

თემის „ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია“ შესწავლისას გამოირკვა შემდეგი:

1. ნივთიერებებს, რომელთა ხსნარები ან ნალღობები ელექტრულ დენს ატარებენ, ეწოდება ელექტროლიტები. ელექტროლიტებია ტუტეები, მარილები, მრავალი მჟავა. ტუტეები და მარილები წყალხსნარებსა და ნალღობებში დისოცირდება იმ იონებად, რომლებისგანაც შედგება მათი კრისტალური გისოსი. წყალში გახსნისას მჟავები დისოცირდება ჰიდროქსონიუმის H_3O^+ იონისა და მჟავას ნაშთის იონების წარმოქმნით.

2. ელექტროლიტების დაშლას დადებითად დამუხტულ იონებად — კათიონებად და უარყოფითად დამუხტულ იონებად — ანიონებად ელექტროლიტური დისოციაცია ეწოდება.

3. ელექტროლიტური დისოციაცია შეიძლება განვიხილოთ როგორც შექცევადი პროცესი. მოცემულ ხსნარში დისოცირებული მოლეკულების რიცხვის ფარდობას ელექტროლიტის ხსნარში შეტანილი მოლეკულების საერთო რიცხვთან ელექტროლიტის დისოციაციის ხარისხი ეწოდება.

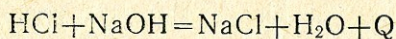
4. ზოგი ელექტროლიტი შედარებით კონცენტრირებულ ხსნარებშიც კი პრაქტიკულად დისოცირებულია მთლიანად და მათ ძლიერი ელექტროლიტები ეწოდება; ხოლო ელექტროლიტებს, რომელთა დისოციაციის ხარისხი განზავებულ ხსნარებშიც კი მცირეა, სუსტი ელექტროლიტები ეწოდება.

§ 9. მჟავების, ფუჟემებისა და მარილების ქიმიური თვისებები ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის შუაშე

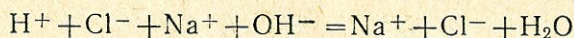
მჟავები. ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის შუაშე მჟავა ელექტროლიტია, რომლის წყალხსნარი კათიონთაგან შეიცავს მხოლოდ წყალბადის კათიონებს.

1. ყველა მჟავა — ხსნადი და უხსნადი, ძლიერი და სუსტი ტუტეებთან რეაგირებს მარილისა და წყლის წარმოქმნით.

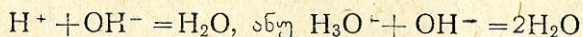
განვიხილოთ ეს რეაქცია რომელიმე ძლიერი მჟავას ნეიტრალიზაციის მაგალითზე. მარილმჟავას განზავებულ ხსნარს დავუმატოთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის განზავებული ხსნარი მანამდე, სანამ ხსნარში ჩაძირვისას ლაკმუსის ქაღალდი იისფერ შეფერილობას არ მიიღებს. ამასთან არავითარი ნალექი არ წარმოიქმნება, არავითარი აირი არ გამოიყოფა. მაგრამ რეაქცია მოხდა, რასაც ინდიკატორის შეფერილობის ცვლილება მოწმობს. ხსნარში თერმომეტრის ჩაშვებისას დავრწმუნდებით, რომ ხსნარი გაცხელდა, მაშასადამე, გამოიყო სითბო. მოხდა ნეიტრალიზაციის რეაქცია, რომელსაც ჩვენ ადრე მოლეკულური განტოლებით გამოვსახავდით:



ორივე საწყისი ნივთიერება (NaOH და HCl) და რეაქციის ერთ-ერთ პროდუქტი (NaCl) ძლიერი ელექტროლიტებია. ისინი მთლიანად დისოცირებულია იონებად. რაც შეეხება რეაქციის მეორე პროდუქტს წყალს — ის, როგორც თქვენთვის ცნობილია, იონებად თითქმის არ იშლება. ამის გათვალისწინებით ვადგენთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდით მარილმჟავას ნეიტრალიზაციის შემდგომ სრულ იონურ განტოლებას.

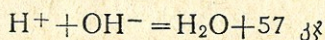


განტოლებიდან იმ იონების აღნიშვნების გამორიცხვით, რომლებიც რეაქციაში არ მონაწილეობდა, მივიღებთ შეკვეცილ იონურ განტოლებას:



ასეთსავე განტოლებას მივიღებდით, თუ მარილმჟავას შევცვლიდით ნებისმიერი სხვა ძლიერი მჟავათი, ხოლო ნატრიუმის ჰიდროქსიდს — ნებისმიერი სხვა ძლიერი ტუტით. ამგვარად, ნებისმიერი ძლიერი მჟავას ხსნარის ნებისმიერი ტუტის ხსნარით ნეიტრალიზაციის რეაქციის არსი მდგომარეობს H^+ და OH^- იონების შეერთებაში წყლის არადისოცირებულ მოლეკულებად.

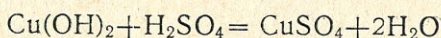
ეს იმით მტკიცდება, რომ ნებისმიერი ტუტის ხსნარების ნებისმიერი ძლიერი მჟავას ხსნარით განეიტრალებისას ყოველ 1 მოლ წარმოქმნილ წყალზე გამოიყოფა ერთი და იგივე რაოდენობის სითბო:



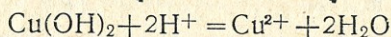
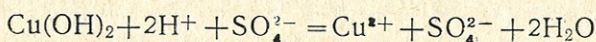
ნეიტრალიზაციის რეაქციის დროს მარილი ხშირად არ გამოიყოფა, ვინაიდან რეაქციაში არმყოფი ლითონისა და მჟავური ნაშთის იონების ურთიერთშეერთებას ხელს უშლის წყალი. მარილი რომ გამოიყოს, საჭიროა წყალი აორთქლდეს.

ასეთივე რეაქცია, როგორც ტუტეებისა და ძლიერი მჟავების ურთიერთქმედების დროს, ხდება ძლიერი მჟავების ურთიერთმოქმედებისას პრაქტიკულად წყალში უხსნად ფუძეებთან მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ტუტეების შემთხვევაში ჰიდროქსიდ-იონების მოწყვეტა ადრევე ხდება (წყალში ტუტის გახსნისას), ხოლო უხსნადი ჰიდროქსიდების შემთხვევაში ჰიდროქსიდ-იონები მათ მოწყდება რეაქციის პროცესში.

მაგალითად, წყალში პრაქტიკულად უხსნად სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდზე გოგირდმჟავას ხსნარის დასხმისას ნალექი ქრება, ხოლო ხსნარი შეფერადდება ცისფრად, რაც სპილენძის ჰიდრატირებული იონების დამახასიათებელია. ამ რეაქციას მოლეკულური განტოლებით ასე გამოვსახავდით:



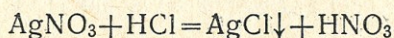
საწყის ნივთიერებათაგან ძლიერი ელექტროლიტია მხოლოდ გოგირდმჟავა, ხოლო რეაქციის პროდუქტებიდან — მხოლოდ სპილენძის სულფატი, ამიტომ რეაქციის იონური განტოლებები ასეთია:



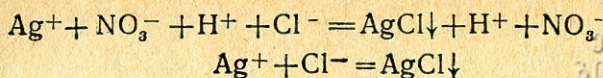
ამ მაგალითზე ვხედავთ, რომ იონური მიმოცვლის რეაქციის შედეგად ნალექები შეიძლება არა მარტო წარმოიქმნას, არამედ გაიხსნას კიდევც. ეს ხდება იმ შემთხვევებში, როდესაც რეაქციის პროდუქტი თუშცა ხსნარში რჩება, მაგრამ იონებად ნაკლებ დისოცირდება. ჩვენს შემთხვევაში რეაქციის ასეთი პროდუქტია წყალი.

2. ხსნადი მჟავები მიმოცვლის რეაქციაში შედის მარილებთან, ოღონდაც მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როდესაც წარმოქმნილი მარილი უხსნად ნივთიერებებს მიეკუთვნება ან წარმოქმნილი მჟავა უხსნად, სუსტ ან უმდგრად მჟავებს მიეკუთვნება.

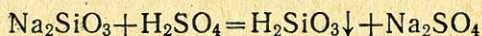
მაგალითად, თუ ვერცხლის ნიტრატის ხსნარს მარილმჟავას დავასხამთ, გამოიყოფა ვერცხლის ქლორიდის თეთრი ხაჭოსებრი ნალექი:



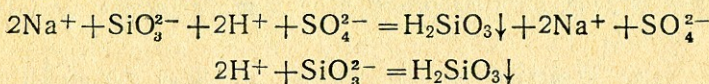
იონური განტოლებები:



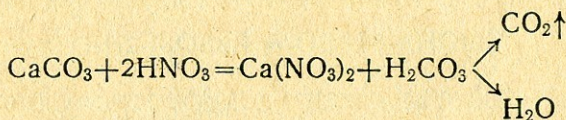
ნატრიუმის სილიკატის (უხსნადი სილიციუმმჟავას მარილი) ხსნარზე გოგირდმჟავას ხსნარის დასხმისას შევნიშნავთ ლაბისებრი ნალექის წარმოქმნას:



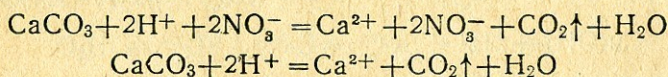
იონური განტოლებები:



ცარცი ძირითადად კალციუმის კარბონატი CaCO_3 (უმდგრადი ნახშირმჟავას მარილი). თუ მასზე ნებისმიერ ძლიერ მჟავას ხსნარს დავაწვეთებთ, გამოიყოფა ნახშირორჟანგი:

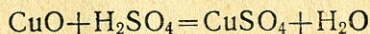


იონური განტოლებები:

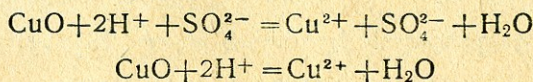


3. წყალში ხსნად მჟავათა უმრავლესობა ფუძე ოქსიდებთან რეაგირებს მარილისა და წყლის წარმოქმნით. ამის მაგალითად გამოდგება რეაქცია წყალში უხსნად სპილენძ(II)-ის ოქსიდისა და გოგირდმჟავას ხსნარს შორის. გახურებისას ნალექი ქრება, ხოლო ხსნარი ცისფრად შეიფერება, რაც სპილენძის ჰიდრატირებული იონების დამახასიათებელია:

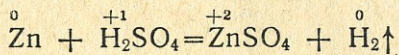
რეაქციის მოლეკულური განტოლება:



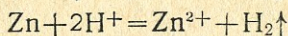
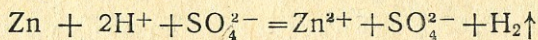
იონური განტოლებები:



4. წყალში ხსნადი მრავალი მჟავა რეაგირებენ იმ ლითონებთან, რომლებიც ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში (იხ. გვ. 126) მარილის წარმოქმნისა და წყალბადის გამოყოფით წყალბადამდელ მთავსებულს. მაგალითად, თუთია „იხსნება“ გოგირდმჟავას განზავებულ ხსნარში, გარდაიქმნება თუთიის სულფატად და მჟავადან აძვეებს წყალბადს:



იონური განტოლებები:



ეს მიეკუთვნება ჟანგვა-აღდგენით რეაქციას.



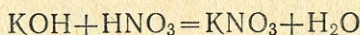
1. ჩამოთვალეთ მჟავების ქიმიური თვისებები, მოიყვანეთ რეაქციების მაგალითები, რომლებიც ადასტურებს თითოეულ თვისებას, დაწერეთ ამ რეაქციების მოლეკულური და იონური განტოლებები.

2. დაწერეთ მოლეკულური და იონური განტოლებები გოგირდმჟავას ხსნარისა: ა) ალუმინთან, ბ) თუთიის ოქსიდთან, გ) კალციუმის ჰიდროქსიდთან, დ) ბარიუმის ქლორიდის ხსნართან. ცნობები მარილთა ხსნადობის შესახებ აიღეთ წიგნის უკანა ფორზაცზე მოყვანილი ცხრილიდან.

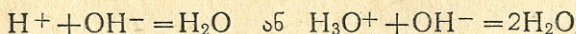
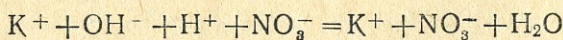
ფუძეები. ზოგი ფუძე წყალში ხსნადია, ზოგი პრაქტიკულად უხსნადი. ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის შუქზე წყალში ხსნადი ფუძე (ტუტე) ელექტროლიტია, რომლის წყალხსნარი ანიონ-თაგან მხოლოდ ჰიდროქსიდ-იონებს შეიცავს.

1. ყველა ფუძე — ხსნადიც და პრაქტიკულად უხსნადიც — ძლიერ მჟავებთან რეაგირებს მარილისა და წყლის წარმოქმნით.

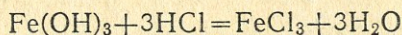
მაგალითად, კალიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი აზოტმჟავას ხსნარით განეიტრალებს:



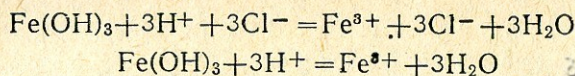
იონური განტოლებები:



უხსნადი ფუძე — რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი მარილმჟავასთან რეაგირებს. წარმოიქმნება რკინა(III)-ის ქლორიდის ყვითელი ხსნარი:

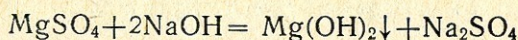


იონური განტოლებები:

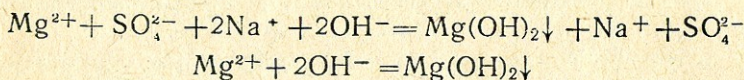


ასეთი რეაქცია იმიტომ ხდება, რომ წყალი იონებად ძნელად დისოცირდება, ვიდრე რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი.

2. ტუტეები მარილთა ხსნარებთან რეაგირებს ახალი მარილისა და ახალი ფუძის წარმოქმნით მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც მოსალოდნელი ახალი ფუძე ან ახალი მარილი წყალში უხსნადებია (იხ. წიგნის უკანა ფორზაცზე ცხრილი ხსნადობის მონაცემების შესახებ, მაგალითად:



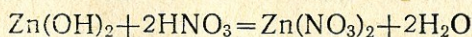
იონური განტოლებები:



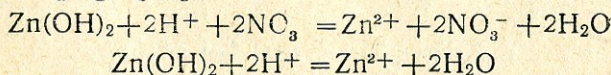
- ▲ 1. ჩამოთვალეთ ფუძეების ქიმიური თვისებები, მოიტანეთ მაგალითები, დაწერეთ რეაქციების იონური განტოლებები.
2. დაწერეთ რეაქციების იონური განტოლებები: ა) ალუმინის ჰიდროქსიდსა და გოგირდმჟავას ხსნარს შორის, ბ) კალიუმის ჰიდროქსიდისა და რკინა(III)-ის ქლორიდის ხსნარებს შორის, გ) რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდსა და აზოტმჟავას ხსნარს შორის, დ) კალციუმის ჰიდროქსიდისა და სპილენძ(II)-ის სულფატის ხსნარებს შორის.

ამფოტერული ჰიდროქსიდები. ამფოტერული ჰიდროქსიდები წყალში უხსნადია. მათი მჟავური და ფუძე თვისებები ვლინდება ქიმიურ რეაქციებში ტუტესა და ძლიერ მჟავებთან. ამფოტერული ჰიდროქსიდები იხსნება როგორც ერთის, ისე მეორის ხსნარებში; მჟავებთან ურთიერთქმედებისას მოწყდება ჰიდროქსიდ-იონები, ხოლო ტუტეებთან ურთიერთქმედებისას — წყალბადის იონები.

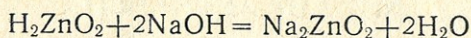
ამფოტერული ჰიდროქსიდები მჟავებთან ურთიერთქმედებენ როგორც წყალში უხსნადი ფუძეები, მაგალითად:



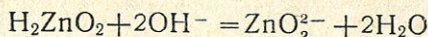
იონური განტოლებები:



ამ ფოტერული ჰიდროქსიდები ტუტეებთან ურთიერთქმედებენ როგორც წყალში უხსნადი მჟავები, მაგალითად:



იონური განტოლებები:



ამფოტერულ ჰიდროქსიდებს მიეკუთვნება აგრეთვე ალუმინის ჰიდროქსიდი $\text{Al}(\text{OH})_3$ და ქრომ(III)-ის ჰიდროქსიდი $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

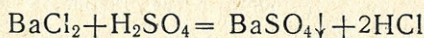
? ექსპერიმენტულად როგორ დავამტკიცოთ, რომ მოცემული ჰიდროქსიდი ამფოტერულია?

მარილები. ელექტროლიტური დისოციაციის შეუქმე მარილი ელექტროლიტია, რომლის წყალხსნარი შეიცავს ლითონის კატიონებსა და მჟავური ნაშთის ანიონებს.

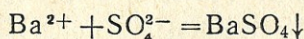
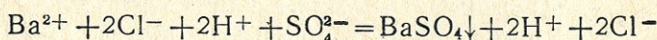
მარილებს შეუძლია მიმოცვლის რეაქციებში შესვლა მჟავებთან, ტუტეებთან და მარილებთან.

1. მარილები წყალხსნარებში რეაგირებს მჟავებთან მარილისა და მჟავას წარმოქმნით, თუ რეაქციის ორი პროდუქტიდან ერთ-ერთი თუნდაც უხსნადია წყალსა და ახლად მიღებულ მჟავაში, ილექება ან აირის სახით გამოიყოფა.

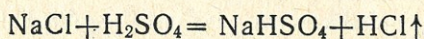
მაგალითად, ბარიუმის ქლორიდისა და გოგირმჟავას რეაქცია იწვევს ბარიუმის სულფატის თეთრი ნალექის გამოყოფას:



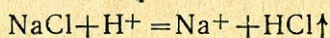
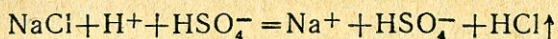
იონური განტოლებები:



ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალებზე კონცენტრირებული გოგირმჟავას დასხმისას ხდება ქლორწყალბადის გამოყოფა. ოდნავ ჯაცხელებისას წარმოიქმნება ნატრიუმის ჰიდროსულფატი:

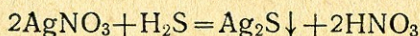


იონური განტოლებები:

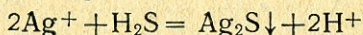
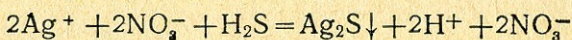


მსგავს რეაქციებს იყენებენ აქროლადი მჟავების მისაღებად მათი მარილებიდან.

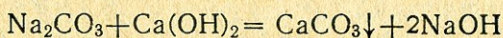
ზოგჯერ, როდესაც ძლიერ მცირედ ხსნადი მარილი წარმოიქმნება, სუსტ მჟავას შეუძლია გამოაძევეს ძლიერი მჟავა მისი მარილიდან. ასეთი რეაქციები მიმდინარეობს გოგირდწყალბადმჟავასა და ნაკლებ აქტიური ლითონების მარილებს შორის, ვინაიდან ამ დროს წარმოიქმნება სულფიდები, რომელთა ხსნადობა ძლიერ მცირეა, მაგალითად:



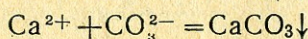
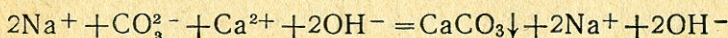
იონური განტოლებები:



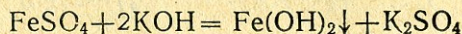
2. წყალხსნარში მარილები რეაგირებს ტუტეებთან მარილისა და ფუძის წარმოქმნით, თუ რეაქციის ერთ-ერთი პროდუქტი მაინც უხსნადია. მოვიყვანოთ უხსნადი მარილის წარმოქმნის რეაქციის მაგალითი:



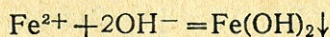
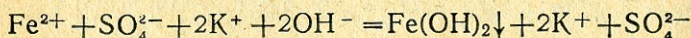
იონური განტოლებები:



მომდევნო რეაქციაში წარმოიქმნება უხსნადი ფუძე:



იონური განტოლებები:

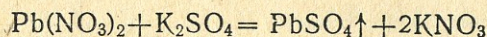


3. წყალხსნარებში მარილები ერთმანეთს შორის რეაგირებენ ორი მარილის წარმოქმნით, თუ წარმოქმნილი მარილებიდან ერთი მაინც წყალში უხსნადია.

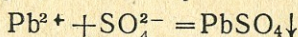
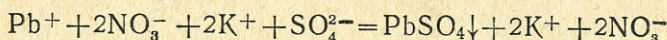
მარილების, მჟავებისა და ფუძეების წყალში ხსნადობის ცხრილის გამოყენებით ადვილად შეიძლება განვსაზღვროთ, როგორი მარილე-

ბის ხსნარები უნდა შევურიოთ, რომ მივიღოთ აუცილებელი მარილის ნალექი.

დავუშვათ, უნდა მივიღოთ ტყვია (II)-ის სულფატი. ტყვიის ხსნარი მარილებიდან შეიძლება ავიღოთ ტყვია (II)-ის ნიტრატი, ხოლო გოგირდმჟავას მარილებიდან — ნატრიუმის ან კალიუმის სულფატი:



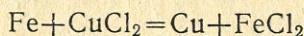
იონური განტოლებები:



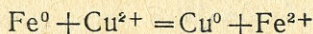
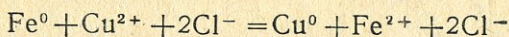
მიმოცვლის ყველა განხილული რეაქცია მიმდინარეობს ქიმიურ ელემენტების ჟანგვის ხარისხის შეუცვლელად. თუმცა მარილებს შეუძლია ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში შესვლა.

4. მარილების შედგენილობაში შემავალ ლითონს წყალხსნარებში შეიძლება ჩაენაცვლოს სხვა უფრო აქტიური ლითონები.

მაგალითად, სპილენძის ქლორიდის ხსნარში თუ მოვათავსებთ გასუფთავებულ რკინის ლურსმანს, ლურსმნის ზედაპირზე გაჩნდება სპილენძის მოწითალო შრე:



იონური განტოლებები:



?

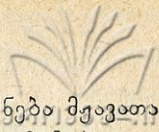
1. ჩამოთვალეთ მარილთა ქიმიური თვისებები. მოიყვანეთ თითოეული თვისების დამამტკიცებელი მაგალითები, რეაქციების მოლეკულური და იონური განტოლებების ჩანაწერებით.

2. დაწერეთ ხსნარებს შორის რეაქციების მოლეკულური და იონური განტოლებები: ა) მაგნიუმის სულფატისა და ბარიუმის ქლორიდის, ბ) სპილენძ(II)-ის ქლორიდისა და კალიუმის ჰიდროქსიდისა, გ) ნატრიუმის ფოსფატისა და ალუმინის ნიტრატის, დ) კალიუმის კარბონატისა და კალციუმის ქლორიდისა, ე) თუთიის ნიტრატისა და ნატრიუმის კარბონატისა.

3. სპილენძ(II)-ის ოქსიდისაგან როგორ მიიღება: ა) სპილენძ(II)-ის ნიტრატი, ბ) სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდი. დაწერეთ რეაქციების მოლეკულური და იონური განტოლებები.

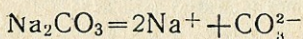
4. დაწერეთ თქვენთვის ცნობილი ყველა ხერხით: ა) თუთიის ქლორიდის, ბ) თუთიის სულფატის მიღების რეაქციების მოლეკულური და იონური განტოლებები.

5. მოიყვანეთ ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების მაგალითები, რომლებიც სხვა კლასიფიკაციის მიხედვით ითვლება: ა) შეერთების, ბ) დაშლის, გ) ჩანაცვლების რეაქციებად.

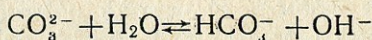


როგორც თქვენთვის ცნობილია, მარილები წარმოიქმნება მჟავათა და ფუძეთა ნეიტრალიზაციისას. შეიძლება დაუშვათ, რომ მარილთა ხსნარები, მჟავებისა და ტუტეების ხსნარებისაგან განსხვავებით, ნეიტრალური იქნება, ე. ი. მათში H^+ და OH^- იონთა კონცენტრაცია ერთნაირია. შევამოწმოთ, სწორია თუ არა ეს ვარაუდი. ერთ სინჯარაში ჩავასხათ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარი, მეორეში — ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი და მესამეში — ალუმინის ქლორიდის ხსნარი. მითითებული ხსნარებიდან თითოეულს დავასხათ ლაკმუსის ხსნარი. აღმოჩნდება, რომ ამ სამი ხსნარიდან მხოლოდ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარია ნეიტრალური. ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი ტუტეა, ხოლო ალუმინის ქლორიდი — მჟავე. რატომ არის, რომ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარში OH^- იონები მეტია, ვიდრე H^+ იონები, ხოლო ალუმინის ქლორიდის ხსნარში — პირიქით?

განვიხილოთ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარში მიმდინარე პროცესები. ნატრიუმის კარბონატი ძლიერი ელექტროლიტია, ხსნარში იგი მთლიანად დისოცირდება ნატრიუმის Na^+ იონებად და ნახშირმჟავას მჟავას ნაშთის, CO_3^{2-} იონებად:



წყლის მოლეკულები მიიზიდება Na^+ იონებისაკენ და CO_3^{2-} იონებისაკენ. წყლის მოლეკულების Na^+ იონებისაკენ მიზიდვისას ქიმიური ურთიერთქმედება არ ხდება, ვინაიდან ნატრიუმის ჰიდროქსიდი, რომელიც შეიძლება წარმოიქმნას ასეთი ურთიერთქმედებისას, ძლიერი ფუძეა და წყალხსნარში მთლიანად დისოცირებულია Na^+ და OH^- იონებად. სხვა შედეგი აქვს წყლის მოლეკულების მიზიდულობას CO_3^{2-} იონებისაკენ. ამ იონების და წყლის მოლეკულების ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება მცირედ დისოცირებადი HCO_3^- იონები და გროვდება თავისუფალი OH^- იონები:

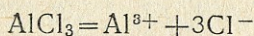


ამ პროცესის შედეგად OH^- იონთა შემცველობა ხსნარში იმატებს, რითაც აიხსნება ნატრიუმის კარბონატის ხსნარის ტუტე რეაქცია.

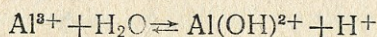
ამრიგად, ნატრიუმის კარბონატი ხსნარში ურთიერთქმედებს წყლის მოლეკულებთან. ამ პროცესს ჰიდროლიზი ეწოდება. მარილის ჰიდროლიზი წყალთან მარილის მიმოცვლის ქიმიური რეაქციაა, რომ-

ლის შედეგად მარილის შედგენილობაში შემავალი სუსტი ფუძის ან სუსტი მჟავას იონები უერთდება წყლის მოლეკულების შემადგენელ ნაწილებს — OH^- ან H^+ იონებს. ტერმინი „ჰიდროლიზი“ წარმოადგენს მოდგება ბერძნული სიტყვებიდან „ჰიდრო“ — წყალი და „ლიზის“ — დაშლა.

ალუმინის ქლორიდის ხსნარში მჟავე რეაქციის გამოჩენა დაკავშირებულია პროცესთან, რომელშიც Al^{3+} იონები მონაწილეობს. AlCl_3 ძლიერი ელექტროლიტია, რომელიც ხსნარში მთლიანად დისოცირდება იონებად:



ალუმინის კატიონები, Al^{3+} , რომლებიც სუსტ ფუძეს $\text{Al}(\text{OH})_3$ შეესაბამება, ურთიერთქმედებს წყლის მოლეკულებთან $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ და H^+ იონების წარმოქმნით:



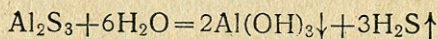
ხსნარში დაგროვილი H^+ იონები განაპირობებს AlCl_3 ხსნარის მჟავე რეაქციას. ხოლო Cl^- იონები, რომლებიც ძლიერ მარილიანებას შეესაბამება, წყლის მოლეკულებთან მიმოცვლის ურთიერთქმედებაში არ შედის და რჩება ხსნარში ჰიდრატირებული მდგომარეობით.

ნათქვამიდან გამომდინარეობს, რომ ტუტე რეაქცია აქვს ნებისმიერი მარილის ხსნარს, რომელიც წარმოქმნილია ძლიერი ფუძისა და სუსტი მჟავასაგან (მაგალითად, ნატრიუმის სულფატის Na_2S , კალიუმის კარბონატის K_2CO_3 ხსნარები და სხვ.), ხოლო მჟავე რეაქცია აქვს ნებისმიერი მარილის ხსნარს, რომელიც წარმოქმნილია სუსტი ფუძისა და ძლიერი მჟავასაგან (მაგალითად, სპილენძ (II)-ის სულფატის CuSO_4 , რკინა(III)-ის ქლორიდის FeCl_3 ხსნარები და სხვ.).

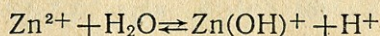
ხსნარში ნატრიუმის ქლორიდი ჰიდროლიზს არ ექვემდებარება, ვინაიდან მის წყალხსნარში არსებული Na^+ და Cl^- იონები წყალთან არ ურთიერთქმედებენ, რაც გამოიწვევდა ახალი იონების წარმოქმნას. Na^+ იონს შეესაბამება ძლიერი ფუძე — ნატრიუმის ჰიდროქსიდი, Cl^- იონს კი — ძლიერი მარილმჟავა. ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარი ამიტომ აღმოჩნდა ნეიტრალური. ნეიტრალური იქნება ხსნარები ყველა დანარჩენი მარილისა, რომლებიც წარმოქმნილია ძლიერი მჟავეებისა და ძლიერი ფუძეებისაგან, მაგალითად, კალიუმის ნიტრატი KNO_3 , ნატრიუმის სულფატი Na_2SO_4 და სხვ.

ბევრ შემთხვევაში მარილის ჰიდროლიზი შექცეულად მიმდინარეობს, ამასთან წყალთან ურთიერთქმედებაში შედის შესაბამისი იონების მხოლოდ მცირე ნაწილი (ჩვეულებრივ არა უმეტეს 10—20%-ისა). თუ წყალთან ურთიერთქმედებს მრავალმუხტიანი კатиონები (ისეთები, როგორიცაა Al^{3+} და სხვა) ან მრავალმუხტიანი ანიონები მრავალფუძიანი მჟავებისა (მაგალითად, კარბონატ-იონები CO_3^{2-}) მარილის ჰიდროლიზი მიმდინარეობს მხოლოდ ერთი მოლეკულა წყლის მონაწილეობით. წარმოქმნილი $Al(OH)^{2+}$ ან HCO_3^- ტიპის იონები წყალთან შემდგომ ურთიერთქმედებაში პრაქტიკულად აღარ შედის.

როგორ მიმდინარეობს სუსტი ფუძითა და სუსტ მჟავათი წარმოქმნილი მარილის ჰიდროლიზი? ამ შემთხვევაში წყალთან ურთიერთქმედებს ლითონის კატიონიც და მჟავას ნაშთის ანიონიც. თუ ამ დროს წარმოიქმნა წყალში უხსნადი ფუძე ან წყალში მცირედ ხსნადი მჟავა, მაშინ ჰიდროლიზი მიდის „ბოლომდე“, მარილის სრულ დაშლამდე. მაგალითად, სუსტი ფუძითაა $Al(OH)_3$ და სუსტი გოგირდწყალბდმჟავათი H_2S წარმოქმნილი ალუმინის სულფიდის Al_2S_3 წყალში შეტანისას ხდება მარილის დაშლა. წარმოიქმნება წყალში უხსნადი ალუმინის ჰიდროქსიდი და გოგირდწყალბადი გამოიყოფა:



მარილის შედგენილობის მიხედვით როგორ გავაყეთოთ დასკვნა მისი ჰიდროლიზის შესაძლებლობისა და წარმოქმნილი ხსნარის რეაქციის შესახებ? უწინარეს ყოვლისა, წიგნის უკანა ფორზაცზე მოყვანილი ცხრილის დახმარებით უნდა განისაზღვროს, იხსნება თუ არა მარილი წყალში. თუნდაც სუსტი ფუძეებისა ან სუსტი მჟავებისაგან წარმოქმნილი წყალში უხსნადი მარილები (მაგალითად, $CaCO_3$, PbI_2 და სხვ.) პრაქტიკულად ჰიდროლიზს არ განიცდის, თუ მარილი წყალში ხსნადია, მაშინ შემდგომ უნდა გამოირკვეს, შედის თუ არა მისი შედგენილობაში სუსტი ფუძის მოპასუხე კატიონი ან სუსტი მჟავას მოპასუხე ანიონი. მაგალითად, აღებულია წყალში ხსნადი თუთიის მარილი $ZnSO_4$. ეს მარილი წარმოქმნილია სუსტი ფუძისა $Zn(OH)_2$ და ძლიერი მჟავასაგან H_2SO_4 . მაშასადამე, ხსნარში იონები ურთიერთქმედებას განიცდის წყალთან:



ხოლო SO_4^{2-} იონები — არა. თუთიის სულფატის ჰიდროლიზის შედეგად განთავისუფლებული H იონების ხარჯზე ხსნარს მჟავე რეაქცია ექნება.

ყოფა-ცხოვრებაში ასეთ მარილებად, რომლებიც ჰიდროლის ნიციდის ტუტე არეს შექმნით, იყენებენ სოდას Na_2CO_3 და საპნებს — სუსტი ორგანული მჟავების ნატრიუმის ან კალიუმის მარილებს.

? 1. შეადგინეთ იონური განტოლებები, რომლებიც უპასუხებს: ა) სპილენძ (II)-ის სულფატის CuSO_4 , ბ) კალიუმის ფოსფატის K_3PO_4 , გ) ნატრიუმის სულფიდის Na_2S , დ) ალუმინის სულფატის $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ჰიდროლის. როგორია თითოეულ შემთხვევაში ხსნარის რეაქცია?

▲ 2. რატომ იყენებენ სასმელ სოდას კუჭის წვენის მჟავიანობის დაქვეითებისათვის?

■ გამოიკვლიეთ, განიცდის თუ არა ჰიდროლის სასმელი სოდა, სარეცხ ფხვნილი, საპონი. ფენოლფთალეინი შეიძლება იზოგოთ საოჯახო აფთიაქში.

§ 11. აზოტის ძვეჯგუფის ქიმიური ელემენტების ზოგადი დახასიათება

IX კლასში თქვენ გაეცანით არალითონებს — დ. ი. მენდელეევის ქა-
მიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის VII ჯგუფის მთავარი ქვე-
ჯგუფის ელემენტებს (ჰალოგენებს) და VI ჯგუფის ელემენტებს (ჟან-
გბადს, გოგირდს, სელენს, ტელურს). განვავრცობთ ქიმიური ელემენ-
ტების შესწავლას და განვიხილავთ V ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის
ელემენტებს (აზოტის ქვეჯგუფის ელემენტებს). ამ ქვეჯგუფის შედ-
გენილობაში შედის: აზოტი N, ფოსფორი P, დარიშხანი As, სტიბიუმი
Sb, ბისმუტი Bi.

აზოტის ქვეჯგუფის ელემენტების ატომთა გარე ელექტრონულ შრე-
ზე არის 5 ელექტრონი: ორი შეწყვილებული s-ელექტრონი და სამი
შეუწყვილებელი p-ელექტრონი. ამ ატომების გარე ელექტრონული
შრე იძენს მეტ სიმტკიცეს, თუ მას შეუერთდება სამი ელექტრონი.
ამ შემთხვევაში ატომები ავლენენ ჟანგის უარყოფით ხარისხს, რო-
მელიც უტოლდება —3-ს. თუ ამ ქვეჯგუფის ელემენტთა ატომები გას-
ცემენ გარე ელექტრონული შრის ყველა ელექტრონს, მაშინ ისინი ავ-
ლენენ ჟანგის დადებით ხარისხს, რომელიც ტოლია +5-სა. შესაძ-
ლებელია ელექტრონების ნაკლები რიცხვის გაცემაც, მაგალითად,
სამისა; მაშინ ატომთა ჟანგის ხარისხი იქნება +3.

ქვეჯგუფის ელემენტები მცირე რიგობრივი ნომრებით — აზოტი,
ფოსფორი, დარიშხანი — არალითონებს მიეკუთვნება. რიგობრივი
ნომრის გადიდებისას არალითონური თვისებები სუსტდება, ხოლო
ლითონური ძლიერდება; ამიტომ ქვეჯგუფის ისეთი ელემენტები, რო-
გორიცაა სტიბიუმი და ბისმუტი, ლითონებს მიეკუთვნება.

V ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტების უმაღლესი წყალ-
ბადნაერთების შედგენილობა H_3R ფორმულას შეესაბამება. გამოწე-
ლისის წესით მათ ფორმულაში ჯერ წერენ იმ ელემენტის სიმბოლოს,

რომელიც ავლენს ქანგვის უარყოფით ხარისხს, მაგალითად, NH_3 — ამიაკი, PH_3 — ფოსფინი (ან ფოსფორწყალბადი).

ამ წყალბადნაერთების მოლეკულები წარმოიქმნება სამი შეუწყვილებელი p-ელექტრონების ღრუბელთა გადაფარვის ხარჯზე წყალბადის შესაბამისი სამი ატომის s-ელექტრონებთან. p-ელექტრონების ღრუბელთა ღერძები ურთიერთპერპენდიკულარულია. ამიტომ წყალბადის ატომები უერთდება, მაგალითად, აზოტის ატომს ისე, რომ ბმები ერთიმეორის მიმართ ქმნიან კუთხეებს 90° -ზე ცოტათი მეტს (დაახლოებით 107° -ს). მოცემული ქვეჯგუფის ელემენტების თითოეული ატომი ქმნის სამ-სამ ბმას მარტივ ნივთიერებებშიც.

ისევე, როგორც VI და VII ჯგუფების მთავარ ქვეჯგუფებში, V ჯგუფის მთავარ ქვეჯგუფშიც წყალბადნაერთების სიმტკიცე მცირდება ელემენტის რიგობრივი ნომრის გადიდებისას. ამიტომ ქიმიური ბმის უდიდესი სიმტკიცე შეიმჩნევა ამიაკში NH_3 , ხოლო უმცირესი — სტიბიუმისა SbH_3 და ბისმუტის BiH_3 აირთან წყალბადნაერთებში. აზოტის ქვეჯგუფის უმაღლესი ოქსიდების ზოგადი ფორმულაა $\text{R}_2\text{O}_5^{+5-2}$, მაგალითად, აზოტის უმაღლეს ოქსიდს აქვს ფორმულა N_2O_5 , ფოსფორის ოქსიდს — P_2O_5 , სტიბიუმის ოქსიდს — Sb_2O_5 . ამ ოქსიდებს შეესაბამება ჰიდროქსიდები, რომლებიც ავლენენ მჟავას თვისებებს: აზოტმჟავა HNO_3 , ფოსფორმჟავა H_3PO_4 და სხვ. V ჯგუფის ელემენტთაგან უდიდესი მნიშვნელობა აქვს აზოტსა და ფოსფორს.

?

1. დაწერეთ აზოტის ქვეჯგუფის ელემენტთა ატომების გარე შრის ელექტრონული კონფიგურაცია.

▲

2. შეადარეთ VII ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფისა და V ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის არალითონთა რიცხვი. როგორ ავსნათ არალითონთა რიცხვის განსხვავება ამ ქვეჯგუფებში?

3. ქანგვის როგორ ხარისხს ავლენს აზოტი და მისი ანალოგები?

4. აზოტის ქვეჯგუფის ელემენტების ატომთა რომელი ელექტრონები მონაწილეობს წყალბადნაერთების წარმოქმნაში?

5. რომელი წყალბადნაერთის სიმტკიცეა უფრო მაღალი PH_3 , თუ AsH_3 -ისა? რატომ?

6. როგორ ოქსიდებს — მჟავურს თუ ფუძე ოქსიდებს — მიეკუთვნება ოქსიდები N_2O_5 და P_2O_5 ?

§ 12. აზოტის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები

მთელი სიცოცხლის განმავლობაში ურთიერთობა გვაქვს თავისუფალ აზოტთან. ჰაერში მისი მოცულობითი წილი შეადგენს 4/5. ჩვეულებრივ პირობებში აზოტი უფერო აირია. არა აქვს გემო და სუნი. მომწამლავი არ არის.

აზოტში ცხოველები იხოცებიან, ვინაიდან ვერ ღებულობენ სუნთქვისათვის აუცილებელ ჟანგბადს. აქედან წარმოდგა სახელწოდება „აზოტი“ („ა“ — უარყოფა. „ზოე“ — სიცოცხლე).

ბიოლოგიის კურსიდან თქვენთვის ცნობილია, რომ აზოტი არის სიცოცხლისათვის მნიშვნელოვანი ქიმიური ელემენტი. ის შედის ცილოვანი ნივთიერების შედგენილობაში (აზოტის მასური წილი ცილებში 0,18% აღწევს) და აგრეთვე სხვა მრავალი ორგანული ნაერთების შედგენილობაში, მათ შორის ქლოროფილშიც. აზოტის უკმარისობის დროს ფერხდება მცენარეთა ზრდა, ფოთლები ყვითლდება და წყდება ფოტოსინთეზის პროცესი.

თხევადი აზოტის დუღილის ტემპერატურა (-196°C) უფრო დაბალია, ვიდრე თხევადი ჟანგბადისა. ამიტომ თხევადი ჰაერის აღორძლებისას მას უპირატესად ჯერ აზოტი შორდება. ტექნიკაში ამას იყენებენ ჰაერისაგან აზოტისა და ჟანგბადის გამოსაყოფად.

აზოტის მოლეკულების ურთიერთმიზიდულობა იმდენად სუსტია, რომ ის თხევადდება და კრისტალდება მხოლოდ ფრიად დაბალი ტემპერატურების დროს. მყარი აზოტის კრისტალური გისოსი მოლეკულური ტიპისაა.

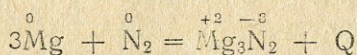
აზოტი წყალში ნაკლებ ხსნადია, ჟანგბადზე უფრო ნაკლებად ხსნადი.

აზოტის მოლეკულა N_2 შედგება ორი ატომისაგან, რომლებიც ბმულია სამი წყვილი საერთო ელექტრონით, რაც გამოისახება ელექტრონული ფორმულით: $:\text{N}::\text{N}:$ ან თუ თითოეულ ელექტრონულ წყვილს ხაზით გამოვსახავთ, მივიღებთ გრაფიკულ ფორმულას $:\text{N} \equiv \text{N}:$. მოლეკულაში ატომთა ბმა მნიშვნელოვნად მტკიცეა, ვიდრე ჟანგბადის O_2 მოლეკულაში და მით უმეტეს ფთორისა F_2 მარტივ ნივთიერებებში, რომლებიც წარმოქმნილია პერიოდულობის ტაბულაში აზოტის მეორე პერიოდის ელემენტების მიერ. ამიტომ მარტივი ნივთიერება აზოტი N_2 ქიმიურად ნაკლებ აქტიურია. მისი რეაქციის უნარი მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე ჟანგბადისა და მით უმეტეს ფთორისა. მაგალითად, თუ აზოტიან ჭურჭელში შევიტანთ ანთებული წყალბადის

ჭავოს, მბჟუტავ ნახშირს, ანთებულ ფოსფორს ან გოგირდს, ისინი მაშინვე ჩაქრება. მოცემულ პირობებში აზოტი არ შედის რეაქციაში წყალბადთან, ნახშირთან, გოგირდთან და ფოსფორთან.

აზოტი დიდი ელექტროუარყოფითობის მნიშვნელობის მქონე ელემენტი. აზოტზე უფრო მეტად ელექტროუარყოფითია მხოლოდ ორი ელემენტი — ფთორი და ჟანგბადი.

აზოტი ჭმრავლეს ელემენტებთან ნაერთებში (კერძოდ, ლითონებთან) ავლენს ჟანგვის უარყოფით ხარისხს — 3. ასეთ ნაერთებს ნიტრიდები ეწოდება. მაგალითად, ჰაერზე მაგნიუმის წვის დროს მაგნიუმის ოქსიდთან ერთად მაგნიუმის ნიტრიდი Mg_3N_2 წარმოიქმნება. ნიტრიდების წარმოქმნის რეაქციები მიმდინარეობს მაღალი ტემპერატურის დროს.



ოთახის ტემპერატურაზე მხოლოდ ერთი ლითონი — ლითიუმი რეაგირებს აზოტთან და წარმოქმნის ლითიუმის ნიტრიდს Li_3N . აზოტს შეუძლია წყალბადთან რეაგირება და წარმოქმნის ამიაკს NH_3 , რომელშიც აზოტს აქვს აგრეთვე ჟანგვის ხარისხი — 3.

ჟანგბადსა და ფთორთან ნაერთებში აზოტი ავლენს ჟანგვის დადებით ხარისხს. მაგალითად, ჟანგბადთან აზოტის ურთიერთქმედებისას შეიძლება მივიღოთ აზოტ(II)-ის ოქსიდი NO , რომელშიც აზოტი ავლენს ჟანგვის ხარისხს +2. ქვემოთ იქნება განხილული პირობებია, რომელთა დროს ხდება წყალბადსა და ჟანგბადთან აზოტის შეერთების რეაქციები.



1. ჩამოთვალეთ აზოტის თქვენთვის ცნობილი ფიზიკური თვისებები.
2. გავითვალისწინოთ, რომ ჰაერის საშუალო ფარდობითი მოლეკულური მასა არის 29, და ამის მიხედვით გამოიანგარიშეთ აზოტის შეფარდებითი სიმკვრივე.
3. ციფწყლიანი ჭიქის შეთბობის დროს მის კედლებზე ჩნდება აირის ბუშტულები. საიდან გაჩნდა ისინი? რით განირჩევა ამ ბუშტულებში აირის შედგენილობა ატმოსფერული ჰაერის შედგენილობისაგან?
4. ჩამოთვალეთ აზოტის თქვენთვის ცნობილი ქიმიური თვისებები.
5. ქიმიური თვისებების მიხედვით აზოტი შეადარეთ ჟანგბადსა და ფთორს. რა კანონზომიერება შეიმჩნევა ამ თვისებათა ცვლილებაში ფთორიდან აზოტისაკენ?
6. რა აქვთ საერთო ქიმიური თვისებების მიხედვით აზოტსა და ნახშირორჟანგს? რით განვასხვავოთ ეს ორი აირი ერთმანეთისაგან?
7. გოგირდწყალბადისა და წყლის ორთქლის მინარევის შემცველი ჰაერი თანამიმდევრობით გაატარეს ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარში, კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასა და გავარვარებულ სპილენძის ბურბუშულაში, რომელი აირი შთანთქა თითოეულმა ზემოთ ჩამოთვლილმა ნივთიერებამ და როგორ

რია აირების ნარევის საბოლოო შედგენილება? პასუხი განმარტეთ რეაქციათა განტოლებებით.

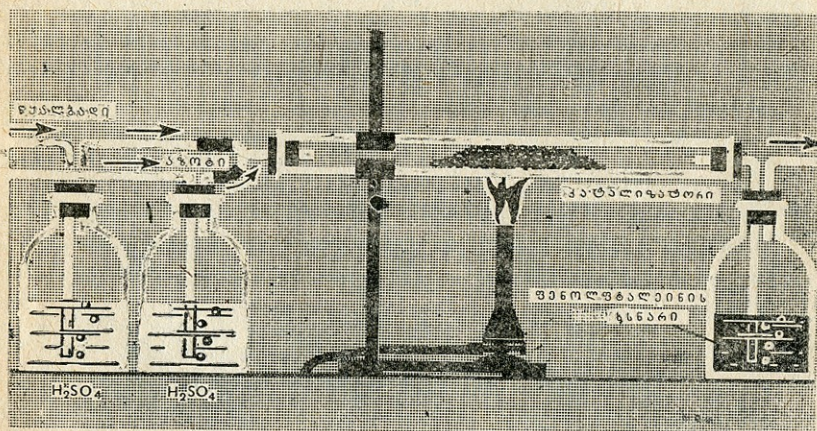
8. ქიმიურ ლაბორატორიაში როგორ შეიძლება გამოვყოთ პერიოდული აზოტი? აღწერეთ ეს ცდა. აზოტის როგორი თვისებები დამტკიცდება ამ ცდით? იქნება თუ არა ამ წესით მიღებული აზოტი ქიმიურად სუფთა?

§ 13. აზოტის ურთიერთქმედება წყალბადთან

აზოტსა და წყალბადს შორის რეაქციას ფრიად საინტერესო ისტორია აქვს. მთელი XIX ს. განმავლობაში მრავალი მეცნიერი ცდილობდა ამ რეაქციის განხორციელებას ყველა მეთოდის გამოყენებით, რომლებსაც მაშინ ქიმიკოსები ფლობდნენ; ახურებდნენ საწყის ნივთიერებებს, მათ ნარევი ატარებდნენ ელექტრულ განმუხტვას, მათთვის არჩევდნენ კატალიზატორებს. მაგრამ ეს ცდები წარუმატებლად მთავრდებოდა.

მხოლოდ XX ს. დასაწყისში, მას შემდეგ, რაც შეიქმნა ქიმიური წონასწორობის, ქიმიური რეაქციების სიჩქარეთა და კატალიზის შესახებ მოძღვრების საფუძვლები, მოხერხდა იმ პირობების მიგნება, რომელთა დროს რეაქცია აზოტსა და წყალბადს შორის შეიძლება განხორციელდეს როგორც ლაბორატორიულ, ისე საქარხნო პირობებში ამიაკის შესამჩნევი გამოსავალით. შევუდგეთ აზოტსა და წყალბადს შორის რეაქციის შესწავლას. წინასწარ გავეცნოთ მის ჩატარებას ლაბორატორიულ დანადგარში (სურ. 6).

მინის მილსა და ფენოლფთალეინის ხსნარიან შუშაში გავატაროთ აიროვანი ნარევი, რომელშიც აზოტისა და წყალბადის შოკულობითი ფარდობა უდრის დაახლოებით 1:3. თუ აიროვან ნარევი ამიაკი წარ-



სურ. 6. ლაბორატორიული დანადგარი ამიაკის სინთეზისათვის.

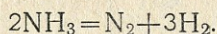
მოიქმნა, მაშინ იგი გაიხსნება და ფენოლფთალეინის ხსნარი უღელს-
ფრად შეიფერება.

აზოტისა და წყალბადის ნარევი ჯერ ცარიელ მილში გავა-
ტაროთ გაუხურებლად. ცდა გვიჩვენებს, რომ 20—25° ტემპერატურა-
ზე და ნორმალური ატმოსფერული წნევის 101,3 პასკალის დროს
რეაქცია არ მიმდინარეობს. შევცვალოთ რეაქციის პირობები: მილში
გამავალი აზოტწყალბადის ნარევი გავახუროთ. რეაქცია არ მიმდინა-
რეობს გაზრდილი ტემპერატურის დროსაც.

შევამოწმოთ, რეაქცია ხომ არ არის კატალიზური. მილში მოვათავ-
სოთ ფხვნილისებრი რკინა და მასში კვლავ გავატაროთ აზოტწყალბა-
დის ნარევი ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე — რეაქცია არ ხდება. თუ
მილს გავატბობთ, ფენოლფთალეინის ხსნარი შეფერადდება, რკინის
თანხლებისას გადიდებული ტემპერატურისას ამიაკი წარმოიქმნება.
მაშასადამე, $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ რეაქცია ნამდვილად კატალიზურია.

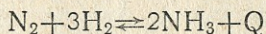
მილიდან გამომავალი აირის ნარევეში ამიაკის შემცველობის მოცუ-
ლობითი წილი გვიჩვენებს, რომ ნორმალური ატმოსფერული წნევის
დროს, 400°C-ზე და კატალიზატორის თანხლებისას, მასში ამიაკის
შემცველობა 0,4 პროცენტს არ აღემატება, რაოდენ დიდხანსაც არ
უნდა იყოს აზოტწყალბადის ნარევი ამ პირობებში, ამიაკის შემცვე-
ლობა არ გადიდდება.

შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ამიაკის ესოდენ დაბალი გამოყოფა
აიხსნება ცდის პირობებში შექცევადი რეაქციით — ამიაკის დაშლის
რეაქციით:



ამ დასკვნის შესამოწმებლად შევეცადოთ ექსპერიმენტულად
განვახორციელოთ ეს რეაქცია. ამიაკი გავატაროთ მილში იმავე
კატალიზატორით და იმავე ტემპერატურაზე. მილიდან გამომავალი
აირი ასანთის ალზე აინთება. ეს წარმოქმნილი წყალბადი იწვის. ამიაკი
თითქმის მთლიანად იშლება აზოტად და წყალბადად და წარმოქმნილ
აირთა ნარევეში ამიაკის მოცულობითი წილი ზუსტად იგივეა, რაც
ამიაკის სინთეზის დროს მიღებულ ნარევეში, ე. ი. 0,4%. მაშასადამე,
ატმოსფერულ წნევასა და 400°C-ზე ქიმიური წონასწორობა გადანაც-
ვლებულია აზოტისა და წყალბადის წარმოქმნის მხარეს.

სითბური ეფექტების განსაზღვრის შედეგების მიხედვით წყალბად-
თან აზოტის რეაქცია ეგზოთერმული პროცესია. თუ გავითვალისწი-
ნებთ მის შექცევად ხასიათს, რეაქციის განტოლება ასე ჩაიწერება:



როგორც თქვენთვის ცნობილია, ტემპერატურის დაწვევისას ეგზო-
თერმული რეაქციის წონასწორობა გადიანაცვლებს რეაქციის პრო-

დუქტების წარმოქმნის მხარეს (მოცემულ შემთხვევაში ამიაკის მხარეს). თუმცა, როგორც ითქვა ოთახის ტემპერატურაზე წყალბადთან აზოტის ურთიერთქმედება პრაქტიკულად არ ხდება. ამიტომ ამიაკის გამოსავლის გაზრდა არ ხერხდება ტემპერატურის მნიშვნელოვნად დაწვეისას. ხომ არ შეიძლება ამიაკის გამოსავლის გაზრდა წნევის ამაღლებით?

სკოლის ლაბორატორიაში არ შეგვიძლია რეაქცია ჩავატაროთ გაზრდილი წნევის დროს, მაგრამ მკვლევარების მიერ მიღებულ მონაცემებს თუ გამოვიყენებთ, დავასკვნით, რომ წონასწორობა დამოკიდებულია ტემპერატურასა და წნევაზე (ცხრილი 2). როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, ამიაკის სინთეზის წონასწორობა გადანაცვლებს ამიაკის წარმოქმნის მხარეზე გადიდებული წნევის დროს. ყურადღება მივაქციოთ, თუ როგორ იცვლება აირის ნარევის მოცულობა ამიაკის სინთეზის დროს: რეაქციის განტოლებიდან ჩანს, რომ მოცულობა 2-ჯერ მცირდება.

ცხრილი 2

ამიაკის მოცულობითი წილი % აზოტისა და წყალბადის წონასწორობულ ნარევაში (N_2 და H_2 მოცულობების თანაფარდობა 1:3)

ტემპერატურა $^{\circ}C$ -ით	ამიაკის მოცულობითი წილი, % წნევის დროს, მზა					
	10	30	100	150	200	350
400	25,12	47,00	79,82	88,54	93,07	97,73
450	16,43	35,82	69,69	84,07	89,83	97,18
500	10,61	26,44	57,47	ექსპერიმენტული მონაცემები არ არის		
550	6,82	19,13	41,16			

აქ ვლინდება წონასწორობის გადანაცვლების ზოგადი კანონზომიერება:

თუ რეაქცია მოცულობის შემცირებით მიდის, მაშინ წნევის გადიდებისას წონასწორობა გადანაცვლებს რეაქციის პროდუქტის წარმოქმნის მხარეს.

თუ რეაქცია მოცულობის გადიდებით მიდის, მაშინ წნევის გადიდებისას წონასწორობა გადანაცვლებს საწყის ნივთიერებათა მხარეს.

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ $400-450^{\circ}C$ ტემპერატურისა და ძლიერ მაღალი წნევის დროსაც კი წონასწორობის გადანაცვლება არ ხერხდება მთლიანად ამიაკის წარმოქმნის მხარეს, ე. ი. ამიაკის მიღება 100% გამოსავლით. მაგრამ ხომ არ შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო აქტიური კატალიზატორი, რომელზედაც რეაქცია საკმაოდ ჩქარა წავიდოდა, ვიდრე $400^{\circ}C$ -ზე უფრო დაბალი ტემ-

პერატურის დროს? ეს საკითხი ათეული წლების მანძილზე მრავალი მკვლევარის ყურადღებას იპყრობს. მოცემული რეაქციისათვის კატალიზატორებად შემოწმებული ნივთიერებების რიცხვი (სხვადასხვა ლითონი, მათი შენაღნობები და სხვ.), ალბათ, მრავალი ათეულ ათასობით აღირიცხება, მაგრამ პრობლემის გადაჭრა ჯერჯერობით არ მოხერხდა.

1. ამიაკის სინთეზის რეაქციამ წონასწორობის მდგომარეობას მიადგია. ვთქვათ, მორეაგირე ნარევეში 1 წამში წარმოიქმნება 1 მლრდ. ამიაკის მოლეკულა. ამავე დროში ამიაკის რამდენი მოლეკულა დაიხარჯება? წყალბადის, აზოტის რამდენი მოლეკულა წარმოიქმნება? შეავსეთ რვეულბუში ცხრილი 3. დარწმუნდით, რომ ნარევის შედგენილობა არ შეიცვალა. ამიაკის რამდენი მოლეკულა დაიშალა ამ ნარევეში შემდეგი წამის განმავლობაში?

ცხრილი 3

აირი	იხარჯება	წარმოიქმნება
NH ₃	?	1 მლრდ.
N ₂	?	?
H ₂	?	?

2. თქვენ უფრო ნათელ წარმოდგენას მიიღებთ ტემპერატურასა და წნევაზე ამიაკის სინთეზის წონასწორობის დამოკიდებულების შესახებ, თუ მას გრაფიკულად გამოსახავთ. ააგეთ ორი გრაფიკი: ერთზე აჩვენეთ, როგორ იცვლება ამიაკის წონასწორული გამოსავალი წნევის აწევისას 400 და 550°C ტემპერატურაზე, მეორეზე — როგორ იცვლება ამიაკის გამოსავალი ტემპერატურისა და წნევის აწევისას, მაგალითად, 10 და 100 მეგა პასკალის დროს.

3. გრაფიკის გამოყენებით განსაზღვრეთ, როგორია ამიაკის წონასწორული გამოსავალი 10 მეგა პასკალისა და 350°C დროს.

4. რამდენი წყალბადი და აზოტი იხარჯება 1 კგ ამიაკის წარმოქმნაზე? შედეგები გამოსახეთ კილოგრამებსა და ლიტრებში (ნ. პ. დროს).

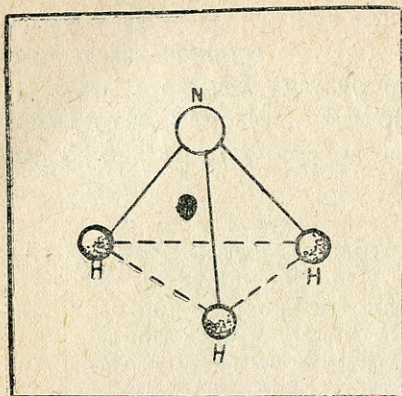
5. როგორ გადაინაცვლებს წონასწორობა $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 + Q$ წნევის გადიდების დროს?

6. მოახდენს თუ არა გავლენას წნევის გადიდება იოდწყალბადის გამოსავალზე, რომელიც წარმოიქმნება რეაქციისას: $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI} + Q$, თუ მას ჩავატარებთ 400°C-ზე. როცა იოდი ორთქლის მდგომარეობაშია?

7. კატალიზატორზე გაატარეს აირების ნარევი მიღებული 10 ლ აზოტისა და 30 ლ წყალბადის შერევით. რეაქციის პროდუქტებიდან გამოყოფილია 3 ლ ამიაკი (აირების მოცულობათა გაზომვები ჩატარეს ერთნაირ პირობებში). როგორია რეაქციაში აზოტის და წყალბადის მოცულობითი წილი?

§ 14. ამიაკის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები

ყველა არალითონისათვის დამახასიათებელია მათი აქროლადი წყალბადნერთების არსებობა. აზოტის ასეთი ნაერთია ამიაკი NH₃. ამიაკი უფრო აირია, აქვს მკვეთრი დამახასიათებელი სუნი, ჰაერზე



სურ. 7. ამიაკის მოლეკულის აღნაგობის სქემა.

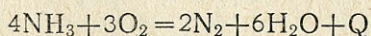
თითქმის ორჯერ მსუბუქია. ჩვეულებრივი ტემპერატურის, მაგრამ გაზრდილი წნევის დროს იგი თხევად მდგომარეობაში გადადის. თხევადი ამიაკი აორთქლებისას ძლიერ გაცივებას იწვევს, ამიტომ იგი გამოიყენება მაცივარ მანქანებში.

წყლიან კატალიზატორში ჩავაბირქვავთ ამიაკით სავსე ჭურჭელი, რომელსაც ქვემოთ ნასვრეტი ექნება. წყალი სწრაფად ავსებს ჭურჭელს თავადღე. ეს გვიჩვენებს, რომ ამიაკი წყალში კარგად იხსნება. ჩვეულებრივ

ტემპერატურაზე 1 მოცულობა წყალში 700 მოცულობამდე ამიაკი იხსნება. ამიაკის წყალხსნარს ამიაკის წყალი ეწოდება.

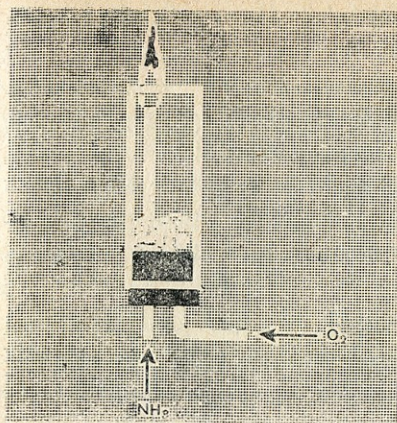
ამიაკის მოლეკულაში წარმოებს წყალბადის სამი ატომის შეუწყვილებელი s-ელექტრონების ღრუბელთა გადაფარვა აზოტის ატომის შეუწყვილებელი p-ელექტრონების ღრუბლებით. p-ელექტრონთა ღრუბლების ღერძები ურთიერთპერპენდიკულარულია. წარმოქმნილი ამიაკის NH_3 მოლეკულა წესიერ სამკუთხე პირამიდას წარმოადგენს, რომლის მწვერვალზე აზოტის N ატომია, ხოლო ფუძე — წყალბადის H ატომები (სურ. 7). წყალბადის ატომების ელექტრონული ღრუბლების ურთიერთგანზიდვის გამო კუთხე HNH ცოტათი მეტია 90° -ზე (დაახლოებით 100°).

განვიხილოთ, როგორ ურთიერთქმედებას ახდენს ამიაკი ჟანგბადთან. თუ მე-8 სურათზე გამოსახულ ხელსაწყოში შიგა მილით ამიაკს შევიყვანთ, ხოლო გარე მილით — ჟანგბადს და ამიაკის ნაკადთან ანთებულ ასანთს მივიტანთ, ამიაკი აინთება და მოცისფრო ალით იწვის. ამიაკის წვის დროს წარმოიქმნება თავისუფალი აზოტი და წყლის ორთქლი:

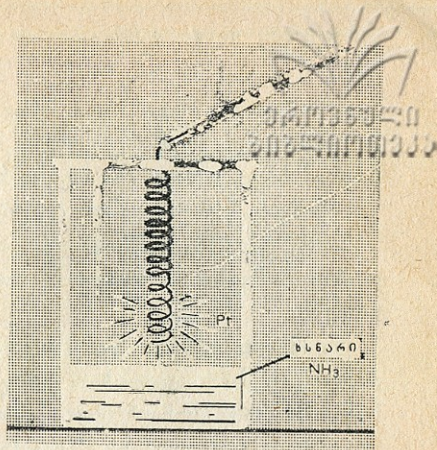


ეს რეაქცია ძლიერ ეგზოთერმული და შეუქცევადია. ამიაკთან ჟანგბადის ან ჰაერის ნარევი გაზურებისას შეიძლება აფეთქდეს, ამიტომ საშიშია.

ამიაკს ჟანგბადთან სხვაგავარადაც შეუძლია რეაგირება, თუ ჰიქაში გაცხელებული ამიაკის ხსნარში ჟანგბადს ან ჰაერს გავატარებთ და

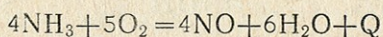


სურ. 8. ჟანგბადში ამიაკის წვა.



სურ. 9. ამიაკის კატალიზური დაჟანგვა.

ჭიქაში პლატინის სპირალს ჩაუშვებთ ისე, რომ სითხეს არ შეეხოს (სურ. 9), სპირალი გავარდებდა და კაშკაშით გაანათებს. ხსნარიდან გამოყოფილი ამიაკი რეაგირებს მის ზედაპირზე ჟანგბადთან აზოტ (II)-ის ოქსიდისა და წყლის ორთქლის წარმოქმნით:



ეს რეაქცია ასევე შეუქცევადია. რეაქციაში პლატინა მონაწილეობს როგორც კატალიზატორი. იგი გავარდებდა რეაქციის დროს გამოყოფილი სითხის ხარჯზე. ამიაკის კატალიზური დაჟანგვისათვის პლატინის გარდა კატალიზატორებად შეიძლება გამოვიყენოთ ზოგიერთი ლითონის, მაგალითად, რკინისა და ქრომის ოქსიდები.

ამიაკის ჟანგვის შესწავლის დროს თქვენ პირველად გაეცანით შეუქცევად ქიმიურ რეაქციას, რომლის ჩატარება კატალიზატორის მონაწილეობით სხვა პროდუქტებს იძლევა, ვიდრე უიმიოდ. ამ დროს კატალიზატორი ცვლის რეაქციის მიმართულებას: ამიაკის უკატალიზატოროდ დაჟანგვისას მხოლოდ აზოტს ვღებულობთ, ხოლო კატალიზატორზე — 98%-მდე ამიაკი იჟანგება აზოტ(II)-ის ოქსიდად, დანარჩენი 2% — აზოტად.

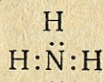
ამრიგად, მოცემულ შემთხვევაში კატალიზატორი არ აჩქარებს რეაქციას (როგორც ეს იყო, მაგალითად, SO_2 -ის SO_3 -ად კატალიზური დაჟანგვისას ან ამიაკის სინთეზისას), არამედ ცვლის მის მიმართულებას, მის მექანიზმს.

თქვენს მიერ შესწავლილი არალითონების (ჰალოგენების, გოგირდის) წყალბადნაერთები წყალში გახსნისას მასთან რეაგირებენ ჰიდროქსონიუმის H_3O^+ და შესაბამისი მჟავური ნაშთის იონების წარმოქმნით. წყალთან რეაგირებს მასში გახსნის დროს აგრეთვე ამიაკიც, მაგრამ სხვაგვარად. რა ხდება მაინც ამიაკის გახსნისას?

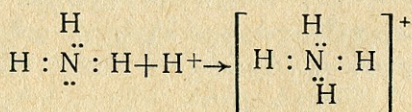
ამიაკის წყალი გამოვიკვლიოთ ხსნარების ელექტროგამტარობის შესამოწმებელი ხელსაწყოს დახმარებით (სურ. 1). მასში ელექტროდების ჩაშვებისას ნათურა აინთება. მაშასადამე, ხსნარი შეიცავს იონებს.

რომელი იონები წარმოიქმნება წყალში ამიაკის გახსნის დროს? ამიაკის ხსნარს დავასხათ იისფერი ლაკმუსის ან ფენოლფთალეინის ხსნარის რამდენიმე წვეთი: ამიაკის წყალში ლაკმუსი შეფერადდება არა წითლად (როგორც ჰალოგენწყალბადებისა და გოგირდწყალბადის ხსნარებში), არამედ ლურჯად, ფენოლფთალეინი — ჟოლოსფრად. მაშასადამე, ამიაკის წყალში არის ჰიდროქსიდ-იონები OH^- , რომელთა გაჩენა რალაცა რეაქციის შედეგია. ვიმსჯელოთ, რომელი რეაქცია შეიძლება იყოს.

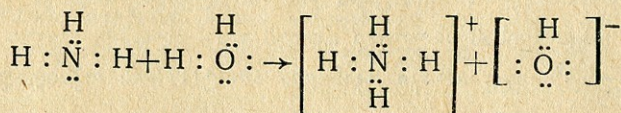
ამიაკის ელექტრონული ფორმულა ასეთია:



წყლის მოლეკულის მსგავსად, ამიაკის მოლეკულას შეუძლია მიერთოს წყალბადის იონი, ე. ი. პროტონი თავისუფალი ელექტრონული წყვილის მიზიდვის ხარჯზე:

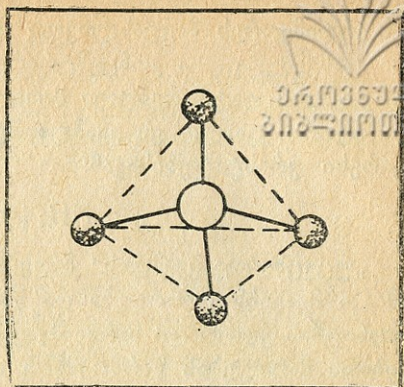


მოცემულ შემთხვევაში პროტონები მოწყდება წყლის მოლეკულებს (ყოველი მოლეკულისაგან თითო):

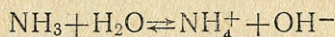


ეს არის სწორედ ის რეაქცია, რომელიც იწვევს ამიაკის ხსნარში ჰიდროქსიდ-იონების გაჩენას. წყალთან ამიაკის ურთიერთქმედება წარმოებს დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმის თანახმად (გვ. 10). დონორად ითვლება ამიაკის მოლეკულა, რომელიც საერთო სარგებლობაშია ელექტრონულ წყვილთან, ხოლო წყლის მოლეკულისა-

გან ჩამოხლეჩილი და ამ ელექტრონული წყვილების მეშვეობით ამიაკის მოლეკულასთან მიერთებული პროტონი აქცეპტორია, დონორულ-აქცეპტორული ურთიერთქმედება იწვევს ახალი, მეოთხე პოლარული კოვალენტური ბმისა და დადებითად დამუხტული იონის — ამონიუმის იონის NH_4^+ გაჩენას. შედეგად წარმოიქმნება ჰიდროქსიდ-იონები OH^- და დადებითად დამუხტული NH_4^+ იონები. ამიაკსა და წყალს შორის რეაქცია გამარტივებულად ასე გამოისახება:



სურ. 10. ამონიუმის იონის
აღნაგობის სქემა.



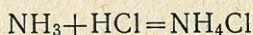
ეს რეაქცია შექცევადია. გახსნილი ამიაკის სულ მცირე ნაწილი არსებობს ხსნარში ამონიუმის იონების სახით, მის უმეტეს ნაწილს შეიცავს NH_3 მოლეკულების სახით. ამიტომ ამიაკის წყალს აქვს ამიაკის სუნი და ჰაერზე ან გაცხელების დროს მთლიანად გამოყოფს მასში გახსნილ ამიაკს.

მიჩნეულია, რომ წყალხსნარი ამიაკს შეიცავს ჰიდრატირებული მოლეკულების სახით (ამიაკის ჰიდრატის ფორმით $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

ამიაკის მოლეკულაში აზოტის ატომი წარმოიქმნის სამ პოლარულ კოვალენტურ ბმას, ამონიუმის იონში კი — ოთხს. ეს ოთხი ბმა, როგორც დარწმუნდით, წარმოიქმნა სხვადასხვაგვარად: სამი — აზოტის ატომის ელექტრონებისა და მიერთებულ წყალბადის ატომების ელექტრონებთან შეწყვილებით, ხოლო მეოთხე — აზოტის ატომის თავისუფალ ელექტრონულ წყვილთან პროტონის მიერთებით, მაგრამ სხვადასხვაგვარი წარმოშობისაგან დამოუკიდებლად ოთხივე ბმა ამონიუმის იონში სავსებით ტოლფასია და ამ იონს წესიერი ტეტრაედრის ფორმა აქვს (სურ. 10)

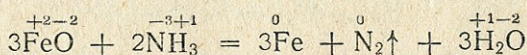
ამიაკის მოლეკულათა თვისება პროტონების ბმისას უნდა გამოვლინდეს არა მხოლოდ წყლის მიმართ ამიაკის დამოკიდებულებაში, არამედ ამიაკის სხვა ქიმიურ თვისებებშიაც. უნდა მოველოდეთ, რომ ამიაკის მოლეკულების მიერ პროტონების ადვილად ბმა წარმართება მყავებთან ამიაკის ურთიერთქმედებისას, როგორც ისეთ ნივთიერებებთან, რომლებშიც წყალბადის ატომები არამტკიცედ ბმულია მყავურ ნაშთებთან.

ერთიმეორეს მივუახლოვოთ მინის ორი წკირი, რომელთაგან ერთი დასველებულია კონცენტრირებული ამიაკის წყლით, ხოლო მეორე — კონცენტრირებული მარილმჟავათი. მათ შორის გაჩნდება უხვი თეთრი კვამლი. ეს კვამლი შედგება ამონიუმის ქლორიდის უმცირესი კრისტალებისაგან:



„უტეცხლოდ კვამლის“ მიღების მოცემული ცდა გვიჩვენებს, რომ ამიაკი მჟავებს უერთდება და წარმოქმნის მარილებს. მაგალითად, ამონიუმის ქლორიდი მარილმჟავას მარილია. თქვენ იცით, რომ მჟავებთან მარილების წარმოქმნით ფუძეები რეაგირებს. ამიტომ ამიაკი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ფუძე.

გახურებისას ამიაკს შეუძლია აღმდგენი თვისებები გამოავლინოს. მაგალითად, გახურებულ რკინა(II)-ის ოქსიდზე ამიაკის გატარებისას ლითონური რკინა წარმოიქმნება:



ამიაკი ფართოდ გამოიყენება. ამიაკის სინთეზი — ატმოსფერული აზოტის „შეკავშირების“ ძირითადი ხერხია. ამიაკის მსოფლიო წარმოება რამდენიმე ათეულ მილიონ ტონას აღწევს წელიწადში, ქიმიური რეაქციების დახმარებით ამიაკს იყენებენ სხვადასხვა აზოტის შემცველი ნერთების — მაგალითად, აზოტიანი სასუქების მისაღებად. თხევადი ამიაკი იხმარება როგორც მაცივარაგენტი მაცივარ დანადგარებში სოფლის მეურნეობაში სასუქებად იყენებენ, როგორც ამიაკს, ისე ამიაკის წყალს. მედიცინაში ამიაკის განზავებულ ხსნარს (მას ნიშნულურის სპირტი ეწოდება) აყნოსვენ ადამიანს გულყრის დროს გონზე მომოსაყვანად.

?

1. გაიანგარიშეთ ამიაკის სიმკვრივე ჰაერის მიხედვით (ჰაერის საშუალო ფარდობითი მოლეკულური მასა 29).



2. ჩამოთვალეთ ამიაკის თქვენთვის ცნობილი ფიზიკური თვისებები.

3. აღწერეთ რეაქციები: ა) წვისა, ბ) ამიაკის კატალიზური დაჟანგვისა. მოიყვანეთ მათი განტოლებები. შეადგინეთ რეაქციების განტოლებები (ჟანგვა-აღდგენითისა, ელექტრონების გადასვლასთან დაკავშირებით ელექტრონული ბალანსით).

4. ჩაიწერეთ სპილენძ(II)-ის ოქსიდისაგან ამიაკით სპილენძის აღდგენის რეაქციის განტოლება, გაარჩიეთ რეაქცია ელექტრონული თეორიის თვალსაზრისით. რეაქციის დროს რა იქნება, რა აღდება?

5. რას წარმოადგენს ამიაკის წყალხსნარი? რომელი მოლეკულები და იონები არსებობენ მასში? როგორ წარმოიქმნება ეს იონები?

6. თქვენს წინ დგას ერთი ამიაკით სავსე ფირფიტით თავდახურული და მე-

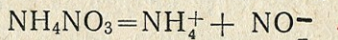
ორე თავანდელი ჭიქა. როგორ გადავასხათ ამიაკი პირველი ჭიქიდან მეორეში, რომ შესაძლებლობის მიხედვით ამიაკი ჰაერს არ შეერიოს? როგორ გამოვავლინოთ ცდის შედეგები, თუ თქვენს განკარგულებაშია ფენოლფთალეინის ხსნარით გაედენთილი ქაღალდი?

7. ჩამოთვალეთ ამიაკის გამოყენების თქვენთვის ცნობილი სფეროები.

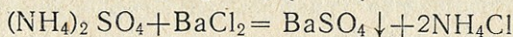
§ 15. ამონიუმის მარილები

ამონიუმის მარილები ყველა მარილის მსგავსად იონებისაგან არის აგებული, მაგალითად, ამონიუმის ნიტრატი აგებულია NH_4^+ და NO_3^- იონებისაგან და იონურ გისოსში კრისტალდება. გარეგნულად ამონიუმის მარილები კრისტალური ნივთიერებებია, რომლებიც ძალიან ჰგავს ტუტე ლითონების შესაბამის მარილებს. ამონიუმის იონის რადიუსი ახლოსაა კალიუმის იონის რადიუსთან. ამიტომ ამონიუმის მარილების ხსნართა ბევრი ფიზიკური თვისება ერთნაირი კონცენტრაციის (მოლი/ლ) დროს ახლოსაა კალიუმის შესაბამისი მარილების თვისებებთან.

ტუტე ლითონების მარილების მსგავსად ამონიუმის ყველა მარილი წყალში ხსნადია და ძლიერ ელექტროლიტებად ითვლება, ე. ი. წყალხსნარებში მთლიანად დისოცირებულია იონებად, მაგალითად:

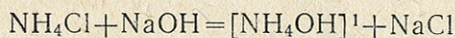


ამიტომ ამონიუმის მარილები სხვა მარილებთან ცვლის რეაქციებში უნდა შევიდეს. მაგალითად, ამონიუმის სულფატის ხსნარზე ბარიუმის ქლორიდის ხსნარის დასხმისას მივიღებთ ბარიუმის სულფატის ნალექს, ხოლო ხსნარში ამონიუმის ქლორიდს:

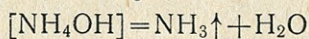


მარილებს შორის მიმოცვლის რეაქციების დროს ამონიუმის იონები კი არ იშლება, არამედ უცვლელად გადადის ერთ-ერთი ახლად წარმოქმნილი მარილის შედგენილობაში.

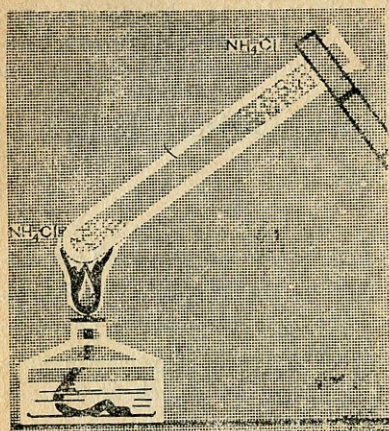
ამონიუმის მარილები ტუტეებთან სხვაგვარად ურთიერთქმედებს, ვიდრე სხვა მარილები. ამონიუმის ნებისმიერი მარილის (ან მყარი მარილის) ხსნარზე ტუტის ხსნარის დასხმის დროს უნდა მიგვეღო ამონიუმის ჰიდროქსიდი. მაგალითად,



მაგრამ ამონიუმის ჰიდროქსიდი არამდგრადი ნივთიერებაა, იგი მაშინვე იშლება წყლად და ამიაკად:

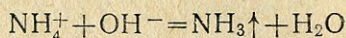
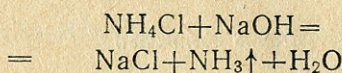


¹ ნაერთი NH_4OH სინამდვილეში არ არსებობს. ამიტომ მის ფორმულას კვადრატულ ფრჩხილებში ვსვამთ.



სურ. 11. ამონიუმის ქლორიდის აქროლება.

ამიტომ ტუტეებთან ამონიუმის მარილების ურთიერთქმედების დროს მიიღება ახალი მარილი, ამიაკი და წყალი:

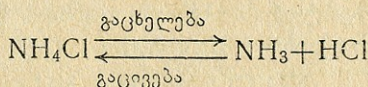


ბოლო განტოლება გამოსახავს ამონიუმის მარილთა შემდეგ საერთო თვისებას: ამონიუმის ყველა მარილი ტუტეებისაგან იშლება ამიაკის გამოყოფით.

ამონიუმის მარილთა თვისებას

— ტუტეების ზემოქმედებით ამიაკის გამოყოფას — ლაბორატორიაში იყენებენ ამიაკის მისაღებად. ამავე თვისებას იყენებენ ამონიუმის მარილთა გამოსაცნობად. სინჯარაში ათავსებენ გამოსაცდელ მარილს ან მის ხსნარს. უმატებენ ტუტის ხსნარს და ნარევს შეათბობენ. სუნით ან სინჯარის პირთან მიტანილი წყლით დასველებული წითელი ლაკმუსის ქაღალდის გაღურებით დაასკენიან — ხდება თუ არა ამიაკის გამოყოფა. თუ ამიაკი გამოიყოფა, მაშასადამე, მარილის ხსნარი შეიცავს ამონიუმის იონებს.

ამონიუმის იონები შეიძლება დაიშალოს აგრეთვე ამონიუმის მარილების გახურების დროს. კრისტალური ამონიუმის ქლორიდი NH_4Cl სინჯარაში გახურების დროს, იოდის მსგავსად, აქროლდება (სურ. 11). მაგრამ იოდის აქროლება ფიზიკური მოვლენაა, ამონიუმის ქლორიდის აქროლება — შექცევადი ქიმიური რეაქციაა. გახურების დროს ამონიუმის ქლორიდი იშლება ქლორწყალბადად და ამიაკად:



ამიაკი და ქლორწყალბადი აქროლდებიან, ხოლო სინჯარის ცივ კედლებთან შეხების დროს კვლავ შეერთდებიან.

- ?
1. მიუთითეთ ამონიუმის მარილების მიღების ხერხები, დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები.
 2. აღწერეთ ამონიუმის მარილების საერთო: ა) ფიზიკური, ბ) ქიმიური თვისებები. დაწერეთ შესაბამის რეაქციათა განტოლებები.
- ▲

მ. როგორ დავამტკიცოთ ცდით, რომ გამოსაკვლევი ნივთიერება: ა) ამონიუმის ქლორიდია, ბ) ამონიუმის სულფატია?

4*. არსებობს აზოტშემცველი ნაერთი, რომელშიც 1 ატომ აზოტზე მოდის 1 ატომი გოგირდი, 5 ატომი წყალბადი და 4 ატომი ჟანგბადი. ამ ნაერთის ხსნარზე ტუტის მოქმედების დროს გამოიყოფა ამიაკი. ქლორბარიუმის ხსნარით მოქმედებისას კი გამოიყოფა მარილმჟავაში უხსნადი ნალექი. რა არის ეს ნაერთი და რა ეწოდება მას? როგორ შეიფერება ლაკმუსი მის ხსნარში? პასუხი დაასაბუთეთ რეაქციების განტოლებებით.

5. მოცემულია ამონიუმის ქლორიდისა და სილის ნარევი. ჩვენს განკარგულებაშია: სახურებელი ხელსაწყო, წყალი და ლაბორატორიული მოწყობილობა. რომელი ორი ხერხით შეიძლება ნარევის დაცალკეება? დაწერეთ განტოლებები რეაქციებისა, რომლებითაც თქვენ ისარგებლეთ.

6. რატომ მიიღება მეტად უხვი თეთრი კვამლი, თუ მარილმჟავათი დასველებულ ქაღალდს დავიკავეთ ამიაკის წყლით დასველებული ქაღალდის ზემოთ, და არა პირიქით?

§ 16. ამიაკის წარმოება

ამიაკის სინთეზის სამრეწველო ხერხის დამუშავების დროს მკვლევარ ქიმიკოსებსა და ინჟინრებს მოუხდათ გადაეწყვიტათ ამოცანები, რომლებიც მანამდე არ წამოჭრილა არც ქიმიურ და არც მრეწველობის სხვა რომელიმე დარგში.

თქვენ იცით, რომ წყალბადთან აზოტის რეაქცია მიმდინარეობს მხოლოდ საკმაოდ მაღალი ტემპერატურის დროს კატალიზატორების არსებობისას და რომ მაღალ წნევაზეც კი წარმოიქმნება მცირეოდენი ამიაკი. მაღალ წნევასა და ტემპერატურაზე წყალბადი დიფუნდირებს ჩვეულებრივ ფოლადებში, აზოტი და ამიაკი მათთან რეაგირებს.

კატალიზატორი იწამლება გოგირდოვანი ნაერთებით, რომლებიც მინარევის სახით არსებობენ გამოყოფილ აირებში — წყალბადსა და აზოტში, ჟანგბადით, წყლის ორთქლით, ნახშირბად(II)-ის ოქსიდით და სხვ.

როგორ მოხერხდა ამ სიძნელეთა გადალახვა? როგორია პროცესის ოპტიმალური პირობები?

მრეწველობაში იყენებენ იაფფასიან რკინის კატალიზატორს. მისი აქტივობის ასამაღლებლად და „სიცოცხლის“ გასახანგრძლივებლად მასში შეაქვეთ დანამატები, მაგალითად, ალუმინის ოქსიდი და კალიუმის ოქსიდი.

განვიხილოთ ოპტიმალური წნევის შერჩევის საკითხი. ცნობილია, რომ ამიაკის გამოსავალი იზრდება წნევის მატებით. მაგრამ მაღალ წნევაზეც არ შეიძლება წონასწორობის მთლიანად გადანაცვლება ამიაკის წარმოქმნის მხარეს. მაგრამ რაც უფრო მაღალია წნევა, მით უფრო რთულია მანქანებისა და აპარატების მოწყობილობა, მით უფრო მეტი ენერგია იხარჯება აირების ნარევის შეკუმშვაზე.

საჭირო იყო სხვა გადაწყვეტის ძიება. სხვა გზით გადაჭრეს აზოტწყალბადის ნარევის შესაძლო უფრო სრული გამოყენების პრობლემა. სარეაქციო აპარატში — სინთეზის სვეტში — წარმოქმნილი აირების ნარევიდან, რომელიც 0,10 — 0,20 მასურ წილ ამიაკს შეიცავს, ამიაკს გამოყოფენ აირის გაცივებით. ვინაიდან ამ დროს აირის ნარევს დიდი წნევა ახლავს, ოთახის ტემპერატურამდე გაცივებისას ამიაკი გადადის თხევად მდგომარეობაში. რეაქციაში შეუსვლელ აზოტსა და წყალბადს უკანვე აბრუნებენ სინთეზის სვეტში (სურ. 1)¹. აზოტწყალბადის ნარევის ცირკულაციის გამოყენებით შეიძლება შემოვიფარგლოთ ნაკლები წნევით, რაც გვაძლევს უფრო იაფი საკონსტრუქციო მასალების გამოყენების საშუალებას. მაგალითად, მრავალ ქარხანაში ახლა ამიაკის სინთეზს ატარებენ 30 მეგა პასკალის წნევით. უახლესი მოწყობილობით აღჭურვილ დანადგარებში უფრო დაბალ წნევასაც — 15 მეგა პასკალს იყენებენ.

ყველაზე ძნელი საინჟინრო ამოცანა იყო ამიაკის სინთეზის სვეტის კონსტრუირება თუნდაც იმიტომ, რომ სპეციალური ხარისხის ფოლადიც კი დიდი ტემპერატურისა და წნევის დროს ვერ ინარჩუნებს მდგრადობას. ეს სიძნელეც გადაილახა. თანამედროვე სვეტებში კორპუსის კედლები, რომლებსაც შიგნიდან აირი აწვება, უმნიშვნელოდ თბება. როგორ მიაღწიეს ამას?

კატალიზატორს ყრიან ცილინდრულ კოლოფში, რომლის დიამეტრი რამდენადმე მცირეა სვეტის კორპუსის შიდა დიამეტრზე. ამგვარად, კატალიზატორის კოლოფსა და კორპუსს შორის წარმოიქმნება ხვრელი. აზოტწყალბადის ცივი ნარევი ამ ხვრელით შედის კოშკში. სწორედ აირის ნაკადი იცავს სვეტის კორპუსს მეტისმეტი გახურებისაგან.

თქვენ იცით, რომ რეაქცია არ იწყება 400°C-ზე ნაკლები ტემპერატურის დროს. მაშასადამე, აზოტწყალბადის ნარევი წინასწარ უნდა გავახუროთ. მაგრამ სითბოს რომელი წყაროს ხარჯზე და რომელ მოწყობილობაში?

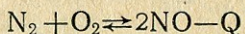
ამ კითხვას თქვენ თვითონ შეგიძლიათ უპასუხოთ, თუ გაიხსენებთ, როგორ წყდება ეს ამოცანა გოგირდმჟავას წარმოების დროს. ამიაკის სინთეზის სვეტში უნდა მოვათავსოთ მილისებრი თბოგადაცემი, რომელშიც აზოტწყალბადის ნარევი თბება კატალიზატორიდან წამოსული ცხელი ნარევით. ამ პროცესში იმდენი სითბო გამოიყოფა, რომ სინთეზის სვეტში შიგნით ხშირად ორთქლის ქვაბების მილებსაც ათავსებენ. ამის წყალობით ერთდროულად იღებენ წყლის ორთქლს და სვეტში ინარჩუნებენ ოპტიმალურ ტემპერატურას.

¹ რომაული ციფრებით აღნიშნულია ფერადი სურათები ჩანართზე.

ამიაკის სინთეზისათვის აუცილებელ აზოტს ჰაერისაგან იღებენ. ამისათვის ჰაერის წნევით იმდენად დაბალ ტემპერატურამდე აცხე-
ბენ, რომ იგი მთლიანად თხევადდება. თხევადი ჰაერის შედგენილო-
ბაში შემავალი სხვა ნივთიერებებისაგან აზოტს გამოყოფენ გამოსლის
საშუალებით. ამჟამად წყალბადს ლებულობენ ბუნებრივი მეთანით
 CH_4 მდიდარი საწვავი აირებისაგან, აგრეთვე ქვანახშირისა და ნავ-
თობის ქიმიური გადამუშავების დროს წარმოქმნილი აირებისაგან,
ამიაკის წარმოებისათვის აპარატურა აღჭურვილია გამზომი ხელსაწ-
ყოებით, რომელთა მაჩვენებლების რეგისტრაცია და ჩაწერა ხდება
წარმოების მართვის ცენტრალურ პულტზე დამაგრებულ საერთო
ფარზე. კონტროლისა და მართვის ავტომატიზაციის წყალობით შესაძ-
ლებელია მოცემული რეჟიმის მტკიცედ შენარჩუნება, პროდუქტების
გამოსავლისა და აპარატების წარმადობის ამღლება, შრომის ნაყო-
ფიერების გაზრდა. ახალ დანადგარებზე ელექტრონული გამომთვლე-
ლი მანქანების დახმარებით გაიანგარიშებენ ცვალებადი პირობების
შესაბამის რეჟიმს (მაგალითად, გარემოს შემცველი ჰაერის ტემპერა-
ტურის ცვლილებით) და იძლევიან მონაცემებს წარმოების მართვისათ-
ვის.

- ?
1. I სურათზე გამოსახული ამიაკის სინთეზის სქემის გამოყენებით ახსენით ყველა აპარატის დანიშნულება და ტექნოლოგიური პროცესის საერთო მიმდინარეობა.
 2. დააკვირდით და ახსენით აირების ნარევის მსვლელობა სინთეზის სვეტში
 3. 20-იან წლებში სინთეზის სვეტში სადღეღამისო წარმადობა 6 — 10 ტ არ აღემატებოდა. ახლა შენდება სინთეზის კოშკები დღე-ღამეში 1000 — 2000 ტ ამიაკის წარმადობით. რა უპირატესობა აქვს ამ მძლავრ აპარატებს მცირე აპარატებთან შედარებით?
 4. კატალიზატორის კოლოფში კატალიზატორის ტემპერატურას მას შემდეგ, რაც ის მაქსიმუმს მიაღწევს, თანდათან ამცირებენ სითბოს წართმევით. რატომ ინარჩუნებენ ასეთ ტემპერატურულ რეჟიმს? ამ კითხვაზე პასუხის გა-
ცემისათვის მოცემული პროცესი შეადარეთ გოგირდ(IV)-ის ოქსიდის დაჟან-
გვის პროცესს.
 5. ამიაკის სინთეზის სვეტში მაღალი წნევის მიუხედავად კატალიზატორის კოლოფისა და თბოგადამცემის მილის კედლები რატომ მზადდება თხელი ფო-
ლადისაგან?
 6. როგორ ავსხნათ, რომ კატალიზატორი იწამლება (ძველდება) და 4—5 წლის შემდეგ იგი ახლით უნდა შეიცვალოს?
 7. ქიმიური წარმოების როგორი ზოგადი პრინციპები გამოიყენება ამიაკის სინთეზის სამრეწველო პროცესში?

თითქოს ჰაერის ოქსიგენს ფსკერზე ვიმყოფებოდეთ, რომელიც ძირითადად აზოტისა და ჟანგბადისაგან შედგება და ჩვეულებრივ პირობებში მათ შორის რეაქციებს ვერ ვამჩნევთ. მაგრამ ელქექის დროს, როცა ელვა ჰაერს კვეთავს, ხდება რეაქცია:



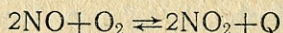
ეს შესაძლოა იმის გამო, რომ ელვის არხში ჰაერის ტემპერატურა ცელსიუსით რამდენიმე ათას გრადუსამდე იწევს.

აზოტის დაჟანგვის რეაქცია აზოტ(II)-ის ოქსიდად ენდოთერმულია და თქვენთვის ცნობილი კანონზომიერების შესაბამისად ტემპერატურის აწევისას წონასწორობა გადაინაცვლებს აზოტ(II)-ის ოქსიდის წარმოქმნის მხარეზე, მაგრამ თითქმის 2000°C ტემპერატურაზეც კი აზოტ(II)-ის ოქსიდის მასური წილი წონასწორობულ ნარევეში ძალიან მცირეა.

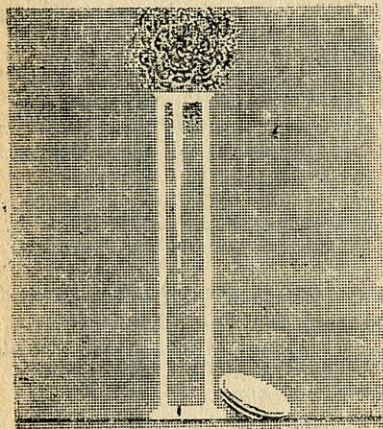
აზოტ(II)-ის ოქსიდი NO უფერო აირია.

წყლიან კრისტალიზატორში დავაპირქვათ აზოტ (II)-ის ოქსიდით სავსე ცილინდრი. წყალი ცილინდრში არ შედის, მაშასადამე აზოტ(II)-ის ოქსიდი წყალთან არ რეაგირებს და, ცხადია, ძლიერ მცირედ იხსნება მასში. აზოტ (II)-ის ოქსიდი არ რეაგირებს მჟავებისა და ტუტეების ხსნარებთანაც — ეს მარილარწარმოქმნელი ოქსიდია.

აზოტ (II)-ის ოქსიდი რეაგირებს ჟანგბადთან და წარმოიქმნება მურა ფერის აირი აზოტ(IV)-ის ოქსიდი NO_2 . აზოტ(IV)-ის ოქსიდის მისაღებად საკმარისია, აზოტ (II)-ის ოქსიდიან ჭურჭელს სანურავი მოვხადოთ, რომ ჭურჭლის თავზე გაჩნდება აზოტ(IV)-ის ოქსიდის მურა ფერის ღრუბელი (სურ. 12). ჟანგბადით აზოტ(II)-ის ოქსიდის დაჟანგვის რეაქცია შექცევადია და მას თან ახლავს სითბოს გამოყოფა:



ჩვეულებრივ პირობებში აზოტ (II)-ის ოქსიდი მთლიანად იჟანგე-



სურ. 12. აზოტ (II)-ის ოქსიდის დაჟანგვა ჰაერზე.

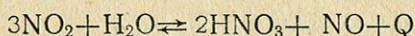
ბა აზოტ(IV)-ის ოქსიდად და წონასწორობა გადაინაცვლებს აზოტ(IV)-ის ოქსიდის წარმოქმნის მხარეს. ტემპერატურის აწევისას და წნევის დაწევისას წონასწორობა გადაინაცვლებს უკუმიმართულგზით. მაღალ ტემპერატურაზე აზოტ(IV)-ის ოქსიდი არამდგრადია, ის იშლება აზოტ(II)-ის ოქსიდად და ჟანგბადად. ჟანგბადით აზოტ(II)-ის ოქსიდის დაჟანგვის რეაქცია ერთი ისეთთაგანია, რომლის სიჩქარე იზრდება არა ტემპერატურის აწევისას, არამედ დაწევისას.

აზოტ(IV)-ის ოქსიდი NO_2 ჩვეულებრივ პირობებში მურა ფერის აირია, (მას ხშირად „მურა აირს“ უწოდებენ), მომწამლავია, მისი ჩასუნთქვა მავნედ მოქმედებს გულსა და ფილტვებზე. ჩვეულებრივ წნევასა და 21° ტემპერატურაზე აზოტ(IV)-ის ოქსიდი სითხედ იქცევა (გათხევადდება).

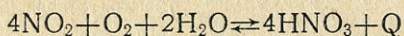
განვიხილოთ, რა მოხდება წყალთან აზოტ(II)-ის ოქსიდის შეხებისას. კვლავ დავაპირქვათ წყალში აზოტ(II)-ის ოქსიდით სავსე თავდახურული ცილინდრი, მოვაშოროთ სახურავი და ჟანგბადით სავსე გაზომეტრის მილი შევიყვანოთ ცილინდრში, ცილინდრში შევუშვათ ცოტაოდენი ჟანგბადი. გაჩნდება აზოტ(IV)-ის ოქსიდის მურა ფერის ღრუბელი, იგი მალე გაქრება, ხოლო ცილინდრში წყლის დონე აიწევს. აზოტ(II)-ის ოქსიდისაგან განსხვავებით აზოტ(IV)-ის ოქსიდი წყალში ხსნადია. აზოტ(II)-ის ოქსიდის დაჟანგვის შედეგად წარმოქმნილი აზოტ(IV)-ის ოქსიდი წყალში იხსნება უფრო ხსნარის წარმოქმნით.

რა ხსნარია ეს?

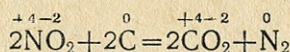
მასზე ლურჯი ლაკმუსის ხსნარის დამატებით დავადგენთ, რომ წარმოიქმნება მჟავა, წყალთან აზოტ(IV)-ის ოქსიდის ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება აზოტმჟავა HNO_3 :



თუ რეაქციას ჩავატარებთ ჟანგბადის თანხლებისას, მაშინ გამოყოფილი აზოტ(II)-ის ოქსიდი აზოტ(IV)-ის ოქსიდად დაიჟანგება და საბოლოოდ მიიღება მხოლოდ აზოტმჟავა:

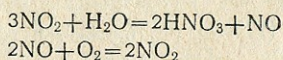


ეს რეაქცია, როგორც წინა, ეგზოთერმული და შექცევადია. აზოტ(IV)-ის ოქსიდი ძლიერი დამყანგავია. ნახშირი, გოგირდი, ფოსფორი და სხვა ნივთიერებები მასში იწვის. მაგალითად, NO_2 ატმოსფეროში ნახშირის წვა იწვევს ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდისა და აზოტის წარმოქმნას:



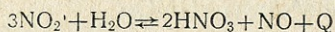
NO და NO₂ შედგენილობის ოქსიდებთან (რომლებსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს საჭირო სამრეწველო პროდუქტის — აზოტმჟავას მიღების რეაქციებში) ერთად აზოტი წარმოქმნის სხვა ოქსიდებსაც. ოქსიდებში აზოტს შეუძლია გამოავლინოს ქანგვის ხარისხი +I-დან +5-მდე.

- ?
1. სწორი იქნება თუ არა, ქანგბადით აზოტის დაქანგვის რეაქციას ვუწოდოთ აზოტის წვა? პასუხი დაასაბუთეთ.
 2. როგორ გავლენას ახდენს ტემპერატურისა და წნევის ცვლილება ქანგბადით აზოტის დაქანგვის რეაქციის წონასწორობაზე?
 3. შეიძლება თუ არა ავტომობილის ძრავას გამონაბოლქვი აირები შეიცავდეს აზოტ (II)-ის ოქსიდს, რატომ?
 4. ახსენით, რატომ გადაინაცვლებს ქანგბადით აზოტ(II)-ის ოქსიდის დაქანგვის რეაქციის წონასწორობა აზოტ(IV)-ის ოქსიდის წარმოქმნის მხარეზე წნევის გადიდებისა და ტემპერატურის დაწვეისას?
 5. ტრამვაის ბიგელსა და სადენს შორის კონტაქტის დარღვევის დროს ბიგელზე მუშა ფერის ღრუბელი გაჩნდა. რატომ ხდება ეს? დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები.
 6. რეაქციების განტოლებათა შეჯამებით



მიიღეთ აზოტ (IV)-ის ოქსიდსა, წყალსა და ქანგბადს შორის, რეაქციის განტოლება.

7. განსაზღვრეთ რომელ მხარეს გადაინაცვლებს ტემპერატურის ცვლილებისას აზოტ (IV)-ის ოქსიდსა და წყალს შორის რეაქციის წონასწორობა?
8. წნევის გაზრდა ხელს უწყობს თუ არა რეაქციის წონასწორობის გადანაცვლებას



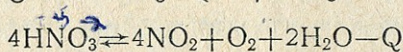
გაეცით დასაბუთებული პასუხი, ამასთან გაითვალისწინეთ, რომ თუ რომელიმე რეაქციაში აიროვანის გარდა მონაწილეობს ნივთიერებები, თხევად ან მყარ მდგომარეობაში, მაშინ რეაქციის მიმდინარეობის დროს მორეაგირე ნივთიერებების მოცულობათა ცვლილებებზე მსჯელობენ მხოლოდ აიროვანი ნივთიერებების მოცულობათა მიხედვით.

9. ელექტის დროს წვიმის წყალი შეიცავს აზოტმჟავას ნიშნებს. რომელი რეაქციების შედეგად წარმოიქმნა ის?

10. მოცემულა პაერი და წყალი. როგორ შეიძლება ყოველგვარ სხვა ნივთიერებათა დახარჯვის გარეშე მივიღოთ თქვენთვის ცნობილი მარილი? დაწერეთ შესაბამის რეაქციათა განტოლებები, უჩვენეთ თითოეული მათგანის პირობები.

აზოტმჟავა HNO_3 თავისუფალ მდგომარეობაში უფრო სიბრტყილი მკვეთრი, მახრჩობელა სუნით.

უწყლო აზოტმჟავა არამდგრადი ნაერთია. იგი ჩვეულებრივ პირობებში იშლება აზოტ (IV)-ის ოქსიდის წარმოქმნით:



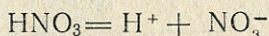
გამოყოფილი აზოტ (IV)-ის ოქსიდი ნაწილობრივ იხსნება აზოტმჟავაში და მას ყვითელ ფერს აძლევს.

აზოტმჟავას, რომლის მასური წილი ხსნარში უახლოვდება 1(100%)-ს „მბოლავი“ ეწოდება.

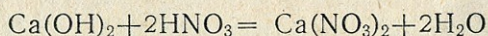
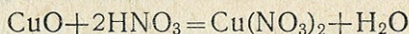
აზოტმჟავა წყალს ნებისმიერი შეფარდებით ერევა. აზოტმჟავას წყალხსნარები გაცხელებისადმი უფრო მდგრადია, ვიდრე სუფთა მჟავა.

პრაქტიკაში ფართოდ იყენებენ აზოტმჟავას, რომლის მასური წილი 0,6(60%)-ს უახლოვდება. პირობით ამ მჟავას ხშირად განიხილავენ როგორც კონცენტრირებულ აზოტმჟავას.

აზოტმჟავა ძლიერი ერთფუძიანი მჟავაა:



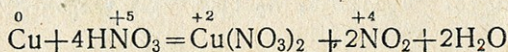
სხვა მჟავების მსგავსად, იგი რეაგირებს ფუძე ოქსიდებთან და ფუძეებთან მარილებისა და წყლის წარმოქმნით:



მაგრამ ლითონებთან აზოტმჟავა სხვანაირად რეაგირებს, ვიდრე სხვა მჟავები. აზოტმჟავასთან ლითონების ურთიერთქმედების დროს წყალბადი არ გამოიყოფა. მასში აღდგება არა წყალბადი, არამედ აზოტი ჟანგვის ხარისხის შემცირებით +5-დან თვით უმცირეს —3 მნიშვნელობამდე.

მრგვალიძირიან კოლბაში მოვათავსოთ სპილენძის მავთულის ნაჭრები. დავასხათ ცოტაოდენი კონცენტრირებული 60%-იანი აზოტმჟავა და ოდნავ შევათბოთ. შევამჩნევთ აზოტ(IV)-ის ოქსიდის მურა ფერის აირის წარმოქმნას, კოლბაში კი წარმოიქმნება სპილენძის ჰიდრატირებული Cu^{2+} იონებისათვის დამახასიათებელი ცისფერი წყალხსნარი.

ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციის განტოლება ასეთია:



კონცენტრირებული აზოტმჟავა ასევე რეაგირებს ლითონებთანაც, რომლებიც ძაბვათა ელექტროქიმიურ მწკრივში განლაგებულია წყალბადის შემდეგ ვერცხლისწყალთან და ვერცხლთან. მხოლოდ ოქრო და პლატინა არ რეაგირებს მასთან. კონცენტრირებულ აზოტმჟავას ინახავენ და გადააქვთ ალუმინის ცისტერნებით. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ასეთი მჟავა ფოლადთანაც არ ურთიერებამდებს. ალუმინისა და ფოლადის ზედაპირი კონცენტრირებულ აზოტმჟავასთან არ რეაგირებს. ე. ი. თხელი დამცველი ფენით იფარება.

მჟავას კონცენტრაციისა და ალდგენის აქტივობის მიხედვით აზოტი აზოტმჟავაში მის მიერ სხვა ნივთიერებების დაჟანგვისას შეიძლება ალდგეს დაჟანგვის ნებისმიერ დაბალ მნიშვნელობამდე, თვით 3-მდეც კი. თუ რა ხარისხამდე ალდგება აზოტი, ეს პირველ რიგში დამოკიდებულია აზოტმჟავას კონცენტრაციაზე, ხოლო შემდგომში ალდგენის ქიმიურ აქტივობაზე.

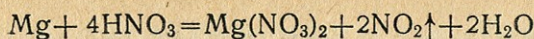
რაც უფრო დაბალია მჟავას კონცენტრაცია და მაღალია აზოტმჟავაში გახსნილი ნივთიერების ალდგენის უნარი, მით უფრო დაბალია რეაქციის პროდუქტებში აზოტის ჟანგვის ხარისხი. მაგალითად, თუთიასთან ან მაგნიუმთან რეაქციის დროს აზოტმჟავას განზავების მიხედვით რეაქციის პროდუქტებში ჭარბობს შემდეგი ნაერთები:

მჟავას კონცენტრაცია მცირდება →	
ფორმულა	NO_2 NO N_2O N_2 NH_4 NO_3
ნაერთებში აზოტის ჟანგვის ხარისხი	+4 +2 +1 0 -3
→ აზოტის ჟანგვის ხარისხი მცირდება.	

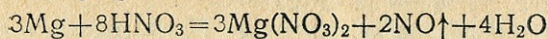
ძლიერ განზავებულ მჟავასთან ლითონის რეაქციის დროს ამონიუმის ნიტრატის NH_4NO_3 მარილის წარმოქმნა ასე აიხსნება, რეაქციას ატარებენ აზოტმჟავას სიჭარბის პირობებში. ამიტომ წარმოქმნილი ამიაკი რეაგირებს მჟავასთან და გარდაიქმნება ამონიუმის მარილად NH_4NO_3 .

ამგვარად, ჩვეულებრივი „გაბატონებული“¹ რეაქციები, მაგალითად, მაგნიუმისა და განსაზღვრული კონცენტრაციის აზოტმჟავას შორის ასეთია (რეაქციების განტოლებები მოყვანილი არ არის დასამახსოვრებლად):

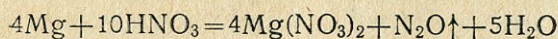
¹ სიტყვა „გაბატონებული“ მოცემულ შემთხვევაში ნიშნავს, რომ ნებისმიერ განსაზღვრული კონცენტრაციის აზოტმჟავასა და ლითონს შორის რეაქციას უპასუხებს არა ერთი, არამედ რამდენიმე განტოლება, ე. ი. რეაქციის პროდუქტებში ერთდროულად შეიძლება აღმოვაჩინოთ მთელი რიგი აზოტის ნაერთები, რომლებიც მას შეიცავს ჟანგვის სხვადასხვა ხარისხით. მაგალითად, NO_2 , NO და N_2O , მაგრამ მოყვანილი განტოლება შეესაბამება რეაქციის გაბატონებულ (დომინირებულ) მსვლელობას.



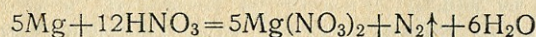
კონც. (60%-იანი)



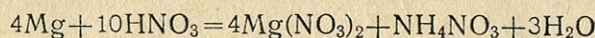
~ 30%-იანი



~ 20%-იანი



~ 10%-იანი



~ 3%-იანი

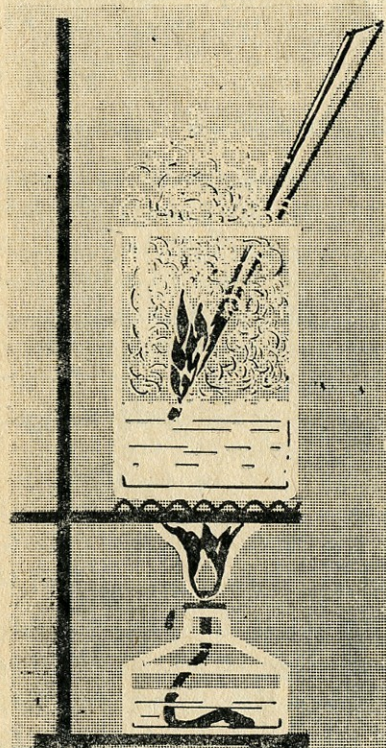
აზოტმჟავა, განსაკუთრებით კი კონცენტრირებული, ლითონების გარდა მრავალ სხვა ნივთიერებასაც ჟანგავს. თუ კონცენტრირებულ გაცხელებულ აზოტმჟავაში მბუტავ კვარს ჩავუშვებთ, კვარი კაშკაშა ალით აინთება (სურ. 13). ასევე ააღდება ნახერხი, ბურბუშელა მათზე კონცენ-

ტრირებული აზოტმჟავას მოხვედრისას.

კონცენტრირებული აზოტმჟავა ცილოვან ნივთიერებებთან ურთიერთმოქმედებს ღია ყვითელი შეფერილობის ნაერთების წარმოქმნით. ამის გამო ადამიანის კანზე მჟავას მოქმედებით ყვითელი ლაქები ჩნდება. მჟავა შლის მატყლსა და ბუნებრივ აბრეშუმს.

აზოტმჟავათი მუშაობის დროს აუცილებელია დავიცვათ უკიდურესი სიფრთხილე: არ დავლვართ მჟავა, არ მოვახვედროთ ადამიანის კანსა და ტანსაცმელზე.

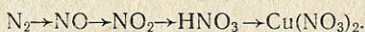
აზოტმჟავა ფართოდ გამოიყენება სასუქების წარმოებაში, საღებრების, ფეთქებად ნივთიერებათა დასამზადებლად და მრავალი სხვა მიზნით.



სურ. 13. კვარის წვა აზოტმჟავაში.

?

1. აღწერეთ აზოტმჟავას: ა) ფიზიკური, ბ) ქიმიური თვისებები. მოიყვანეთ დამაზასიათებელ რეაქციათა განტოლებანი.
2. რა გავლენას ახდენს ტემპერატურისა და წნევის ცვლილება აზოტმჟავას დაშლის რეაქციის წონასწორობაზე?
3. როგორ რეაგირებს სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდი აზოტმჟავას ხსნართან? დაწერეთ ამ რეაქციის სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებანი.
4. სამ უწარწერო შუშაში მოთავსებულია მარილმჟავა. გოგირდმჟავა და აზოტმჟავა, რომელი ქიმიური რეაქციები უნდა ჩავატაროთ, რომ გამოვარკვიოთ, რომელ შუშაში რომელი მჟავა ასხია? დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები.
5. რომელი ელემენტი გამოდის როგორც დამჟანგავი ლითონებთან აზოტმჟავას ურთიერთქმედებისას?
- 6*. დასახელეთ მარილი, რომლის შედგენილობა გამოისახება ფორმულით $H_4O_3N_2$.
7. დაწერეთ შემდეგ გარდაქმნათა რეაქციების განტოლებები:



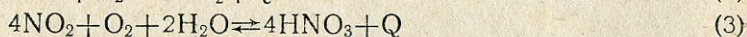
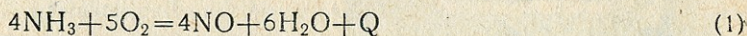
8. დაწერეთ განტოლებები განზავებული აზოტმჟავას მაგნიუმთან ურთიერთქმედების რეაქციებისა, რომლების დროსაც აზოტი აღდგება ჟანგვის ხარისხამდე: ა) 0, ბ) —3.

§ 19. აზოტმჟავას წარმოებაში გამოყენებული ქიმიური რეაქციები

წინათ, როდესაც სინთეზური ამიაკის სამრეწველო წარმოება ჯერ მოწესრიგებული არ იყო, აზოტმჟავას იღებდნენ ქარხნებში გვარჯილაზე გოგირდმჟავას მოქმედებით. მჟავას იყენებდნენ მხოლოდ ფეთქებადი ნივთიერებების, საღებრებისა და ზოგიერთი ქიმიური პროდუქტის საწარმოებლად, ახლა კი აზოტმჟავას სინთეზური ამიაკისაგან იღებენ და უმთავრესად აზოტიან სასუქებად გადაამუშავებენ.

როგორ მიიღება აზოტმჟავა ამიაკისაგან?

ამისათვის აუცილებელია თანმიმდევრულად რამდენიმე რეაქციის ჩატარება, რომლებიც თქვენ უკვე შეისწავლეთ:



ქარხანაში ამიაკის დაჟანგვა ხდება ასე. სუფთა ამიაკს შეუვრევენ არასასურველი მინარევებისაგან გასუფთავებულ ჰაერს. მიღებულ ნარევს უშვებენ პლატინა-როდიუმის შენადნობის კატალიზატორზე. (1) რეაქციის შედეგად მიღებულ აირს აცივებენ. (2) რეაქციის შედეგად წარმოქმნილ აზოტ(IV)-ის ოქსიდს აგზავნიან შთანთქმელ ისეთსავე კოშკებში, როგორებსაც იყენებენ გოგირდმჟავას წარმოებაში. ამ კოშკებს აგებენ ქრომიეულიანი ფოლადის ფურცლებისაგან,

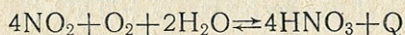
რომლებიც მედეგია აზოტმყავასა და აზოტის ოქსიდების მოქმედების საღმრთო.

ვინაიდან აზოტ(II)-ის ოქსიდის აზოტ(IV)-ის ოქსიდად დაჟანგვის სიჩქარე წნევის მომატებისას მკვეთრად იზრდება, პროცესს ატარებენ 1 მეგა პასკალამდე გაზრდილი წნევის დროს. ასეთ დანადგარებში აპარატების მოცულობა მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე წინათ აგებულ დანადგარებში, რომლებშიც პროცესი ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს ტარდება.

წყალთან აზოტ (IV)-ის ოქსიდის რეაქციის შექცევადობის შედეგად წარმოიქმნება აზოტმყავა, რომლის მასური წილი არა უმეტეს 0,6(60%) HNO_3 შეიცავს. მას იყენებენ აზოტიანი სასუქების წარმოებისათვის.

საღებრებისა და სხვა ორგანული ნივთიერებების წარმოებისათვის აუცილებელია უფრო კონცენტრირებული მბოლავი აზოტმყავა HNO_3 მასური წილით, რომელიც ტოლია 0,98. როგორ მივიღოთ ასეთი მყავა?

ამისათვის საჭიროა გადავანაცვლოთ მარჯნივ შემდეგი ქიმიური წონასწორობა:



წნევის მომატებისას ეს წონასწორობა გადაინაცვლებს. ამიტომ ქარხანაში მბოლავ აზოტმყავას იღებენ გაზრდილი წნევით რეაქციის შედეგად (მიხსლოებით 5 მეგა პასკალი).

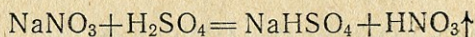
შეიძლება სხვა ხერხის გამოყენებაც: განზავებულ აზოტმყავას დაასხამენ კონცენტრირებულ გოგირდმყავას. მიღებული ნარევის გაცხელებისას წყალს შეაკავებს გოგირდმყავა და აორთქლდება მხოლოდ აზოტმყავა; გაცივებისას მისი ორთქლის კონდენსაციით მზრჩოლავი აზოტმყავა მიიღება.

აზოტმყავას ზოგიერთ დანადგარზე დღესაც შეიძლება შევნიშნოთ, რომ მილიდან ატმოსფეროში ამოიტყორცნება აზოტ(IV)-ის ოქსიდით შეფერილი აირი — „მელიის კუდი“. რით აიხსნება ეს? აზოტის ოქსიდების მთლიანად დაჭერა ძალიან ძნელია, ვინაიდან აზოტ (II)-ის ოქსიდის დაჟანგვის სიჩქარე მისი დაბალი კონცენტრაციის გამო გამოყოფილ აირში ძლიერ მცირეა. ვიცით, როგორ ზიანს აყენებს ადამიანის ჯანმრთელობას აზოტის ოქსიდები. ისინი დამღუპველად მოქმედებს მცენარეულობაზეც. ამიტომ თანამედროვე დანადგარებზე გარემოს დაცვის მიზნით გამოყოფილ გაზებს ათბობენ, შემდეგ კატალიზატორზე გატარებით აზოტის ოქსიდებს დაშლიან აზოტად და ჟანგბადად და მხოლოდ ამის შემდეგ უშვებენ აირებს ატმოსფეროში.

- 1* ამიაკის როგორი მასა იქნება საჭირო 1000 ტ უწყლო აზოტმჟავას მისაღებად, თუ აზოტ(II)-ის ოქსიდის გამოყოფა ამიაკის კატალიზური დაქანგვისას 98% უდრის, ხოლო აზოტმჟავად გარდაიქმნება აზოტ(II)-ის ოქსიდის 99%? ამოცანა ამოხსენით ისე, რომ რეაქციათა განტოლებები არ შეადგინოთ.
- 2* განსაზღვრეთ აზოტმჟავას ხსნარის მასა, 0,6 მასური წილით, რომელიც წარმოქმნილია 1 კგ აზოტ(IV)-ის ოქსიდისაგან, თუ NO_2 98% გარდაიქმნება მჟავად.
3. შეადგინეთ შთანთქმევი კოშკის სქემა, რომელი რეაგენტების წინააღმდეგ ხორციელდება მასში აზოტმჟავას წარმოებისას?

§ 20. ნიტრატები

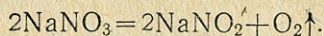
როგორც ცნობილია, აზოტმჟავა წარმოქმნის მარილებს — ნიტრატებს (ტუტე ლითონებისა და II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ლითონების — კალციუმისა და სხვა. ნიტრატებს ხშირად გვხვავს (უწოდებენ). ნიტრატები წყალში ადვილად ხსნადია. მყარი ნიტრატების კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან ერთად გახურებისას გამოიყოფა აქროლადი აზოტმჟავა:



ორთქლის გაცივებისას მიიღება მბოლავი აზოტმჟავა. ასეთი ხერხით იღებენ მას ქიმიურ ლაბორატორიებში. უწინაც მას ქიმიურ ქარხნებშიც ასე იღებდნენ ბუნებრივი ნატრიუმის ნიტრატისაგან.

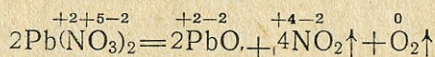
ნიტრატების დამახასიათებელ თვისებად ითვლება გახურებისას მათი დაშლა სხვა პროდუქტებთან ერთად ჟანგბადის წარმოქმნით.

ძნელდნობადი მინის სინჯარაში მოვათავსოთ ცოტაოდენი ნატრიუმის ან კალიუმის ნიტრატი და გავახუროთ. 300°C -მდე ტემპერატურაზე მარილები ღვება, ხოლო როცა ტემპერატურა 600°C ასცდება, იწყება ჟანგბადის გამოყოფა:



ნატრიუმის ან კალიუმის ნიტრატები დაშლისას იქცევა აზოტოვანმჟავას HNO_2 მარილად — ნიტრიტებად და ჟანგბადი ჩამოშორდება.

ნაკლებაქტიური ლითონების ნიტრატები გახურებისას სხვაგვარად იშლება. მაგალითად, ტყვია (II)-ის ნიტრატი ტყვია (II)-ის ოქსიდად, აზოტ(IV)-ის ოქსიდად და ჟანგბადად:

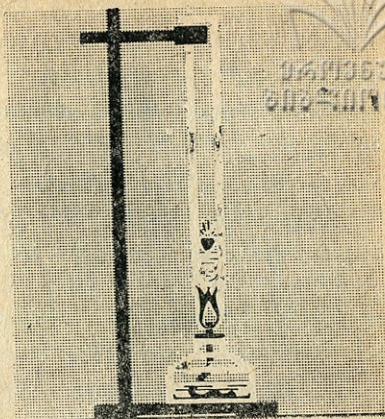


თუ გამდნარ გვარჯილაში (მაგალითად, KNO_3 -ში), ჩავაგდებთ გავარვარებულ ნახშირს, ის სწრაფად იწვის, ამ დროს ბევრი სითბო გამო-

იყოფა და ჩვეულებრივი მინისაგან დამზადებული სინჯარა გალღვება (სურ. 14). გვარჯილების მიერ ნახშირისა და სხვა ნივთიერებების დაჟანგვის უნარს ემყარება მისი გამოყენება შავი. დენთისა და ფეთქებად ნივთიერებათა დასამზადებლად.

ამ მიზნებისათვის დიდი გამოყენება პოვა კალიუმისა და ამონიუმის ნიტრატებმა. ამავე თვისებას ემყარება მყარი ნიტრატების გამოცნობა: თუ გავარდნობულ ნახშირზე მცირე რაოდენობით ნიტრატს დავაყრით, მოხდება აფეთქება.

მარილში ნიტრატ-იონების არსებობა ადვილად შეიძლება დავადგინოთ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასა და სპილენძთან მარილის შერევისას მურა ფერის აირის (NO_2) გამოყოფით.



სურ. 14. ნახშირის წვა
გამდნარ გვარჯილში.

?

1. შეადგინეთ ნატრიუმის ნიტრატის, ამონიუმის ნიტრატისა და კალიუმის ნიტრატის ელექტროლიტური დისოციაციის განტოლება.
2. გამოთვალეთ, რამდენი კალიუმის ნიტრატი უნდა დავშალოთ 1 ლ ჟანგბადის მისაღებად (ნ. პ.)?
3. სიფრთხილის რა ზომებია აუცილებელი ნიტრატების შენახვის დროს?
4. დაწერეთ განტოლებები რეაქციებისა, რომლებიც შეესაბამება ნიტრატ-იონების კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასა და სპილენძთან გახურების ხერხს.
- 5.* არსებობს მარილი, რომელსაც შემდეგი თვისებები აქვს: მწვავე ნატრიუმის ჰიდროქსიდთან ამ მარილის კრისტალების გახურებისას გამოიყოფა სუნიანი აირი. კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან ამ მარილის კრისტალების გახურების დროს გამოიღვწება სითხე, რომელშიც სპილენძი იხსნება. რომელი მარილია ეს? დაწერეთ აღნიშნული რეაქციების განტოლებები.

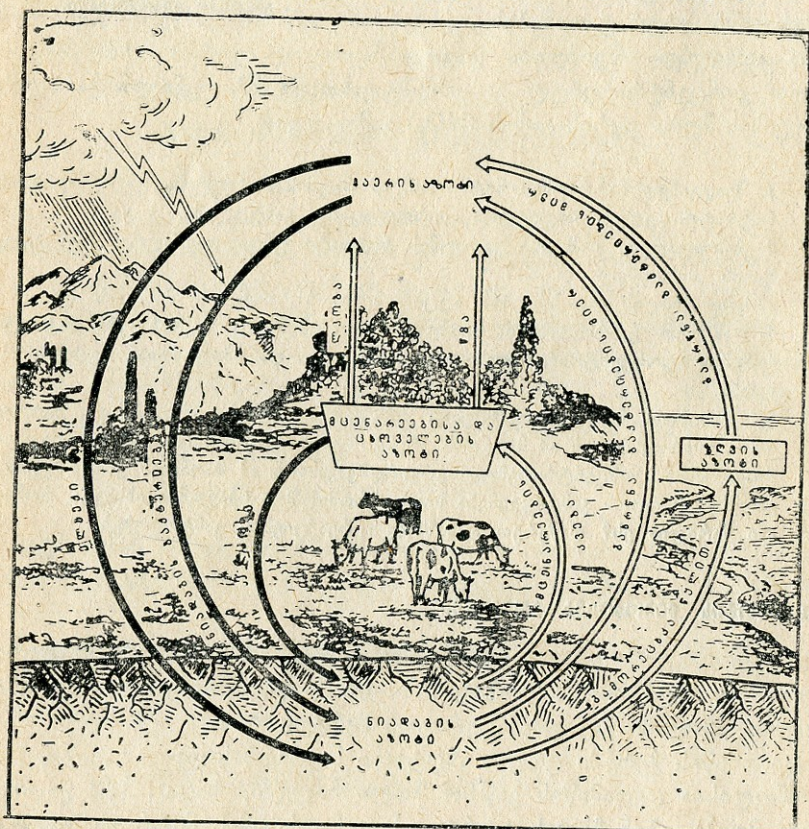
§ 21. აზოტის მიმოქცევა ბუნებაში

როგორც ცნობილია, დედამიწის ატმოსფერო 0,8-მდე თავისუფალი აზოტისაგან შედგება. ატმოსფეროში და დედამიწის ქერქში უმნიშვნელოა აზოტის ქიმიურ ნაერთთა შედგენილობა.

დედამიწის ქერქში ცოტაა აზოტის ნაერთების დიდი საბადოები. გამონაკლისია დედამიწის ვიწრო ზოლი ჩილეში, სადაც 150 წელზე მეტია მოიპოვებენ ჩილის გვარჯილას — ნატრიუმის ნიტრატს. აზოტი მცირე რაოდენობით შედის მცენარეული და ცხოველური წარმოშო-

ბის წიაღისეული სათბობის შედგენილობაში. აზოტის ორგანული ნაერთები ნიადაგის ნეშომპალაშიც არის. ოღონდაც მცენარეებს არ შეუძლიათ ჰაერიდან თავისუფალი აზოტისა და ნიადაგიდან ორგანულ ნივთიერებათა აზოტის შეთვისება. ისინი ნიადაგიდან აზოტს ითვისებენ ამონიუმის NH_4^+ იონებისა და NO_3^- ნიტრატ-იონების სახით. ეს იონები წარმოიქმნება აზოტის ორგანული ნაერთებიდან ბაქტერიების მონაწილეობით. თუმცა ზოგიერთ ბაქტერიას აზოტი თავისუფალ მდგომარეობაში გადაჰყავს. არსებობს როგორც ნიადაგში თავისუფლად, ისე პარკოსან მცენარეთა ფესვებზე მცხოვრები ბაქტერიები, რომლებსაც შეუძლიათ თავისუფალი აზოტის შეთვისება და სხვადასხვა ნაერთებად გარდაქმნა. ასეთი ბაქტერიების ცხოველქმედების შედეგად ნიადაგი მდიდრდება მცენარისათვის მისაწვდომი აზოტოვანი ნაერთებით.

ნიადაგში აზოტი გროვდება ელჰქეის დროს წვიმის წვეთებში არ-



სურ. 15. აზოტის მიმოქცევა ბუნებაში.

სებული აზოტმჟავას ხარჯზე. ეს აზოტმჟავა ნიადაგში ნიტრატებად გარდაიქმნება.

ამგვარად, პროცესებს, რომელთა დროს ნიადაგიდან ბმული აზოტი თავისუფლდება, ბუნებაში უპირისპირდება პროცესებს, რომლებიც ნიადაგში აზოტის დანაკლისს ავსებს. ხდება აზოტის მიმოქცევა (სურ. 15.).

თანამედროვე მეურნეობაში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებს უფრო მეტი აზოტი გამოაქვთ, ვიდრე ბუნებრივი პროცესებით შეივსება და ნიადაგში ნაკელთან ერთად შეაქვთ. სასოფლო-სამეურნეო წარმოების განვითარების კვალობაზე აზოტის უკმარისობის პრობლემა სულ უფრო მწვავედება. მას შემდეგ, რაც გასული საუკუნის პირველ ნახევარში დაადგინეს მცენარეულობისათვის მინერალური აზოტიანი ნაერთების აუცილებლობა, ზოგ ქვეყანაში დაიწყეს აზოტიანი სასუქად ჩილის გვარჯილის გამოყენება. მაგრამ ბმული აზოტის ამ წყარომ ვერ შეძლო დაეკმაყოფილებინა სოფლის მეურნეობის მსოფლიო მოთხოვნილება. XIX ს. ბოლოს მწვავედ დადგა ატმოსფერული აზოტის გამოყენების — ქარხნებში მისგან აზოტიანი სასუქის მიღების საკითხი.

ეს პრობლემა გადაიჭრა XX ს. ოციან წლებში. ახლა არსებობა მრავალი ქარხანა აზოტიანი სასუქების მისაღებად, რომელთა ნედლეული — ატმოსფერული აზოტია.

? 1. ა. ლავუაზიემ შემოიღო სახელწოდება „აზოტი“, რაც ბერძნულად ნიშნავს „სიცოცხლის არახელშემწყობს“. როგორ ავხსნათ ეს სახელწოდება ქიმიის ისტორიასთან დაკავშირებით? აზოტი ხომ სიცოცხლის საფუძველია დედამიწაზე?

2. ა. ლავუაზიეს შემდეგ აზოტისათვის შემოიღეს სახელწოდება „ნიტროგენი“, რომელიც დღემდე შემორჩა როგორც საერთაშორისო ტერმინი (სახელწოდება „აზოტი“ იხმარება რუსულ, ქართულ და ფრანგულ ენებში). შეეცადეთ ახსნათ ამ სიტყვის აზრი.

3. აზოტის მიმოქცევა ბუნებაში მე-15 სურათზე რამდენადმე დაწვრილებით არის გამოსახული, ვიდრე ტექსტში. რა პროცესებია აქ დამატებით მითითებული?

4. აზოტის თქვენ მიერ შესწავლილი ქიმიური თვისებებიდან გამომდინარე აღნიშნეთ ქიმიურ ქარხნებში ატმოსფერული აზოტის ბმის ორი შესაძლო ხერხი. დაწერეთ კალციუმის გვარჯილის მიღების რეაქციების განტოლებები ამ ხერხების გამოყენებით.

ქიმიური ნიშანი — P. ფარდობითი ატომური მასა $Ar(P) \approx 31$. ბირთვის მუხტი $+15$

§ 22. ფოსფორის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები

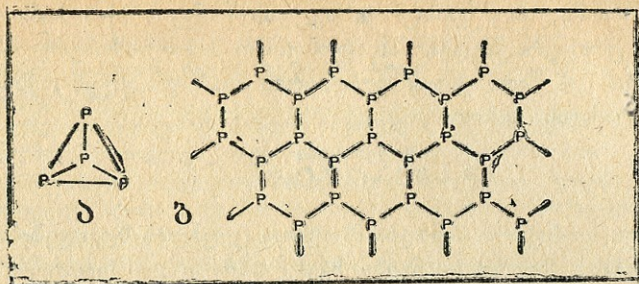
პირველად ფოსფორი მიიღეს თავისუფალ მდგომარეობაში ცვილისმავარი, სიბნელეში მნათი მასის სახით. აქედან წარმოდგა ამ ელემენტის სახელწოდება — ფოსფორი, რაც ბერძნულად „შუქმფენს“ ნიშნავს.

თავისუფალ მდგომარეობაში ფოსფორი რამდენიმე ალოტროპულ სახესხვაობას წარმოქმნის. ფოსფორის ატომი აზოტის ატომის მსგავსად სამ კოვალენტურ ბმას წარმოქმნის. მაგრამ აზოტის მოლეკულაში სამივე ბმას ორი ატომი ხარჯავს ერთმანეთთან ბმაზე, ფოსფორის ყველა ალოტროპულ სახესხვაობაში კი ატომები წყვილ-წყვილად არის შეკავშირებული მხოლოდ თითო ბმით. თუ ფოსფორის ერთმა ატომმა ამის მსგავსად მიიერთა სხვა სამი ატომი, მაშინ შეიძლება წარმოიქმნას უმარტივესი მოლეკულა ოთხი ატომისაგან, რომელთაგან თითოეული სამ დანარჩენთან დაკავშირებულია კოვალენტური ბმით. მოლეკულის ფორმა ტეტრაედრია (სურ. 16 ა). ასეთი მოლეკულებისაგან შედგება თეთრი ფოსფორი. მისი კრისტალური გისოსი მოლეკულურია, აგებულია მოლეკულათშორისი ძალებით სუსტად ბმული მოლეკულებისაგან. ამიტომ თეთრი ფოსფორი, მოლეკულური გისოსის მქონე სხვა ნივთიერებათა მსგავსად, ადვილდნობადი და აქროლადია. იგი წყალში თითქმის უხსნადია, მაგრამ კარგად იხსნება მრავალ ორგანულ გამხსნელში.

თეთრი ფოსფორი ძლიერ შხამიანია. ძალიან მალე (ატმოსფერულზე 1200-ჯერ მეტი) წნევით ზომიერად გახურებისას თეთრი ფოსფორი გადადის შავში, რომელსაც აქვს ატომის ფენოვანი კრისტალური გისოსი (სურ. 16 ბ.). შავ ფოსფორს ახასიათებს რეაქციის უსუსტესი უნარი ფოსფორის სახეცვლილებებთან შედარებით.

თეთრი ფოსფორი სინათლეზე ან უპაეროდ ოდნავ გახურებისას წითელი-მურა ფერის ფხვნილად გარდაიქმნება (წითელი ფოსფორი). იგი არააქროლადია და არ იხსნება წყალსა და ორგანულ გამხსნელებში. წითელი ფოსფორი შხამიანი არ არის.

უპაეროდ ძლიერი გახურებისას იგი კვლავ თეთრ ფოსფორად გარდაიქმნება. ამ გარდაქმნას შეიძლება დააკვირდეთ სიბნელეში ასანთის კოლოფზე ღეროს ოდნავ გაკვრით, ისე, რომ ასანთი არ აინთოს. კოლოფზე ასანთის თავი მნათ კვალს ტოვებს — ეს თეთრი ფოსფორი ანათებს.



სურ. 16. თეთრი ფოსფორის (ა) და შავი ფოსფორის კრისტალური (ბ) გისოსის სქემა.

ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში მდებარეობის შესაბამისად ფოსფორი მეტად ელექტროუარყოფითია, ვიდრე ლითონები და წყალბადი და ნაკლებად ელექტროუარყოფითია, ვიდრე პერიოდულ ტაბულაში მის მარჯვნივ და ზემოთ მოთავსებული არალითონები, (ცხრილი 4). ფოსფორი ლითონებს უერთდება ფოსფიდების წარმოქმნით, მაგალითად, მაგნიუმის ფოსფიდი Mg_3P_2 . ამ და ანალოგიურ ნაერთებში ფოსფორი ავლენს ჟანგვის —3 ხარისხს.

ფოსფორის ატომის რადიუსი აზოტის ატომის რადიუსზე მეტია. ამიტომ ფოსფორის ატომი სუსტად იკავებს თავის სავალენტო ელექტრონებს და სუსტად იზიდავს დანაკლის ელექტრონებს გარე შრის შევსების დროს. ამის შედეგად ფოსფორის ჟანგბადიანი ნაერთები უფრო მტკიცეა, ვიდრე აზოტის ჟანგბადიანი ნაერთები, ხოლო წყალბადთან ნაერთებში, პირიქით, ნაკლებად მტკიცეა, ვიდრე აზოტის ნაერთი — ამიაკი. ფოსფოროვანი წყალბადი (ფოსფინი) PH_3 იმდენად არამტკიცე ნაერთია, რომ ამიაკისაგან განსხვავებით იგი წყალბადთან ფოსფორის პირდაპირი შეერთებით არ მიიღება.

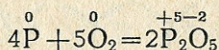
ფოსფორის აქროლად ნაერთებს, რომლებიც ორგანული ნარჩენების ლბობისას წარმოიქმნება, პაერზე თვითანთების უნარი აქვს. ეს ითვლება იშვიათი ბუნებრივი მოვლენის „მოხეტიალე ცეცხლის“ მიზეზად, რამაც შექმნა ცრურწმენა საფლავიდან მიცვალებულთა ამოშვალის სულების შესახებ.

ფოსფორისათვის ყველაზე უფრო დამახასიათებელი ნაერთებია

ცხრილი 4

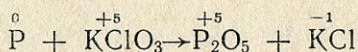
III	IV	V	VI	VII	VIII
B	C	N	O	F	Ne
	Si	P	S	Cl	Ar

ისეთები, რომელშიც ფოსფორი ავლენს ჟანგვის +5 ხარისხს. ჟანგბადთან ურთიერთქმედებისას ფოსფორი თვალისმომჭრელი თეთრი ალთ იწვის და წარმოქმნის ფოსფორის მყარ უმაღლეს ოქსიდს P_2O_5 თეთრი კვამლის სახით:



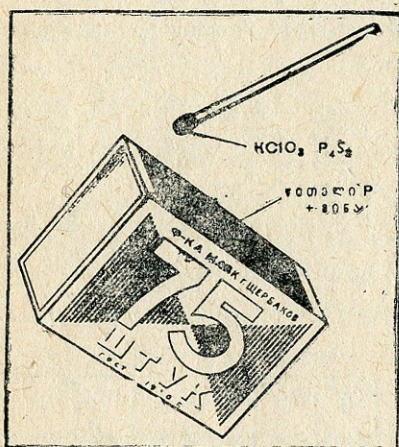
წითელი ფოსფორი აინთება მხოლოდ ცეცხლის მოკიდებისას. თეთრი ფოსფორი ჰაერზე იჟანგება ჩვეულებრივი ტემპერატურის დროსაც, ამასთან იგი ანთებს. ნელი ჟანგვისას თეთრი ფოსფორის ნათება — ჟანგვის ენერგიის ნაწილის სინათლის ენერგიად პირდაპირი გარდაქმნის მაგალითია.

ბერთოლეს მარილთან $KClO_3$ წითელი ფოსფორის ნარევი ფეთქებით ინთება სუსტი ხახუნით ან დაწოლითაც კი:

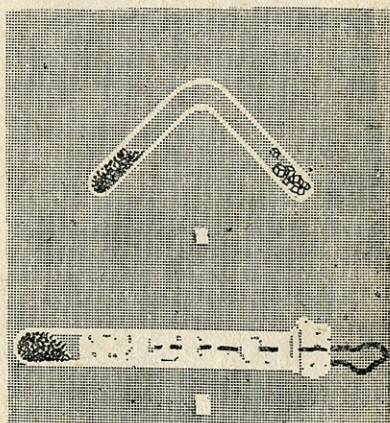


(დაუსვით კოეფიციენტები).

ამ ქიმიურ რეაქციას აწარმოებთ ყოველთვის, როცა ასანთს ანთებთ. ბერთოლეს მარილს ნარევი, მაგალითად, გოგირდთან საწვავის სახით შეიცავს ასანთის თავი, ხოლო წითელ ფოსფორს — ასანთის კოლოფის გვერდების ზედაპირი, რომელზედაც ასანთს გაჰკრავთ (სურ. 17). წითელი ფოსფორის დახმარებით ასე მოხერხდა უსაფრთხო ასანთის დამზადების პრობლემის გადაწყვეტა.



სურ. 17. ასანთი.



სურ. 18. წითელი ფოსფორის გარდაქმნა თეთრ ფოსფორად.

1. აღწერეთ თეთრი და წითელი ფოსფორის ფიზიკური თვისებები. ჭურჭლის მარცხენა მუხლში (სურ. 18, ა), რომლიდანაც ჰაერი ამოტუმბულია, წითელი ფოსფორი ძალიან ხურდება, ხოლო მარჯვენა მუხლი ცივდება. რა გროვდება მასში?

2. აღწერეთ ფოსფორის ქიმიური თვისებები და დაუკავშირეთ ისინი ელემენტების პერიოდულ სისტემაში ფოსფორის მდებარეობას.

3. გამოთვალეთ ელექტრონების რიცხვი, რომლებსაც შეიცავს ფოსფორის თითოეული ატომი გარე შრეზე თეთრი ფოსფორის მოლეკულასა და შავი ფოსფორის კრისტალურ გისოსში.

4. დაწერეთ (ა) ალუმინის ფოსფიდის, ბ) გოგირდთან და აზოტთან ფოსფორის ნაერთის ფორმულები, რომლებშიც ელექტროდადებითი ელემენტი (მისი ნიშანი ფორმულაში როგორც ყოველთვის, პირველ ადგილზე იწერება) ავლენს ქანგვის უმაღლეს ხარისხს.

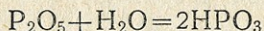
5. შეადგინეთ ასანთის ანთებისას მიმდინარე რეაქციების ელექტრონული განტოლებები. რომელი აირის სუნი შეიგრძნობა ამ დროს?

ასანთის კოლოფიდან ჩამოფხიკეთ ფოსფორიანი საცხი ქაღალდთან ერთად იგი მჭიდროდ მოათავსეთ სინჯარაში, ღრმად ჩადეთ ბამბის ტამპონი, რომელშიც წინასწარ გაყრილია ძაფი, და ფოსფორიანი საცხი ძლიერ გაახურეთ (სურ. 18, ბ). შემდეგ სიბნელეში მილიდან ბამბის ტამპონი ძაფით სწრაფად ამოაძრეთ. შენიშნავთ საინტერესო მოვლენას. ახსენით იგი.

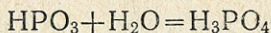
§ 23. ფოსფორის ჟანგბადუმცველი ნაერთები

ფოსფორის წვის დროს მიიღება სქელი თეთრი კვამლი, რომელიც ჭურჭლის კედელზე თეთრი ფხვნილის სახით ილექება. ეს ფოსფორ(V)-ის ოქსიდია P_2O_5 . ჭურჭელში ჩავასხათ წყალი და შევანჯღრიოთ, ჯერ მივიღებთ მღვრიე სითხეს. მაგრამ სიმღვრივე მალე ქრება და მიიღება გამჭვირვალე ხსნარი, რომელიც ლურჯ ლაკმუსს აწითლებს. ფოსფორ(V)-ის ოქსიდთან წყლის მიერთების რეაქცია რამდენიმე საფეხურად მიმდინარეობს.

ჯერ ოქსიდის მოლეკულებს მყისვე უერთდება წყლის მოლეკულები და მიიღება მეტაფოსფორმჟავა. რეაქციის გამარტივებული განტოლება:

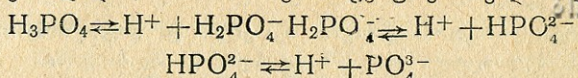


შემდგომ მეტაფოსფორმჟავას უერთდება კიდევ წყლის მოლეკულები. ამ დროს მიიღება ორთოფოსფორმჟავა, რომელსაც ხშირად ფოსფორმჟავას უწოდებენ. რეაქციის გამარტივებული განტოლება:



ფოსფორ(V)-ის ოქსიდი ენერგიულად იერთებს არა მარტო თხევად წყალს, არამედ მის ორთქლსაც. ამიტომ მას ლაბორატორიებში

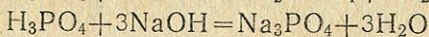
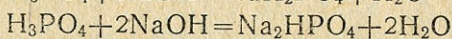
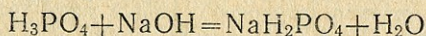
აირების საშრობად იყენებენ. H_3PO_4 — ფოსფორმჟავა მყარი, წყალში კარგად ხსნადი ნივთიერებაა. აზოტმჟავასაგან განსხვავებით ფოსფორმჟავა არააქროლადია, ხსნარში იგი საფეხურებრივად იშლება:



დისოციაციის პირველ საფეხურზე (H_3PO_4 — დიჰიდროფოსფატ-იონების წარმოქმნით) ფოსფორმჟავა იქცევა როგორც საშუალო ძალის მჟავა.

მრავალფუძიან მჟავებს დისოციაციის დროს ყოველი შემდგომი წყალბადის იონი ძნელად სცილდება, ვიდრე წინა, ანიონის მუხტის გაზრდის გამო, რომლის მიზიდულობის დაძლევა უხდება მას. ამიტომ სამფუძიან ფოსფორმჟავას ხსნარებში H_3PO_4 დაუშლელ მოლეკულებთან ერთად ბევრია $H_2PO_4^-$ — დიჰიდროფოსფატ-იონები, ძალიან ცოტაა HPO_4^{2-} — მონოჰიდროფოსფატ-იონები და უმნიშვნელოა PO_4^{3-} — ფოსფატ-იონები.

ფოსფორმჟავა ურთიერთქმედებს მხოლოდ იმ ლითონებთან, რომლებიც ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში წყალბადის მარცხნივ არის. მის საშუალო მარილებს ფოსფატები ეწოდება. ფოსფორმჟავას ხსნარზე დამატებული ფუძის რაოდენობის მიხედვით მის მოლეკულებში შეიძლება ლითონით ჩანაცვლებულ იქნეს ერთი, ორი ან წყალბადის სამივე ატომი:



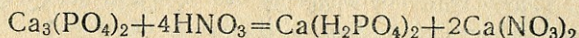
ამიტომ ერთსა და იმავე ლითონთან ფოსფორმჟავას შეუძლია წარმოქმნას შედგენილობისა და თვისებების მიხედვით სამი სხვადასხვა მარილი. თუ ფოსფორმჟავას მოლეკულებში ლითონით ჩანაცვლებულია წყალბადის მხოლოდ ერთი ატომი, ხოლო მჟავას ნაშთი ერთვალენტიანი ანიონია $H_2PO_4^-$, მარილს დიჰიდროფოსფატი ეწოდება („დი“ — ორი, რაც მიუთითებს წყალბადის ჩაუნაცვლებლად დარჩენილი ატომების რაოდენობაზე). თუ მჟავას მოლეკულებში ლითონით ჩანაცვლებულია წყალბადის ორი ატომი და მჟავას ნაშთი ორვალენტიანი HPO_4^{2-} იონი, მაშინ მარილს ჰიდროფოსფატი ეწოდება. თუ წყალბადის სამივე ატომი ჩანაცვლებულია ლითონით, მაშინ მარილს მარტივად ფოსფატი ეწოდება. მოვიყვანოთ ასეთი მარილების მაგალითი:

დიჰიდროფოსფატები: NaH_2PO_4 , $Ca(H_2PO_4)_2$, $NH_4H_2PO_4$,

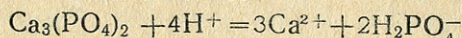
ჰიდროფოსფატები: Na_2HPO_4 , $CaHPO_4$, $(NH_4)_2HPO_4$,

ფოსფატები: Na_3PO_4 , $Ca_3(PO_4)_2$.

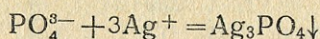
ლითონების დიჰიდროფოსფატები წყალში კარგად ხსნადია. ფოსფატები წყალში უხსნადია ნატრიუმის, კალციუმის და უფრო მძიმე ტუტე ლითონთა ფოსფატების გარდა. ჰიდროფოსფატებს ხსნადობის მიხედვით შუალედური მდგომარეობა უკავია დიჰიდროფოსფატებსა და ფოსფატებს შორის. წყალში უხსნადი ყველა ფოსფატი იხსნება ძლიერ მჟავათა დამატებით, ვინაიდან გადადიან მჟავა მარილებში — დიჰიდროფოსფატებში, მაგალითად:



ან შეკვეცილი იონური განტოლება:



PO_4^{3-} იონებზე რეაქტივად იხმარება ვერცხლის ნიტრატით. ამ იონების შემცველ ხსნარებზე მისი მიმატებისას წარმოიქმნება ვერცხლის ფოსფატის ნალექი:



ვერცხლის ფოსფატი ღია ყვითელი ფერისაა და, როგორც ყველა ფოსფატი, მჟავას ხსნარის დამატებით იხსნება.

მრეწველობაში მიღებულ ფოსფატებს იყენებენ ფოსფორიან სასუქებად, საკვების დანამატებად, სარეცხი საშუალებების დასამზადებლად და ა. შ.

- ?
1. აღწერეთ ა) ფოსფორ(V)-ის ოქსიდის, (ბ) ფოსფორმჟავას ფიზიკური და ქიმიური თვისებები.
 2. რომელ იონებს შეიცავს ფოსფორმჟავას ხსნარი?
 3. დაწერეთ კალციუმისა და კალციუმის დიჰიდროფოსფატების, ჰიდროფოსფატებისა და ფოსფატების ფორმულები.
 4. ქვემოთ ჩამოთვლილი ფოსფორმჟავას მარილებიდან რომელია წყალში ხსნადი და რომელი პრაქტიკულად წყალში უხსნადი: AlPO_4 , $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, Fe_3PO_4 , K_3PO_4 ? დაასახელეთ თითოეული მარილი.
 5. შეადგინეთ ფოსფორმჟავას რეაქციების განტოლებები: ა) ლითონებთან. ბ) ლითონთა ოქსიდებთან, გ) ფუძეებთან.
 - 6.* კალციუმის ჰიდროქსიდის ხსნარს ულუფებად უმატებდნენ ფოსფორმჟავას ხსნარს. ჯერ გამოიყურ ნალექი, რომელიც მჟავას შემდგომი დამატებისას გაქრა. ახსენით ეს მოვლენები, შეადგინეთ რეაქციების განტოლებები.
 7. რა ნივთიერებები და როგორი თანმიმდევრობით მიიღება: ა) ფოსფორმჟავას ხსნარში ამიაკის გატარების დროს, ბ) ფოსფორმჟავას ხსნარზე მწვავე კალციუმის ჰიდროქსიდის ხსნარის თანდათანობით დამატების დროს, რა მოვლენები შეიმჩნევა ამ დროს (ნალექების წარმოქმნა თუ გახსნა)? მიმდინარე რეაქციები გამოსახეთ მოლეკულური და იონური განტოლებებით.
 - 8.* 2 მოლი ფოსფორმჟავას შემცველ ხსნარს მიუმატეს 3 მოლი მწვავე კალციუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი. წყალი ააორთქლეს. როგორია ნაშთის შედგენილობა?

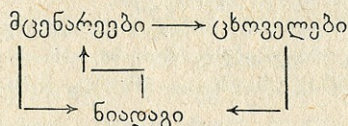
9. ჰიდროფოსფატების ხსნარები ფენოლფთალეინს აძლევს ჟოლოსფერს. რატომ? ჰიდროფოსფატსა და წყალს შორის რეაქციის განტოლება დაწერეთ იონურ ფორმაში. რა ეწოდება ასეთ რეაქციებს?

გეოგრაფიკული
გეოლოგიური

§ 24. ფოსფორის მიმოქცევა ბუნებაში

მაღალი ქიმიური აქტივობის გამო ბუნებაში ფოსფორი თავისუფალი სახით არ გვხვდება. დედამიწის ქერქი მას შეიცავს მხოლოდ ორ-თოფოსფორმჟავას მარილების სახით. ფოსფორის ნაერთები შედის ალამიანისა და ცხოველების ძვლოვანი, კუნთოვანი და ნერვული ქსოვილების შედგენილობაში. ჩონჩხი ფოსფორს შეიცავს კალციუმის ფოსფატის სახით. ეს მარილი აძლევს ჩონჩხს სიმაგრეს. ნერვული და კუნთოვანი ქსოვილები ფოსფორს შეიცავს ორგანული ნაერთების სახით. ტვინის მუშაობა, კუნთების შეკუმშვა დაკავშირებულია ამ ნაერთების ქიმიურ გარდაქმნებთან. ამგვარად, ფოსფორი განსაკუთრებით დიდ როლს ასრულებს ყველა სასიცოცხლო პროცესში. გამოჩენილმა საბჭოთა გეოქიმიკოსმა აკადემიკოსმა ა. ე. ფერსმანმა მას „სიცოცხლისა და აზრის ელემენტი“ უწოდა.

ალამიანისა და ცხოველებისათვის ფოსფორის წყაროდ მცენარეული საკვები ითვლება. მცენარეებს შეუძლია აღმოცენება, თუ ნიადაგში ფოსფატებია, მაგრამ ძალიან ნოყიერ ნიადაგშიც კი მცენარეებისათვის მისაწვდომი ფოსფორის ნაერთები ცოტაა. ბუნებრივად მიმდინარე პროცესების დროს ფოსფორი ნიადაგს კვლავ უბრუნდება მცენარეთა და ცხოველთა ნაშთების ლპობის დროს. ბუნებაში ფოსფორის მიმოქცევა ასე ხორციელდება:



ფოსფორის მიმოქცევაში, ისევე როგორც აზოტის მიმოქცევაში, შუამავლები ნიადაგსა და მცენარეებს შორის არიან ბაქტერიები. ფოსფორბაქტერიები მცენარეთაგან შეუთვისებელი ფოსფორის ორგანულ ნაერთებს ნიადაგში გარდაქმნიან არაორგანულ ნაერთებად — ფოსფატებად. ინტენსიური სასოფლო-სამეურნეო წარმოების დროს აუცილებელია ნიადაგში ნაკელისა და ხელოვნური (მინერალური) სასუქების შეტანა.

?

1. რომელი ნაერთების სახით და სად გვხვდება ფოსფორი ბუნებაში?
2. აღწერეთ ბუნებაში ფოსფორის მიმოქცევა და მასში ბაქტერიების როლი.
3. რატომ უწოდა ა. ე. ფერსმანმა ფოსფორს „სიცოცხლისა და აზრის ელემენტი“?

ბიოლოგიის შესწავლისას თქვენ გაეცანით მცენარის სიცოცხლისათვის სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის მნიშვნელობას. ბევრი თქვენგანი პრაქტიკულად იცნობს მინერალური სასუქების გამოყენებას სოფლის მეურნეობაში. განაზოგადეთ თქვენთვის ცნობილი მასალა და მოამზადეთ პასუხები შემდეგ კითხვებზე:

1. რომელი ნივთიერებები შედის მცენარეთა შედგენილობაში?
2. რომელი ელემენტებისაგან შედგება ეს ნივთიერებები?
3. რა წყაროებიდან იღებენ მცენარეები მათთვის აუცილებელ ელემენტებს?
4. რომელ მინერალურ სასუქებს იცნობთ თქვენ? როგორია მათი შედგენილობა და თვისებები?
5. რომელ მინერალურ სასუქებს იყენებენ იმ კოლმეურნეობაში ან საბჭოთა მეურნეობაში, რომელშიც თქვენ იყავით პრაქტიკაზე? რა იცით მათი გამოყენების ეფექტურობის შესახებ?

§ 25. მინერალური სასუქების თვისებები

სასურსათო პროგრამით გათვალისწინებული მოსავლიანობის მნიშვნელოვანი გაზრდის ამოცანა შეიძლება გადაიჭრას სოფლის მეურნეობაში სხვადასხვა მინერალური სასუქის ფართოდ გამოყენებით.

მინერალური სასუქები უწინარეს ყოვლისა მათში საკვები ელემენტების¹ (აზოტის, ფოსფორის ან კალიუმის) შემცველობით ხასიათდება. სასუქებს, რომლებიც მხოლოდ ერთ საკვებ ელემენტს შეიცავს, ეწოდება მარტივი. ასეთ სასუქებად ითვლება მაგალითად, ამონიუმის გვარჯილა NH_4NO_3 , კალიუმის ქლორიდი KCl , ორმაგი სუპერფოსფატი $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. სასუქებს, რომლებიც ორ ან მეტ საკვებ ელემენტს შეიცავს, ეწოდება კომპლექსური. მათგან ზოგიერთი ინდივიდუალურ ქიმიურ ნაერთებს წარმოადგენს, მაგალითად, კალიუმის გვარჯილა— KNO_3 , ზოგიც კომპლექსური სასუქებია—ესაა

¹ „საკვები ელემენტის“ ნაცვლად ზოგჯერ წიგნებში წერენ „საკვებ ნივთიერებას“. ეს ტერმინები თანაბარი მნიშვნელობით იხმარება.

სპეციალურად მომზადებული ინდივიდუალური ნაერთების ნარევი. მაგალითად, კომპლექსური სასუქი — ამოფოსკა — ამონიუმის მჟავე ფოსფატებისა $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ან $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ და კალიუმის ქლორიდის KCl ნარევი. ასეთ კომპლექსურ სასუქებს ამზადებენ მცენარეთა ცალკეული სახეებისა და ნიადაგობრივ-კლიმატური პირობების მოთხოვნილებათა შესაბამისად. მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ ყველა სასუქის შერევა არ შეიძლება, ვინაიდან ზოგჯერ საწყისი ნივთიერებები ერთმანეთს შორის ურთიერთქმედებს და ამის შედეგად საკვები ელემენტები გადადის აირიდან მდგომარეობაში ან ნაკლებად შესათვისებელ ფორმაში. შეთანხმდნენ, რომ სასუქების კვებითი ღირებულება გამოისახოს მათში აზოტის N, ფოსფორ(V)-ის ოქსიდის P_2O_5 ან კალიუმის ოქსიდის K_2O მასური წილით.

სასუქებში აზოტის მასურ წილს გაიანგარიშებენ ისევე, როგორც ნებისმიერ ნაერთში ელემენტის მასურ წილს ცნობილი მოლეკულური ფორმულით. მაგალითად, აზოტიან სასუქ ნატრიუმის გვარჯილაში NaNO_3 აზოტის მასური წილის განსაზღვრავად ჯერ პოულობენ NaNO_3 -ის ფარდობით მოლეკულურ მასას:

$$\text{Mr}(\text{NaNO}_3) = 23 + 14 + 48 = 85;$$

შემდგომ აზოტის ფარდობით ატომურ მასას $\text{Ar}(\text{N}) = 14$ გაყოფენ ნაერთის ფარდობით მოლეკულურ მასაზე და შედეგს პროცენტებით გამოსახავენ:

$$\frac{14 \cdot 100\%}{85} = 16,5\%.$$

სასუქებში P_2O_5 და K_2O -ის მასური წილის განსაზღვრისას საჭიროა გავითვალისწინოთ, რომ თვით სასუქებში არ არის ამ ფორმულების შესაფერისი ნაერთები და ამიტომ გამოთვლა პირობით ხასიათს ატარებს. მაგალითად, ორმაგ სუპერფოსფატში $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ P_2O_5 -ის მასურ წილს შემდეგნაირად გაიანგარიშებენ:

1) იპოვიან კალციუმის დიჰიდროფოსფატის ფარდობით მოლეკულურ მასას:

$$\text{Mr}[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = 40 + 4 + 62 + 128 = 234$$

და ფოსფორ(V)-ის ოქსიდის ფარდობით მოლეკულურ მასას:

$$\text{Mr}(\text{P}_2\text{O}_5) = 62 + 80 = 142;$$

2) რაკი ვიცით ფოსფორ(V)-ის ოქსიდის ფარდობითი მოლეკულური მასა და გავითვალისწინებთ, რომ ორივე შესაღარებელი ნივთიერების მოლეკულები შეიცავს ფოსფორის ატომთა ერთნაირ რაოდენობას (ორ-ორ ატომს), მეორე რიცხვს გავყოფთ პირველზე და შედეგს გავამრავლებთ 100-ზე. ფოსფორ(V)-ის ოქსიდის მასური წილი კალციუმის დიჰიდროფოსფატში უდრის:

$$\frac{142 \cdot 100\%}{234} = 60,7\%.$$

ახლა განვიხილოთ, როგორ განსაზღვრავენ სასუქებში K_2O -ს მასურ წილს. ვთქვათ, საჭიროა ვიპოვოთ K_2O -ს მასური წილი, რომელიც სუფთა კალიუმის ქლორიდს KCl უპასუხებს. ამისათვის აუცილებელია:

1) გამოვიანგარიშოთ კალიუმის ქლორიდის ფარდობითი მოლეკულური მასა:

$$Mr(KCl) = 39 + 35,5 = 74,5$$

და კალიუმის ოქსიდის ფარდობითი მოლეკულური მასა:

$$Mr(K_2O) = 78 + 16 = 94.$$

2) რაკი ვიცით კალიუმის ოქსიდის ფარდობითი მოლეკულური მასა და გავითვალისწინებთ, რომ კალიუმის ქლორიდის მოლეკულა შეიცავს კალიუმის ერთ ატომს, ხოლო კალიუმის ოქსიდის მოლეკულა — ორ ატომს, კალიუმის ოქსიდის ფარდობითი მოლეკულური მასა უნდა გავყოთ კალიუმის ქლორიდის გაორგეობულ ფარდობით მოლეკულურ მასაზე და შედეგი 100-ზე გავამრავლოთ:

$$\frac{94 \cdot 100\%}{2 \cdot 74,5} = 63,1\%.$$

აუცილებელია, რომ გამოსაყენებელ სასუქებში საკვები ელემენტები რაც შეიძლება მეტი იყოს, რატომ არის ეს ასე მნიშვნელოვანი? მინერალური სასუქების წარმოება წელიწადში მილიონ ტონობით აღირიცხება. ეს მრავალტონიანი პროდუქტებია. საჭიროა მათი ქარხნებში შეფუთვა, რკინიგზის ვაგონებში ჩატვირთვა, გადატანა, გადმოტვირთვა, საწყობებში შენახვა, ნიადაგში შეტანა. ეს შრომატევადი ოპერაციები დიდ ხარჯებთან არის დაკავშირებული. ამ ხარჯების შესამცირებლად აფართოებენ დიდი რაოდენობით კვების ელემენტების შემცველი კონცენტრირებული სასუქების წარმოებას. მაგალითად, მარტივი სუპერფოსფატის ნაცვლად, რომელიც 20%-მდე P_2O_5 -ს შეიცავს, აწარმოებენ 48%-მდე P_2O_5 შემცველობის ორმაგ სუპერფოსფატს.

შენახვის დროს ზოგიერთი სასუქი იტკეპნება, მსხვილი კომპტები ან მთლიანი ბელტები წარმოიქმნება. გამოყენების წინ აუცილებელია მათი დაქუცმაცება. ეს შრომატევადი ოპერაციაა. ზოგიერთი სასუქის დატკეპნა ძირითადად მათი ჰიგროსკოპულობით არის გამოწვეული. სასუქები, რომლებიც შედარებით მშრალი ჰაერიდანაც კი შთანთქავენ ტენს, ძლიერ ჰიგროსკოპულ სასუქებად ითვლება, მათ მიეკუთვნება, მაგალითად, ამონიუმის გვარჯილა. სასუქებს, რომლებიც 80%-ზე მეტი ფარდობითი ტენიანობის ჰაერიდანაც კი არ ითვისებენ ტენს, არაჰიგროსკოპულ სასუქებად თვლიან. არაჰიგროსკოპული სასუქის მაგალითია ამონიუმის სულფატი.

სასუქები მარცვლების სახით (2 — 4 მმ დიამეტრით) — გრანულირებული სასუქები, როგორც წესი, ნაკლებად იტკეპნება, ამასთან ნიადაგში მათი შეტანა უფრო მოხერხებულია. მწკრივში შეტანისას მათ მნიშვნელოვნად უფრო ეფექტურად იყენებენ მცენარეები, ვიდრე ფხენილისებრს. ამიტომ ამჟამად მრავალ სასუქს გრანულირებული სახით უშვებენ.

ახლა ფართოდ იყენებენ თხევად სასუქებს: თხევად ამიაკს, ამიაკის წყალს (წყალში ამიაკის ხსნარი ამიაკის მასური წილით 0,20—0,25), ამონიუმის გვარჯილის წყალხსნარებს, კომპლექსური სასუქების ხსნარებს, რომლებიც აზოტს, ფოსფორს, კალიუმსა და მიკროელემენტებს შეიცავს. თხევადი სასუქები უფრო იაფია, ვიდრე მყარი, მაგრამ ნიადაგში მათი შეტანისათვის აუცილებელია განსაკუთრებული მოწყობილობანი.

1. შედარეთ აზოტის მასური წილი შემდეგ სასუქებში: NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 . ამ სასუქებიდან რომელს შეიძლება ვუწოდოთ კონცენტრირებული? როგორია კონცენტრირებული სასუქების ეკონომიკური უპირატესობანი?

2. გამოიანგარიშეთ საკვებ ნივთიერებათა მასური წილი: ა) ორმაგ სუპერფოსფატი, (ჩათვალეთ იგი სუფთა დიჰიდროფოსფატად), ბ) სუფთა კალიუმქლორიდში, გ) სილვინიტში, რომელიც 28% KCl შეიცავს, ზოლო დანარჩენი NaCl -ია.

3. გამოიანგარიშეთ საკვები ელემენტების მასური წილი $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ -ში KNO_3 -ში, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ -ში. შეიძლება თუ არა ამონიუმის გვარჯილა შევეუროთ კირს?

4. გამოიანგარიშეთ აზოტის მასური წილი თხევად ამიაკსა და 25-პროცენტთან ამიაკის წყალში. შედარეთ იგი მყარ სასუქებში აზოტის შემცველობას, მაგალითად, კალიუმის ნიტრატსა და ამონიუმის გვარჯილაში.

5. გამოთვალეთ, რამდენი მასა ამონიუმის გვარჯილა, ორმაგი სუპერფოსფატი, კალიუმის ქლორიდი უნდა შევიტანოთ შაქრის ჭარხლის ნათესებში, თუ ჰექტარზე ნორმით საჭიროა 75 კგ N, 80 კგ P_2O_5 , 80 კგ K_2O .

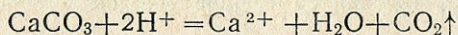
§ 26. ნიადაგების მელიორაცია

ნიადაგების მელიორაცია (ლათინურიდან „მელიორაცია“ — „გაუმჯობესება“) ეწოდება მეთოდებს, რომლებიც ხანგრძლივი დროით აუმჯობესებს მათ თვისებებს. ეს არის ჰიდროტექნიკური, სატყეოტექნიკური და ქიმიური მეთოდები.

მცენარეებისათვის განვითარების ყოველ სტადიაზე სიცოცხლის საუკეთესო ხელსაყრელი პირობები იქმნება ნიადაგის ხსნარის გარკვეული შედგენილობის დროს. ამასთან განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ხსნარის რეაქციას, რომელიც დამოკიდებულია მასში წყალბადის იონთა კონცენტრაციაზე.

საბჭოთა კავშირში ბევრი მყავე ნიადაგია. ძლიერ სუსტია მათში წყალბადის იონთა კონცენტრაცია და მაინც ბევრად აღემატება მათ კონცენტრაციას სუფთა წყალსა და ნეიტრალურ ხსნარებში. მცენარისათვის მავნებელია წყალბადის იონების მნიშვნელოვანი სიჭარბე არა

მარტო თავის თავად. მეტისმეტად მყავე ნიადაგებში მკვეთრად ქვე-
ითდება სასაგებლო მიკროორგანიზმების ცხოველქმედება. ასეთ ნია-
დაგებს არაღამაკმაყოფილებელი ფიზიკური თვისებები აქვს. ისინი
ჰაერსა და წყალს ცუდად ატარებენ. მყავე ნიადაგების თვისებათა გა-
უმჯობესებას აღწევნ ქიმიური მელიორაციით გააკირიანების
გზით, ე. ი. ნიადაგებში კირქვიანი მასალების — ჩამქრალი კირის
 Ca(OH)_2 ან კირქვის CaCO_3 შეტანით, უფრო ხშირად იყენებენ
ძლიერ გავრცელებულ ბუნებრივ მინერალს — დაფხვნილ კირქვას,
კირქვა წყალში უხსნადი კალციუმის კარბონატი CaCO_3 . მყავე ნია-
დაგში ეს ნაერთი წყალბადის იონებთან რეაგირებს:



ამის გამო მჟავიანობა იკლებს, ხოლო ნიადაგი ფხვიერდება და ხდება
წყლისა და ჰაერისათვის უფრო შეღწევადი.

ერთჯერადი მოკირიანების მოქმედება მოსავალზე გავლენას ახ-
დენს ხანგრძლივად — 15 წლამდე.

კირიანი მასალების წარმოება მუდმივად იზრდება და 1990 წლი-
სათვის 100 მლნ. ტონას მიაღწევს.

?

1. რა არის ნიადაგების მელიორაცია?

2. რა გავლენას ახდენს ნიადაგის მჟავიანობა მოსავალზე? რატომ?

▲

3. რა არის გაკირიანება? როდის იყენებენ მას და რა გავლენას ახდენს იგი მო-
სავალზე? დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები, რომლებიც ხდება ნიადაგის
ხსნარში გაკირიანების დროს.

4. ნიადაგები ძალიან მჟავედ ითვლება, თუ ნიადაგის ხსნარი შეიცავს წყალ-
ბადის იონებს 300-ჯერ მეტი კონცენტრაციით, ვიდრე სუფთა წყალშია.
როგორია 1 ლ ასეთ ხსნარში არსებული წყალბადის იონების კონცენტრაცია,
თუ წყლის დისოციაციის ხარისხი ჩვეულებრივ პირობებში უდრის $2 \cdot 10^{-9}$?

§ 27. აზოტბიანი სასუქები

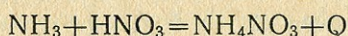
ქიმიურ ქარხნებში ამიაკისა და აზოტმჟავასაგან იღებენ სხვადა-
სხვანაირ აზოტბიან და კომპლექსურ (აზოტის შემცველ) სასუქებს.
მყარი აზოტბიანი სასუქებიდან უფრო მეტად კონცენტრირებულია
შარდოვანა ანუ კარბამიდი $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. ჰაერის ზომიერი ტენიანობის
დროს იგი არ შთანთქავს წყალს, ამიტომ შენახვისას ნაკლებად იტკეპ-
ნება, ნიადაგში შარდოვანა გარდაიქმნება ამონიუმის მარილებად.

შარდოვანას საკვებადაც იყენებენ. ქიმიურ მრეწველობაში იგი
პლასტმასებისა და მრავალი სხვა პროდუქტის წარმოებისათვის ნედ-
ლეულის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს სახედ ითვლება. ჩვენს ქვეყანა-

ში ქიმიური მრეწველობის განვითარების გეგმით გათვალისწინებულია მისი წარმოების მოცულობის მნიშვნელოვანი გაზრდა.

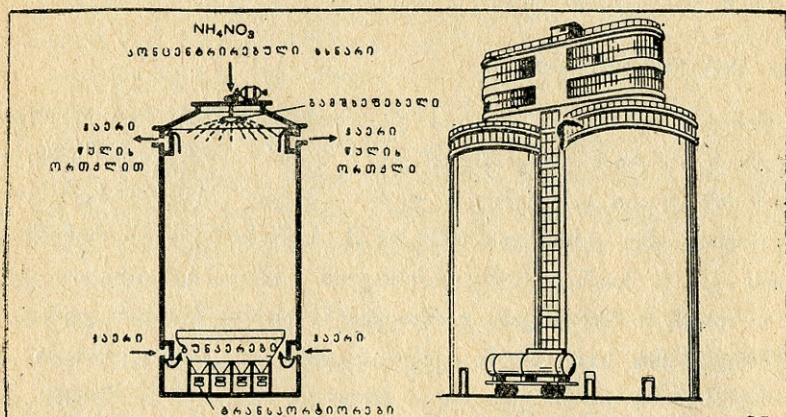
ამჟამად აზოტიანი სასუქებიდან ფართოდ იყენებენ ამონიუმის ნიტრატს „ამონიუმის გვარჯილის“ სახელწოდებით. მასში აზოტის მასური წილი უფრო მეტია, ვიდრე ყველა დანარჩენ მყარ აზოტიან სასუქებში, შარდოვანას გარდა. მის დიდ ნაკლად ითვლება ტკეზნადობა, რასაც თავიდან იცილებენ გრანულირებით და ისეთი ნივთიერებების დამატებით, რომლებიც ხელს უშლის ტენის შთანთქმას. ამონიუმის გვარჯილა უნდა შევინახოთ ტენის შეუღწევად, მაგალითად, პოლიეთილენის ტომრებში.

ამონიუმის გვარჯილას იღებენ ამიაკით აზოტმყავას ნეიტრალიზაციის გზით:



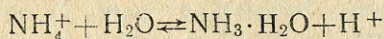
ეს რეაქცია ეგზოთერმული და შეუქცევადია. საწყისი ნივთიერებები მთლიანად შედის რეაქციაში, თუ ისინი აღებულია ქიმიური განტოლების შესაბამისი რაოდენობებით. რეაქციის სითბოს ხარჯზე ამონიუმის გვარჯილის მისაღები ხსნარის ტემპერატურა იმატებს, რის შედეგადაც წყალი ნაწილობრივ ორთქლდება და ხსნარი კონცენტრირდება. მაღალკონცენტრირებული ხსნარის — ნაღობის მისაღებად მას დამატებით ახურებენ და აწვდიან მაღალი კოშკების ზევით — მბრუნავ გამშხეფებელში (სურ. 19). კოშკში ქვემოდან ნაღობის წვეთების შესახვედრად მოძრაობს ჰაერი. მასთან შეხებისას წვეთები ცივდება და მყარდება. მიიღება 1—3 მმ დიამეტრის მარცვლები — გრანულები.

ამონიუმის გვარჯილას, როგორც სასუქს, ორი ნაკლი აქვს: იგი ჰიგროსკოპულია და ამიტომ, როგორც უკვე აღინიშნა, ძლიერ იტკეპ-



სურ. 19. გრანულაციის კოშკი: მარცხნივ — კრილში, მარჯვნივ — საერთო ხედ.

ნება; მეორეც, მუავე ნიადაგებზე მისი გამოყენებისას ნიადაგის მუა-
ვიანობა უფრო იმატებს ჰიდროლიზის ხარჯზე, რომელშიც ამონიუმის
იონი NH_4^+ მონაწილეობს:



ჰიდრატირებული ამიაკი

ეს ნაკლოვანებანი არ გააჩნია სხვა კონცენტრირებულ აზოტიან
სასუქს — კარბამიდს, რომლის წარმოება სულ უფრო ფართოვდება.

დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მხოლოდ მყარ, არამედ თხევად და
აზოტიან სასუქებსაც (იხ. § 25).

კარბამიდისა და ამონიუმის გვარჯილის გარდა, აზოტის შემცველ
სხვა სასუქებსაც იყენებენ (იხ. ცხრილი 5).

ცხრილი 5

აზოტის შემცველი სასუქები

სასუქის სახელწოდება	ქიმიური შედგენილობა
მარტივი	
მყარი	
ამონიუმის გვარჯილა	NH_4NO_3
კარბამიდი (მარდოვანა)	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
ამონიუმის სულფატი	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
ნატრიუმის გვარჯილა	NaNO_3
კალციუმის გვარჯილა	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
თხევადი	
თხევადი უწყველი ამიაკი	NH_3
ამიაკიანი წყალი	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
ამონიუმის გვარჯილისა და ამიაკის წყალხსნარი	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
კომპლექსური	
კალიუმის გვარჯილა	KNO_3
ამოფოსი	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
ამოფოსკა	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KCl}$
ნიტროამოფოსი	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$
ნიტროამოფოსკა	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$

?

1. ამონიუმის სულფატს იღებენ კოქსიმიურ ქარხნებში, გაწავებული გო-
გირდმევათი კოქსის აირში არსებული ამიაკის განეიტრალებით 100% მა-
სური წილიდან რა მასის მქონე გოგირდმევაა აუცილებელი 1 ტ ამონიუ-
მის სულფატის მისაღებად (დანაკარგებს ნუ გაითვალისწინებთ.)

▲

2. შეადარეთ ქარხნებში ა) ამონიუმის გვარჯილის ბ) ამონიუმის სულფატის
გ) ნატრიუმის გვარჯილის მისაღებად აუცილებელი ნედლეულის სახეობანი.
ამ წარმოებათაგან რომელს ესაჭიროება უფრო ხელმისაწვდომი ნედლეული?

3. რატომ შთანთქავს გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილა პაერიდან წყლის ორთქლს უფრო ნელა, ვიდრე ფხვნილისებრი?

4. თქვენს ხელთ არსებული მონაცემების საფუძველზე შეადგინეთ საწარმოო ოპერაციების სია (წარმოების მსვლელობის მიხედვით), რომელიც საჭიროა: ა) მყარი ამონიუმის გვარჯილის, ბ) თხევადი აზოტიანი სასუქის — ამიაკის წყლის მისაღებად? ამ სასუქთაგან, რომლის წარმოებისათვის იქნება საჭირო სახსრების უმცირესი დანახარჯები, თუ ისინი მიიღება ერთნაირი რაოდენობით?

§ 28. ფოსფორიანი სასუქები

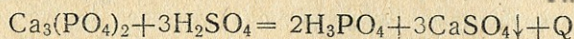
ფოსფორიანი სასუქების, ფოსფორისა და ყველა ფოსფორიანი ნაერთის ნედლეულად იხმარება აპატიტისა და ფოსფორიტის მადნები, აპატიტების შედგენილობა უფრო ხშირად გამოისახება ფორმულით $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (ფთორაპატიტი). ფოსფორიტები ფთორაპატიტებისაგან განსხვავდება იმით, რომ მათში F^- იონთა ნაცვლად არის OH^- ან CO_3^{2-} იონები. ჩვეულებრივ ფოსფორიტები შეიცავენ უფრო მეტ მინარევებს, ვიდრე ფთორაპატიტი.

რევოლუციამდელ რუსეთში ცნობილი იყო და მუშავდებოდა მხოლოდ დაბალი ხარისხის ფოსფორიტის მცირე სიმძლავრის საბადოები. ამიტომ უდიდესი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობის მოვლენა იყო 20-იან წლებში აპატიტების საბადოების აღმოჩენა კოლის ნახევარკუნძულზე ხიბინებში. აქ აგებულია დიდი გამამდიდრებელი ფაბრიკა, რომელიც მოპოვებულ ქანს ყოფს ფოსფორის დიდი შემცველობის კონცენტრატად და მინარევებად — „ნეფელინიან კუდებად“, რომლებსაც იყენებენ ალუმინის, სოდის, პოტაშისა და ცემენტის წარმოებისათვის.

ფოსფორიტის მძლავრი საბადოები აღმოჩენილია სამხრეთ ყაზახეთში, ყარა-თაუს მთებში.

ყველაზე იაფი ფოსფორიანი სასუქია წვრილად დაქუცმაცებული ფოსფორიტი — ფოსფორიტის ფქვილი. იგი ფოსფორს შეიცავს წყალში უხსნადი კალციუმის ფოსფატის სახით. ამიტომ ფოსფორიტის ათვისება ყველა მცენარეს არ შეუძლია და არც ყველა ნიადაგშია. მოპოვებული ფოსფორის მადნების ძირითად მასას ქიმიური მეთოდებით გადაამუშავებენ ნებისმიერ ნიადაგში ყველა მცენარისათვის შესათვისებელ ნივთიერებად. ეს წყალში ხსნადი კალციუმის ფოსფატებია: კალციუმის დიჰიდროფოსფატი $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, რომელიც სუპერფოსფატის შედგენილობაში შედის, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ და $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ნარევი — ამოფოსი, კალციუმის ჰიდროფოსფატი CaHPO_4 (პრეციპიტატი), რომელიც წყალში ცუდად ხსნადია, მაგრამ სუსტ მჟავებში იხსნება და სხვ. ხსნადი ფოსფატების წარმოებისათვის აუცილებელია ფოსფორმჟავა. როგორ მივიღოთ იგი ბუნებრივი ნედლეულისაგან?

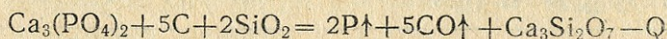
გოგირდმჟავასთან კალციუმის ფოსფატის ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება თითქმის უხსნადი კალციუმის სულფატი და ფოსფორმჟავას წყალხსნარი:



რეაქციის პროდუქტებს დაყოფენ გაფილტვრით. ამ რეაქციაში მონაწილეობს ორი ნივთიერება: ერთი — მყარი, მეორე — თხევადი. ამიტომ რეაქციის დასაჩქარებლად ნედლეულს წინასწარ აქუცმაცებენ და რეაქციის მსვლელობაში გოგირდმჟავასთან შეურევვენ. ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით, რომლის გამოც გოგირდმჟავასთან ერთად შერეული წყალი ორთქლდება ნაწილობრივ.

ფოსფორმჟავას წარმოების ამ ხერხის ნაკლი იმაში მდგომარეობს, რომ ფთორაპატიტის, როგორც საწყისი ნედლეულის გამოყენებისას ფთორიდ-იონთა ნაწილი ხსნარში გადადის და ფოსფორმჟავას აბინძურებს. მინერალურ სასუქებში ფთორიდ-იონები არასასურველი მინარევია, ამასთან ფთორიდების შემცველი ფოსფატები არ შეიძლება გამოვიყენოთ, მაგალითად, მეცხოველეობისათვის აუცილებელი დამატებითი საკვების საწარმოებლად.

უფრო სუფთა ფოსფორმჟავას იღებენ მაღალ ტემპერატურაზე საწყისი ფოსფატების აღდგენაზე დაფუძნებული ხერხით. ბუნებრივ ფოსფატებს აღადგენენ ნახშირით სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდის მონაწილეობით, დაახლოებით 1600°C ტემპერატურაზე და იღებენ ფოსფორის ორთქლს:



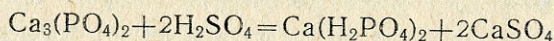
აღდგენა ხდება ელექტრულ რკალურ ღუმელებში. ფოსფორს ჟანგვენ და წარმოქმნილი ფოსფორ (V)-ის ოქსიდის წყალთან ურთიერთქმედებით ე. წ. თერმულ ფოსფორმჟავას იღებენ, ასეთი მჟავა თითქმის არ შეიცავს ფთორიდს. ფოსფორმჟავას წარმოების ამ ხერხის მეორე ღირსება ისაა, რომ შეიძლება ფოსფატების შედარებით ნაკლები შემცველობის ნედლეულის გამოყენება, თერმული ფოსფორმჟავას წარმოება უკანასკნელ წლებში განუხრელად ფართოვდება.

ამა თუ იმ ხერხით მიღებულ ფოსფორმჟავას იყენებენ მყარი მინერალური სასუქების საწარმოებლად. მაგალითად, თუ ფოსფორმჟავათი ვიმოქმედებთ ბუნებრივ ფოსფატებზე, მაშინ შეიძლება მივიღოთ ორმაგი სუპერფოსფატი:



მარტივი სუპერფოსფატისაგან განსხვავებით ორმაგი სუპერფოსფატი არ შეიცავს კალციუმის სულფატის მინარევებს (ბალასტს). ამიტომ მასში P_2O_5 მასური წილი ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე მარტივ სუპერფოსფატში (სახელწოდება „ორმაგი სუპერფოსფატი“ დაკავშირებულია იმასთან, რომ მისი მიღება მიმდინარეობს ორ სტადიად: ფოსფორმჟავას მიღება და სუპერფოსფატის მიღება).

100 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში ფოსფორიან სასუქად ფართოდ იყენებდნენ, ე.წ. მარტივ სუპერფოსფატს, რომელიც წარმოიქმნება ბუნებრივ კალციუმის ფოსფატზე გოგირდმჟავას მოქმედებით:



ამ შემთხვევაში კალციუმის ფოსფატთან რეაქციაში შედის შედარებით ნაკლები გოგირდმჟავა, ვიდრე მისგან ფოსფორმჟავას მიღების დროს. მიიღება კალციუმის დიჰიდროფოსფატისა და კალციუმის სულფატის ნარევი. ეს სასუქია P_2O_5 მასური წილით არაუმეტეს 20%-ისა. ახლა მარტივ სუპერფოსფატს აწარმოებენ შედარებით მცირე მასშტაბით ადრე აგებულ ქარხნებში.

ფოსფორმჟავას ამიაკთან ურთიერთქმედებით მიიღება უფრო ძვირფასი რთული სასუქი — ამოფოსი, რომელიც ფოსფორთან ერთად შეიცავს აზოტსაც. ორმაგ სუპერფოსფატსა და ამოფოსს ფართოდ იყენებენ სოფლის მეურნეობაში. ფოსფორიანი სასუქების მაგალითები მე-6 ცხრილშია მოცემული.

ცხრილი 6

ფოსფორის შემცველი სასუქები

სასუქის დასახელება	ქიმიური შედგენილობა
მარტივი	
ორმაგი სუპერფოსფატი მარტივი სუპერფოსფატი ფოსფორიტის ფქვილი ძვლის ფქვილი პრეციპიტატი მარტენის ღუმლების წილა	$Ca(H_2PO_4)_2$ $Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$ $Ca_3(PO_4)_2$ $Ca_3(PO_4)_2$ $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ რთული შედგენილობა. შეიცავს P, Ca, Si, C, Fe და სხვა ელემენტებს
კომპლექსური	
ამოფოსი ამოფოსკა ნიტრამოფოსი	$(NH_4)_2HPO_4 + NH_4H_2PO_4$ $(NH_4)_2HPO_4 + NH_4H_2PO_4 + KCl$ $NH_4H_2PO_4 + NH_4NO_3$

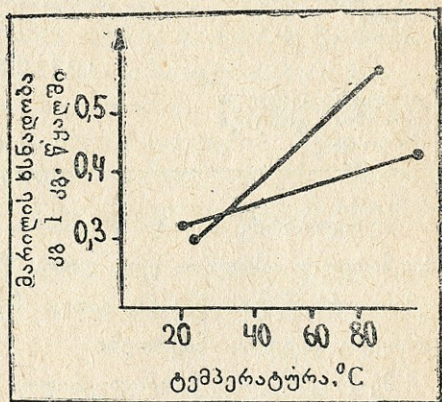
? 1*. როგორია მინერალ ფთორაპატიტის მასური წილი ჰიბინის აპატიტ-ნეფელინიან ქანში, თუ კონცენტრატი შეიცავს 39,4% P_2O_5 და თუ ვივარაუდებთ, რომ ფთორაპატიტი მთლიანად გამოყოფილია?

2. რატომ აღიღებს ფოსფორიტის ფქვილის ეფექტურობას ფოსფორიტის წვრილად დაფხვანა? რატომ არის მიზანშეწონილი თესვამდე მზრალად ხვნის დროს ნიადაგში ფოსფორიტის ფქვილის შეტანა და კარგად შერევა ნიადაგთან? როგორ ავსნათ, რომ ფოსფორიტის ფქვილის მოქმედება გრძელდება რამდენიმე წლის განმავლობაში?

§ 29. კალიუმის სასუქები

ოქტომბრის რევოლუციამდე რუსეთში კალიუმის არც ერთი საბადო არ იყო ცნობილი. მაგრამ უკვე 20-იან წლებში გეოლოგიურ ძიებათა შედეგად სოლიკამსკში აღმოჩნდა საბადო, რომელიც უდიდესია მსოფლიოში. აქ 100-დან 300 მ-მდე სიღრმეში მილიარდი ტონობითაა ჩაწოლილი სილვინიტი. სილვინიტი კალიუმის ქლორიდისა და ნატრიუმის ქლორიდის შეზრდილი კრისტალებია. კალიუმის მარილებს მოიპოვებენ აგრეთვე ბელორუსიაში, სადაც აშენდა კალიუმის კომბინატები. საბჭოთა კავშირში კალიუმის მარილების ულველი მარაგია. მათი მოპოვება წლიურად ათეულობით მილიონ ტონას აღწევს. კალიუმიანი სასუქის დიდი ნაწილი ჩვენს ქვეყანაში სილვინიტისაგან მიიღება.

როგორ დავაცილოთ კალიუმის ქლორიდი ნატრიუმის ქლორიდს? ტემპერატურის შემცირებისას ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობა თითქმის არ იცვლება, ხოლო კალიუმის ქლორიდის ხსნადობა მკვეთრად იცვლება (სურ. 20). ამიტომ 100°C დროს სილვინიტის გაჯერებული წყალხსნარის ოთახის ტემპერატურამდე გაცივებისას კალიუმის ქლორიდის მნიშვნელოვანი ნაწილი ხსნარიდან გამოიყოფა. კრისტალებს გაფილტვრით აცილებენ, ხოლო ხსნარს სილვინიტის შემდეგი ულუფის გასახსნელად იყენებენ. ეს ხერხი ხორციელდება მრეწველობაში, ოღონდაც იგი საკმაოდ რთულია, დიდ კაპიტალდაზანდებებს და ენერგიის ხარჯვას მოითხოვს. ამიტომ დაინერგა კალიუმისა და ნატრიუმის ქლორიდების დაყოფის უფრო ხელსაყრელი ფლოტაციური („ფლოტაცია“—ამოტივტი-



სურ. 20. ტემპერატურასთან ერთად კალიუმის ქლორიდისა და ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობის ცვლა.

გება) ხერხი. სილვინიტის მადანს აწვრილმანებენ და ნაჯერ ხსნარში ათავსებენ. ხსნარს უმატებენ რეაგენტს, რომელიც კალიუმის ქლორიდის ნაწილაკების ზედაპირზე შეკავდება, ნატრიუმის ქლორიდისაზე კი არა. კალიუმის ქლორიდი ნაწილაკების ზედაპირზე რეაგენტის არსებობის გამო წყლით ალარ სველდება, ნატრიუმის ქლორიდის ნაწილაკებისაგან განსხვავებით. ამ ნარევეში ჰაერის ჩატუმბვის დროს მისი ბუშტულები კალიუმის ქლორიდის მარცვლების ზედაპირზე ფიქსირდება. ისინი ამოტივტივდება და სცილდება ქაფთან ერთად. მრავალ მცენარეზე ცუდად მოქმედებს ნიადაგში ქლორიდ-იონების სიჭარბე. ასეთი მცენარეებია: კარტოფილი, ვაზი, თამბაქო. ქლორიდ-იონების მაგნე ზემოქმედებასთან ბრძოლის ერთ-ერთ ღონისძიებად ითვლება, შემოდგომაზე ქლორიდების შემცველი სასუქების შეტანა იმ ვარაუდით, რომ ანიონები გამოირეცხოს ნიადაგიდან. მაგრამ უმჯობესია კალიუმის ქლორიდების შეცვლა უქლორო სასუქებით, როგორცაა ფოსფატი, კალიუმის სულფატი ან კალიუმის ნიტრატი.

ცხრილი 7

კალიუმის შემცველი სასუქები

სასუქების დასახელება	ქიმიური შედგენილობა
მ ა რ ტ ი ვ ი	
კალიუმის ქლორიდი	KCl
კალიუმის სულფატი	K ₂ SO ₄
მცენარეული წარმოშობის ნაცარი	რთული შედგენილობა. შეიცავს K ₂ CO ₃
კ ო მ პ ლ ე ქ ს უ რ ი	
კალიუმის გვარჯილა	KNO ₃
კალიუმის ფოსფატი	K ₃ PO ₄
ამოფოსკა	(NH ₄) ₂ HPO ₄ + NH ₄ H ₂ PO ₄ + KCl

ადგილობრივ მაღალხარისხოვან კალიუმიან სასუქად ითვლება მცენარეულ მასალათა წვის დროს წარმოქმნილი ნაცარი. მასში კალიუმის კარბონატის K₂CO₃ გარდა შედის აგრეთვე ფოსფორის და მიკროელემენტების ნაერთები.

მე-7 ცხრილში წარმოდგენილია კალიუმის შემცველი სასუქების მაგალითები.

- 7 1. რა ხერხებს იყენებენ მრეწველობაში ნატრიუმის ქლორიდისაგან კალიუმის ქლორიდის დასაცილებლად?

2. რატომ ინარჩუნებს ნიადაგში ზოგიერთი ფოსფორიანი სასუქი თავის საკვებ ღირებულებას რამდენიმე წლის განმავლობაში, ხოლო კალიუმის სასუქების შეტანა ნიადაგში საჭიროა ყოველწლიურად?

3. რომელ საკვებ ელემენტებს შეიცავს კომპლექსური სასუქი გვარჯილა? როგორია ამ სასუქში ყოველი საკვები ელემენტის მასური წილი?

§ 80. მინერალური სასუქების წარმოების განვითარება

სსრ კავშირში. მინერალური სასუქების როლი

სასურსათო პროგრამის შესრულებაში

ოქტომბრის რევოლუციამდე რუსეთში სასუქებს აწარმოებდნენ უმნიშვნელო რაოდენობით — 18 ათას ტ-მდე (მონაცემები ემყარება მინერალური სასუქების წარმოების მოცულობის შესახებ მათში საკვებ ელემენტთა 100%-იან შემცველობას). საბჭოთა ხელისუფლების დამყარების პირველი დღეებიდანვე ჩვენი სახელმწიფო უდიდეს მნიშვნელობას ანიჭებდა მინერალური სასუქების წარმოების ყოველმხრივ განვითარებას. ჩვენს ქვეყანაში ჯერ კიდევ პირველ ხუთწლედში (1933 წლისათვის) მინერალური სასუქების წარმოება 1913 წელთან შედარებით 13-ჯერ გაიზარდა, ხოლო მეორე ხუთწლედში კი (1938 წლისათვის) 54-ჯერ. ომისშემდგომ წლებში მინერალური სასუქების წარმოება უფრო სწრაფი ტემპით ვითარდებოდა. ამის შედეგად უკვე 1973 წ. მინერალური სასუქების წარმოებით საბჭოთა კავშირი პირველ ადგილზე გამოვიდა მსოფლიოში.

მინერალური სასუქების უმნიშვნელოვანესი როლი მუდმივად მაღალი მოსავლიანობის უზრუნველყოფისათვის აღნიშნულია სასურსათო პროგრამაში. პროგრამით გათვალისწინებულია 1985 წ. 26,5 მლნ. ტ სასუქებისა, ხოლო 1990 წ. 30—32 მლნ ტ. სასუქების წარმოება. ამასთან განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა სასუქების ხარისხის გაუმჯობესებას, წარმოების საერთო მოცულობაში მაღალკონცენტრირებული და კომპლექსური სასუქების წილის გადიდებას. ასეთი სასუქების წილი 1990 წ. უნდა შეადგენდეს არანაკლებ 90%-ს, ამასთან 1988 წ-დან ყველა სასუქს (ფოსფორიტის ფქვილის გარდა) აწარმოებენ გრანულირებული სახით.

§ 81. ნახშირბადის ქვეჯგუფის ელემენტების ზოგადი დახასიათება

ნახშირბადის ქვეჯგუფი დ. ი. მენდელეევის ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემის IV ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფია. ამ ქვეჯგუფში მოთავსებულია ნახშირბადი C, სილიციუმი Si, გერმანიუმი Ge, კალა Sn, ტყვია Pb.

ნახშირბადის ქვეჯგუფის ყოველი ელემენტის ატომის გარე ელექტრონული შრე შეიცავს ოთხ ელექტრონს; ორ შეწყვილებულ s-ელექტრონს და ორ შეუწყვილებელ p-ელექტრონს.

ამდენივე ელექტრონი აკლია ნახშირბადის ქვეჯგუფის ელემენტთა ატომებს რვა ელექტრონიანი გარე ელექტრონული შრის ფორმირებისათვის მომატებული მდგრადობით. ამიტომ ნაერთების წარმოქმნისას ნახშირბადის ქვეჯგუფის ელემენტების ატომებს შეუძლიათ ან გასცენ ყველა ოთხი ელექტრონი, გამოავლინონ ჟანგვის უმაღლესი ხარისხი +4, ან მიიღონ ოთხი ელექტრონი და გამოავლინონ ჟანგვის ხარისხი -4.

ქვეჯგუფის ელემენტებს უმცირესი რიგობრივი ნომრებით — ნახშირბადსა და სილიციუმს შუალედური მდგომარეობა უკავიათ არალითონებსა და ლითონებს შორის. მათი ატომებისათვის ტიპურია პოლარული კოვალენტური ბმების წარმოქმნა, რომელთა რიცხვი ჩვეულებრივ ოთხს უდრის.

ნახშირბადისა და სილიციუმის უმაღლესი ოქსიდები CO_2 და SiO_2 მჟავურ ოქსიდებად ითვლება, რაც არალითონ-ელემენტებისათვის არის დამახასიათებელი. ორივე ეს ელემენტი წყალბადთან მრავალრიცხოვან მდგრად ნაერთებს იძლევა.

ელემენტის რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად ლითონური თვისებები ძლიერდება. ნახშირბადის ქვეჯგუფში ლითონური თვისებები ქარბობს არალითონურს გერმანიუმში. გარეგნულად გერმანიუმი ლი-

თონს ჩამოგავს, მაგრამ მყიდვეა. სილიციუმის მსგავსად გერმანიუმი ნახევარგამტარებს მიეკუთვნება, ე. ი. ნივთიერებებს, რომლებსაც შუალედური მდგომარეობა უკავიათ ელექტრული დენის არავარგებლობას ანუ იზოლატორებსა (მრავალი არალითონი) და გამტარებს (ლითონებს) შორის. როგორც ნახევარგამტარს, გერმანიუმს ფართოდ იყენებენ რადიოელექტრონიკაში.

ქვევსა და ჯერ კიდევ უფრო მეტი ელემენტების — კალისა და ტყვიის მიერ წარმოქმნილი მარტივი ნივთიერებანი უკვე ავლენენ ლითონის ტიპურ თვისებებს: ლითონურ ბზინვას, მაღალ ელექტრულ გამტარობას და თბოგამტარობას, პლასტიკურობას. კალს გარეგნულად თქვენ იცნობთ მოკალულის (თეთრი) თუნუქისაგან საყოფაცხოვრებო ნაკეთობების მიხედვით (მოკალულის თუნუქი არის კალის თხელი ფენით დაფარული ფურცლოვანი რკინა), ტყვიას კი — სატელეფონო კაბელების გარსებისა და აკუმულატორების ფირფიტების მიხედვით.

როგორც წესი, კალა და ტყვია წარმოქმნის ნაერთებს, რომლებშიც მათი ქანგვის ხარისხია $+2$ და $+4$. წყალბადთან ამ ელემენტების ნაერთების გამძლეობა ძლიერ სუსტია.

ნახშირბადის ქვევსა და ჯერ კიდევ უფრო მეტი ელემენტთაგან მეტად მნიშვნელოვანია ნახშირბადი და სილიციუმი: პირველი — როგორც ცოცხალი ორგანიზმებისა და წიაღისეული საწვავის (ქვანახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი აირი და სხვ.) შედგენილობაში შემავალი უმნიშვნელოვანესი ელემენტი, მეორე — როგორც ელემენტი, რომლის ნაერთები დედამიწის ქერქში ფართოდ არის გავრცელებული.

?

1. შეადგინეთ ნახშირბადის ქვევსა და ჯერ კიდევ უფრო მეტი ელემენტთა ატომების გარე ელექტრული შრის აღნაგობის სქემა.

▲

2. ქანგვის როგორი ხარისხებია დამახასიათებელი ნახშირბადის ქვევსა და ჯერ კიდევ უფრო მეტი ელემენტებისათვის?

3. რომელი წყალბადნაერთი უფრო მტკიცეა CH_4 თუ SnH_4 ? რატომ?

4. როგორ ოქსიდებს — მეფურსა თუ ფუქეოქსიდებს მიეკუთვნება ნახშირბადი(IV)-ის ოქსიდი, ტყვია(II)-ის ოქსიდი?

5. რა თვისებებს ემყარება რადიოელექტრონიკაში გერმანიუმის გამოყენება?

ქიმიური ნიშანი — C.

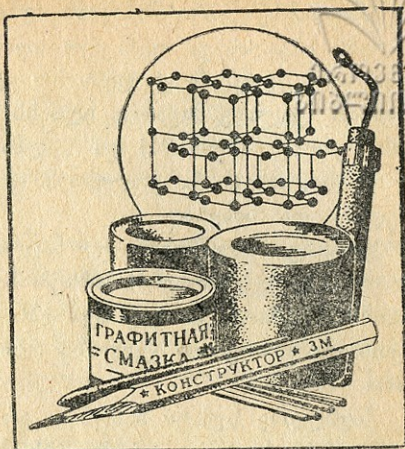
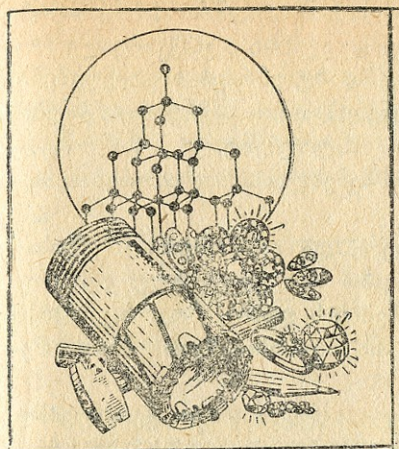
ფარდობითი ატომური მასა — $Ar(C) \approx 12$, ბირთვის მუხტი +6.

§ 32. ნახშირბადის ატომის ელემენტარული ბარის ადნაზობის თავისებულება. ნახშირბადის ალოტროპიული სახეცვლილებანი. გრაფიტისა და ალმასის ფიზიკური თვისებები

ნახშირბადის ატომს გარე ელექტრონულ შრეზე აქვს ორი შეწყვილებული s-ელექტრონი და ორიც შეუწყვილებელი p-ელექტრონი. ამიტომ მოსალოდნელია, რომ ნახშირბადმა წარმოქმნას ორი კოვალენტური ბმა, ე. ი. გამოავლინოს ორის ტოლი ვალენტობა. მაგრამ ნახშირბადის ატომში გარე გარსის შეწყვილებული s-ელექტრონები შეიძლება გაითიშოს. ამ დროს ჩნდება ორი დამატებითი შეუწყვილებელი ელექტრონი. ორი შეწყვილებული s-ელექტრონის ასეთ გათიშვაზე ენერგიის ხარჯი დიდი არ არის. იგი ჭარბად ანაზღაურდება იმის ხარჯზე, რომ ნახშირბადის ატომს, რომელსაც ოთხი შეუწყვილებელი ელექტრონი აქვს, სხვა ატომებთან წარმოქმნის არა ორს, არამედ ოთხ კოვალენტურ ან პოლარულ კოვალენტურ ბმებს. ყოველი ბმის წარმოქმნას თან ახლავს ენერგიის გამოყოფა. ამიტომ, როდესაც ჩნდება ოთხი ბმა და არა ორი, მაშინ მნიშვნელოვნად მეტი ენერგია გამოიყოფა. ამ მიზეზით ნახშირბადისათვის უმეტესად დამახასიათებელია არა ორი ვალენტობა, არამედ ოთხი.

ნახშირბადის ატომის ოთხი შეუწყვილებელი ელექტრონის ურთიერთქმედებას შეუძლია ოთხი ერთნაირი მოგვრით ელექტრონული ღრუბლის გაჩენა. ამ ღრუბლების ღერძები მიმართულია ტეტრაედრის წვეროსაკენ, აზოტის ატომის ბმების მიმართულების ანალოგიურად ამონიუმის NH_4^+ იონში (სურ. 10). ელექტრონული ღრუბლების განლაგების ასეთი ხასიათი შეიძლება იმით აიხსნას, რომ ერთსახე-ლიანად დამუხტული ელექტრონული ღრუბლები სივრცეში განლაგდებიან ერთიმეორისაგან მაქსიმალური დაშორებით.

თავისუფალ მდგომარეობაში ნახშირბადი (ისევე, როგორც თქვენთვის ცნობილი მრავალი სხვა ელემენტი — გოგირდი, ფოსფორი და სხვ.) წარმოქმნის რამდენიმე ალოტროპიულ სახეცვლილებას. ნახშირბადი ერთადერთი ელემენტია, რომლის მიერ წარმოქმნილ მარტივ ნივთიერებებს ელემენტის სახელწოდებისაგან განსხვავებული სპეციალური სახელწოდებები აქვს. მეტი მნიშვნელობა აქვს ნახშირბადის ორ ალოტროპიულ სახეცვლილებას — ალმასსა და



სურ. 21. ალმასის აღნაგობა და მისი გამოყენება. ბრილიანტები, ბურღის და-ბოლოებები მინის საჭრელად, ალმასის „ფანქარი“

სურ. 22. გრაფიტის აღნაგობა და მისი გამოყენება: საზეთავი, ფანქარი, მილისი, ელექტროდი.

გრაფიტს. ორივეს აქვს ატომური კრისტალური გისოსი, მაგრამ განსხვავდებიან მასში ატომების განლაგებით.

ალმასის კრისტალში ყოველი ატომი კოვალენტური ბმებით დაკავშირებულია ოთხ სხვა ატომთან, რომლებიც მის ირგვლივ განლაგებულნი არიან ერთნაირი მანძილით ტეტრაედრის წვეროს მიმართ (სურ. 21). ალმასში ყველა ბმა ერთნაირად მტკიცეა.

გრაფიტში ოთხი შეუწყვილებელი ელექტრონის ურთიერთქმედება იწვევს არა ოთხი ერთნაირი ელექტრონული ღრუბლის გაჩენას, როგორც ეს ხდება ალმასში, არამედ მხოლოდ სამისას. მეოთხე ელექტრონულ ღრუბელს სხვა ფორმა აქვს. სამი ერთნაირად წაგრძელებული ელექტრონული ღრუბელი ერთ სიბრტყეში მდებარეობს და ერთიმეორისადმი მიმართულია 120° -იანი კუთხით. ასეთი განლაგებით ეს სამი ელექტრონული ღრუბელი ერთიმეორისაგან მაქსიმალურად დაშორებულია. როგორც გეომეტრიიდან ცნობილია, 120° კუთხე წესიერი (თანასწორფერდიანი) ექვსკუთხედის შიგა კუთხეა. ერთ სიბრტყეში მდებარე ატომებს შორის ყველა ბმის სიგრძე ერთნაირია. ამიტომ ნახშირბადის ატომები, რომლებიც გრაფიტის ნებისმიერ სიბრტყეს განეკუთვნება, წესიერ ექვსკუთხედებად დალაგდება, რომელთაგან ფენა წარმოიქმნება (სურ. 22).

ფენების შემაკავშირებელი ელექტრონები საკმაოდ მოძრავია და გრაფიტს ელექტროგამტარობას ანიჭებს. სუსტი მექანიკური ზემოქმედებით ბმები სიბრტყეებს შორის ირღევა. ამიტომ გრაფიტის კრისტალები ცალკეულ ქერცლებად იხლიჩება.

სხვადასხვაგვარი შინაგანი აღნაგობის გამო ალმასი და გრაფიტი ავლენს სხვადასხვა ფიზიკურ თვისებებს. ალმასი გამჭვირვალე და უფეროა, ელექტრულ დენს არ ატარებს. ბუნებრივი ნივთიერებებიდან ის ყველაზე მაგარია. ალმასს იყენებენ მინის საჭრელად, ქანების გასაბურღად (სურ. 21) და „ალმასის ინსტრუმენტად“ (საჭრისები, ბურღები, სახეხი ქარგოლები მანქანათმშენებლობაში ლითონების საჭრელად და სახეხად.

გრაფიტი გაუმჭვირვალი ნაცრისფერი და ლითონური ბზინვისაა. მოძრავი ელექტრონების არსებობის გამო იგი ელექტრულ დენს და სითბოს საკმაოდ კარგად ატარებს, შეხებისას ლიპია, როგორც საპოხი ზეთი და ერთ-ერთი ყველაზე რბილი ნივთიერებაა მყარ ნივთიერებათა შორის.

ქაღალდზე სუსტი ხახუნით გრაფიტი იშლება თხელ ქერცლებად, რომლებიც ქაღალდის ბოჭკოებს შორის გაიჭედება და მასზე ნაცრისფერ კვალს ტოვებს, მაგალითად, გრაფიტის ფანქრით წერის დროს. აქედან წარმოდგა გრაფიტის სახელწოდებაც (ლათინურად — „დამწერი“). გრაფიტი რბილია, ამის გამო მისი ფხვნილი ცვლის საპოხ ზეთებს მაღალი, აგრეთვე მეტისმეტად დაბალი ტემპერატურის დროს, თავისი ლიპი ქერცლებით ფარავს ღერძსა და მილისის შორის ღრეჩოს. ამ შემთხვევაში იყენებენ აგრეთვე დაბრეხილი გრაფიტის მილისიან საკისრებს. კარგი ელექტროგამტარობის გამო კი გრაფიტს იყენებენ მასალად ელექტროდებისათვის (სურ. 22.).

დედამიწის ქერქში თავისუფალი ნახშირბადი გვხვდება გრაფიტისა და ალმასის ცალკეული კრისტალების სახით: გრაფიტი — საკმაოდ ხშირად, ალმასი ძლიერ იშვიათად. საბჭოთა კავშირში ბუნებრივი ალმასის საბადოებს ამუშავებენ დასავლეთ იაკუტიაში.

ნახშირბადის ალოტროპიული სახესხვაობანი მაღალ ტემპერატურაზე ურთიერთგარდაიქმნებიან. ჩვეულებრივი წნევისას ალმასი გრაფიტად გარდაიქმნება, ხოლო ძალიან მაღალი წნევისას გრაფიტი — ალმასად.

ხელოვნური ალმასისაგან დამზადებული ხელსაწყო არაფრით არ ჩამოუვარდება ბუნებრივი ალმასებისგან დამზადებულ ხელსაწყოს.

საბჭოთა კავშირი მსოფლიოში ერთ-ერთი პირველი ქვეყანაა, სადაც დაინერგა ხელოვნური ალმასის სამრეწველო გამოშვება.

ამორფულ ნახშირბადს ხშირად ვხვდებით მურისა და ნახშირის სახით. მური და ნახშირი აღნაგობით იგივე გრაფიტია, ოღონდ წვრილად დაფხვნილი. ნახშირბადის ამორფულ ფორმებს ვხვდებით ყოფა-ცხოვრებაში, მაგალითად, როცა საკმელი „მიიხრაკება“, ნახშირბადი ნახშირის სახით გამოიყოფა. იგივე ხდება სინჯარაში კვარის ძალიან გახურებისას. ხე შედდება და ნახშირად გარდაიქმნება. ამასთან

წარმოიქმნება საწვავი აირები, ისინი შეიძლება ავანთოთ სინჯარის პირთან ასანთის გაკვრით.

გახურებით ორგანულ ნივთიერებათა ეროდ (რომ ავაცილოთ წვა) დაშლას გამოხდა ანუ პიროლიზი ეწოდება (ბერძნული სიტყვიდან „პირო“ — ცეცხლი, „ლიზის“ — დაშლა, (იხ. „პიდროლიზი“, გვ. 32).

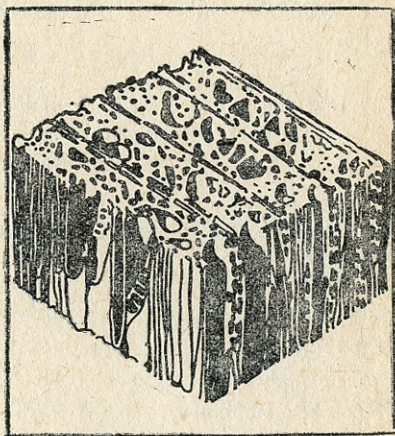
ნახშირბადის ამორფული ფორმების პრაქტიკული გამოყენება სხვადასხვანაირია. მურს შეიცავს სასტამბო საღებავი, რომლითაც ამ წიგნის ასოებია დაბეჭდილი. მისგან ამზადებენ ტუშს. რეზინისათვის მურის დამატება ავტოსაბურავების წარმოებისას ზრდის მათ სიმტკიცეს და გამძლეობის ვადას. საბურავების მრეწველობა მურის მთავარი მომხმარებელია.

კოქსს იყენებენ როგორც მაღალკალორიულ საწვავს და როგორც აღმდგენს მეტალურგიაში მადნებიდან რკინისა და სხვა ლითონების გამოღობის დროს. სპეციალური ხარისხის ნახშირს ადსორბენტებად იყენებენ.

- ?
1. რით განსხვავდება აღნაგობის მიხედვით ერთმანეთისაგან გრაფიტი და ალმასი?
 2. შეადგინეთ ცხრილი, რომელშიც მოყვანილი იქნება ალმასის, გრაფიტის და მურის ფიზიკური თვისებები.
 3. რომელ სფეროებში იყენებენ ძირითადად ალმასს, გრაფიტსა და მურს?

§. 33. ალმასი

თავისუფალი ნახშირბადი (მაგალითად, ხის ნახშირის სახით) არა მხოლოდ არააქროლადი, არამედ უდნობიცაა. ამიტომ ასეთ ნახშირში შემონახულია მერქნის წვრილფოროვანი აღნაგობა, ყველა უწვრილესი არხი, რომლებითაც ხეში მინერალური მარილების ხსარები მოძრაობდა (სურ. 23). 1 გ ნახშირის ფხვნილში არსებული ყველა ნაწილაკის ან 1 გ ხის ნახშირის ნატეხის ყველა ფორისა და არხის ზედაპირს თუ გავზომავთ, მრავალ ათეულ და ასეულ კვადრატულ მეტრ ფართობს მივიღებთ.



სურ. 23. ხის ნახშირში შემონახული მერქნის წვრილფოროვანი აღნაგობა.

ჰაერთან შერეული აზოტ(IV)-ის ოქსიდთან კოლბაში ჩავაგდოთ ნახშირის ნატეხები ან ჩავეყაროთ დანაყილი ნახშირი. აირის მუ-
რა შეფერილობა გაქრება: აზოტ(IV)-ის ოქსიდი ნახშირისაგან
შთანთქმდება. გავახუროთ ნახშირი, აზოტ (IV)-ის ოქსიდი ყველაფე
ნდება კოლბაში, არც ის შეცვლილა. ნახშირის ფხვნილთან შევანჯლ-
რიოთ ლაკმუსის ხსნარი. ხსნარის შეფერვაც გაქრება. ლაკმუსს
შთანთქავს ნახშირი.

ნახშირისა და სხვა მყარი ნივთიერებების მიერ თავის ზედაპირზე
აირის ან გახსნილი ნივთიერების ნაწილაკების შეკავებას ადსორ-
ბცია ეწოდება.

რაც მეტია ნახშირის ფორიანობა, მით მეტი რაოდენობით აირის
ან გახსნილი ნივთიერების შთანთქმა ანუ ადსორბირება შეუძლია
მას, ნახშირის ფორიანობის მისამატებლად მას აქტივებენ უპაეოდ
განმეორებითი გახურებით. ამის შედეგად საბოლოოდ შორდება ნარ-
ჩენები, რომლებიც ნახშირის კაპილარებს ახშობს.

ნახშირი აკავებს ყველა აირს, მათ შორის ინერტულსაც, მაგრამ
სხვადასხვანაირად, რაც უფრო ადვილად თხევადდება აირი, მით
უფრო ძლიერად ადსორბირდება იგი. ნახშირით ადსორბირებულა
აირი შეიძლება მისგან გამოეყოთ ნახშირის გახურებით. ამით სარ-
გებლობენ ნახშირის რეგენერაციისათვის, ე. ი. მისთვის
ადსორბციის უნარის დასაბრუნებლად. ნახშირი გამოიყენება შაქრისა
და სპირტის წარმოებაში მინარევეებისაგან მათ გასასუფთავებლად.
გააქტივებული ნახშირი აფთიაქებში იყიდება ტაბლეტების სახით
„კარბოლენის“ სახელწოდებით. მას იყენებენ გახსნილი მავნე ნივთი-
ერებებისაგან კუჭის გასაწმენდად. გააქტივებული ნახშირი იხმარება
აირწინალებში ჰაერის მავნე მინარევეებისაგან სასუნთქი გზების დასა-
ცავად.

1. აღწერეთ გააქტივებული ნახშირის ადსორბციის, რეგენერაციის მოვლე-
ნები და ამ პროცესების თქვენთვის ცნობილი პრაქტიკული გამოყენება..
2. რომელი აირი ადსორბირდება ძლიერად, ამიავი თუ აზოტი? რატომ?

§ 34. ნახშირბადის მიერ წარმოქმნილ მარტივ ნივთიერებათა ჰიმიური თვისებები

როგორც უკვე ითქვა, ნახშირბადს შუალედური მდგომარეობა
უკავია ტიპურ ლითონებსა და ტიპურ არალითონებს შორის. უფრო
მეტი ელექტროუარყოფითობის მქონე ტიპური არალითონების ნაერ-
თებთან—ფთორთან, ჟანგბადთან, აზოტთან, ქლორთან და გოგირდ-
თან (ცხრ. 8) ნახშირბადი ავლენს ჟანგვის +4 ხარისხს. ნაკლებად
ელექტროუარყოფით არალითონებთან (სილიციუმში და სხვ.) და ლი-

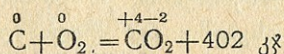
თონებთან ნაერთებში ნახშირბადი-
სათვის დამახასიათებელია ჟანგვის
—4 ხარისხი.

ცხრილი 8

III	IV	V	VI	VII	VIII
B	C	N	O	F	Ne
	Si	P	S	Cl	Ar

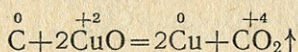
ნახშირბადის ატომებით წარმოქმ-
ნილ მარტივ ნივთიერებათა ქიმიუ-
რი თვისებები მსგავსია, ამასთან
უფრო რეაქციისუნარიანია მური და ხის ნახშირი, ყველაზე ნაკლე-
ბად კი — ალმასი, მაგალითისათვის განვიხილოთ ხის ნახშირის ქიმიურა
თვისებები.

თუ ნახშირს გავახურებთ აალების ტემპერატურამდე, ჰაერზე ისე-
ვე, როგორც ჟანგბადში, იგი იწვის და წარმოქმნის ნახშირორჟანგს —
ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდს:

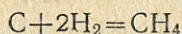


ნახშირი იწვის უალოდ და უკვამლოდ, ვინაიდან გახურებისას
(თუნდაც ფრიად ძლიერი) ის არ იძლევა აქროლად საწვავ ნივთიერე-
ბებს.

ნახშირს შეუძლია ჟანგბადი წაართვას რთულ ნივთიერებებსაც.
მაგალითად, გახურებისას იგი მრავალ ლითონს აღადგენს მათი ოქსი-
დებიდან. მაგალითად, სინჯარაში ორი შავი ფხვნილის — ნახშირისა და
სპილენძ(II)-ის ოქსიდის ნარევის — გახურებისას ნარევის შავი ფე-
რი წითლით შეიცვლება: ფხვნილის სახით მიიღება ლითონური სპი-
ლენძი და ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი:



წყალბადის ატმოსფეროში ნახშირის ელექტროდებს შორის ელე-
ქტრული რკალის წარმოქმნისას ნახშირბადი წყალბადს უერთდება და
წარმოქმნის მეთანს CH_4 :



მეთანი ბუნებრივი საწვავი აირის მთავარი შემადგენელი ნაწილია.
ამ აირით მრავალ ქალაქსა და ქარხანას ათბობენ. ჩვენს ქვეყანაში
უხვად არის ბუნებრივი აირის საბადოები. იგი იფარება გახსადე-
ნების ფართო ქსელით, რომლებიც ასობით და ათასობით კილომეტრს
მოიცავს.

▲ 1. შეადგინეთ ა) ბერილიუმთან, ბ) ალუმინთან, გ) გოგირდთან, დ) ფთო-
რთან ნახშირბადის ნაერთების ფორმულები. აღნიშნეთ თითოეული ელემენტის
დაჟანგვის ხარისხი ისე, რომ ფორმულაში პირველ ადგილზე დაიწეროს ნა-
ლები ელექტროუარყოფითობის მქონე ელემენტი.

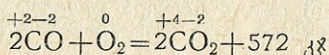
2. დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები ნახშირსა და ა) SnO_2 , ბ) Pb_2O_4 ოქსიდებს შორის.

3. რა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა 1 ტონა ხის ნახშირის დაწვის დროს?

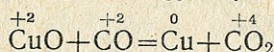
§ 35. ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი

ნახშირბადი ორ ოქსიდს წარმოქმნის: CO და CO_2 .

ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი CO ანუ მხუთავი აირი უფერო, უსუნო, ძლიერ შხამიანი აირია. ქიმიური ბმების წარმოქმნაში ჟანგბადის ატომის ელექტრონებთან დაწყვილებით ნახშირბადის ოთხი ელექტრონიდან მონაწილეობს მხოლოდ ორი სავალენტო ელექტრონი. ბმების წარმოქმნაზე გამოუყენებელი ორი ელექტრონის ხარჯზე ნახშირბადის ატომს შეუძლია წარმოქმნას კიდევ ორი კოვალენტური ბმა ჟანგბადის მეორე ატომის მიერთებით. ეს ვლინდება ნახშირბად(II)-ის ოქსიდის ორ ქიმიურ თვისებაში: იგი წვადია და შეუძლია ლითონები აღადგინოს მათი ოქსიდებიდან. ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი იწვის ლურჯი ალით¹ და გარდაიქმნება ნახშირორჟანგად:

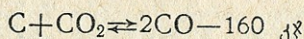


ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი ლითონების უმრავლესობას აღადგენს მათი ოქსიდებიდან. მაგალითად, ნახშირბად(II)-ის ოქსიდის გატარებისას გახურებულ მილში, რომელშიც სპილენძ(II)-ის ოქსიდია მოთავსებული, შავი სპილენძ(II)-ის ოქსიდი გარდაიქმნება წითელ ფხვნილისებრ ლითონურ სპილენძად:



ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი არც წყალთან რეაგირებს, არც ტუტეებისა და მჟავების ხსნარებთან. აზოტ(II)-ის ოქსიდის NO მსგავსად, იგი მიეკუთვნება მარილარწარმოქმნელ ოქსიდებს.

ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი მიიღება ძლიერ გავარვარებულ ნახშირთან ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის ურთიერთქმედებისას:



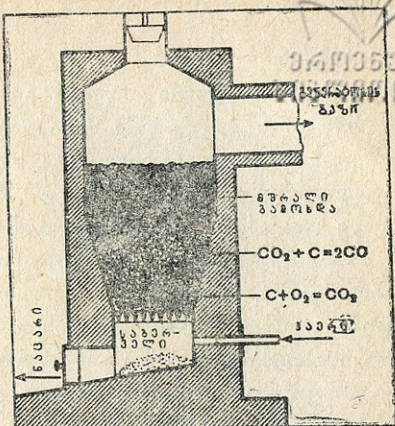
ამაში შეიძლება დავრწმუნდეთ, თუ ძალიან გახურებულ ღუმელში ჩავიხედავთ, თეთრად გავარვარებული ნახშირის ზემოთ ინთება ცისფერი ალი. ეს ნახშირბად(II)-ის ოქსიდის ალია, რომელიც იწვის ღუმელის ღია კარიდან შესულ ჰაერში. როდესაც ნახშირი რამდენადმე გაცივდება, ცისფერი ალი ქრება. ნახშირსა და ნახშირბად(IV)-ის

¹ მხუთავი აირის ალის შეფერვა შეიმჩნევა სანთლის ან ასანთის ალის ქვედა ნაწილების გასწვრივ.

ოქსიდის შორის რეაქცია შეწყდება და ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი აღარ წარმოიქმნება.

ახლა გასაგებია, რატომ იწვის ძალიან გავრვარებული ნახშირი ლურჯი ალით, ხოლო სუსტად გავრვარებული — უალოდ.

ნახშირბად(II)-ის ოქსიდს შეიცავს ზოგიერთი სახის აიროვანი სათბობი, სახელობრ, გენერატორის აირი. გენერატორი, რომელშიც ამ აირს იღებენ, ღუმელია, ჩატვირთული მყარი სათბობით, მაგალითად, კოქსის ფენებით (სურ. 24). აირგენერატორში პარს ქვემოდან აწვდინ. ქვედა ფენაში საწვავი იწვის და კოქსი გარდაიქმნება ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდად:

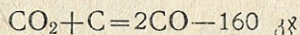


სურ. 24. აირგენერატორის სქემა.

და კოქსი გარდაიქმნება ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდად:



ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი აზოტთან ერთად ჟონავს გავრვარებული კოქსის ფენაში და აღდგება ნახშირბად(II)-ის ოქსიდად:



მიიღება აირი, რომელიც შედგება ნახშირბად(II)-ის ოქსიდისა და აზოტისაგან ნახშირორჟანგისა და სხვა ნივთიერებათა მინარევით. ამ საწვავს გენერატორის აირი ეწოდება.

თუ კოქსის, ე. ი. თავისუფალი ნახშირბადის ნაცვლად აირგენერატორში იყენებენ სხვა სახის მყარ სათბობს, მაგალითად მერქანს, მასში ხდება იგივე რეაქციები, ვინაიდან მერქანი პიროლიზის შედეგად უკვე ზედა ფენაში გარდაიქმნება ნახშირად, ამ შემთხვევაში გენერატორის აირს შეერევა ხის მშრალი გამოხდის აქროლადი წვადი პროდუქტები.

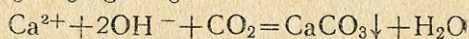
მყარი სათბობის აირისებრად გარდაქმნას საწვავის გაზიფიკაცია ეწოდება.

- ?
1. აღწერეთ ნახშირბად(II)-ის ოქსიდის ა) მიღება, ბ) თვისებები. მოიყვანეთ რეაქციათა განტოლებები.
 2. რა არის გენერატორის აირი? დაწერეთ მისი მიღების რეაქციის განტოლება.
 3. აღწერეთ აირგენერატორის მოწყობილობა და მოქმედება.
 4. რამდენად მეტი ენერგია მიიღება ნახშირისა და ჟანგბადისაგან ერთი მოლი ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის წარმოქმნისას, ვიდრე იხარჯება მისი ნახშირბად(II)-ის ოქსიდად თანდათანობით გარდაქმნაზე?

ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი CO_2 (გრაფიკული ფორმულა $\text{O}=\text{C}=\text{O}$) უფრო აირია, იგი ჰაერზე უფრო მძიმეა და შეიძლება ჰურჭლიდან ჰურჭელში მისი გადასხმა, თითქმის ნახშირორჟანგი უხილავი სითხე იყოს. ანთებულ სპირტიან ჯამზე CO_2 -ით სავსე ჭიქის გადმოპირქვევებისას (სურ. 24) ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი იღვრება ალზე და ალი იმწამსვე ქრება.

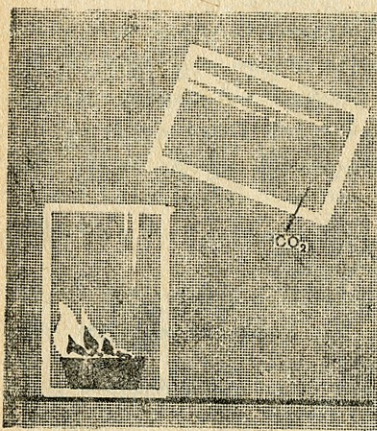
ნახშირორჟანგი შედარებით ადვილად თხევადდება. თხევადი ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის აორთქლებისას ისე ბევრი სითბო შთაინთქმება, რომ ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის ნაწილი მყარდება და თოვლივით თეთრ ფხვნილად გარდაიქმნება. ნახშირორჟანგი ცუდად იხსნება წყალში. იგი არ იწვის და ხელს არ უწყობს ჩვეულებრივი საწვავი ნივთიერებების წვას.

ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი მჟავა ოქსიდის თვისებებს ავლენს. კირიან წყალში გატარებისას ხსნარი იმღვრება კალციუმის კარბონატის ნალექის გამოყოფის გამო:



ეს რეაქცია იმდენად დამახასიათებელია, რომ კირიანი წყალი, როგორც თქვენთვის ცნობილია, ნახშირორჟანგის აღმოსაჩენად გამოიყენება.

ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი ბუნებაში წარმოიქმნება ცხოველებისა და მცენარეების სუნთქვისას, ნიადაგში ორგანული ნაშთების ხრწნისა და ხანძრის დროს. ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი ატმოსფერულ ჰაერზე მძიმეა და ამიტომ სარდაფებსა და ჭებში შეიძლება საშიში კონცენტრაციით დაგროვდეს. ქვანახშირის მალაროებში ნახშირის ნელი ჟანგვის გამო ნახშირორჟანგის შემცველობა ასევე დიდია, ვიდრე ღია ჰაერში. შრომის დაცვის სამსახური თვალყურს ადევნებს, რომ მისი რაოდენობა არ აღემატებოდეს დადგენილ ნორმას (30 მგ/მ³). ნახშირორჟანგი მცენარეებისათვის ნახშირბადის წყაროდ ითვლება და კვალსათბურებსა და სათბურებში მისით ჰაერის გამდიდრებას მოსავლის გამდიდრება მოსდევს.



სურ. 25. ნახშირორჟანგით ალის ჩაქრობა.

ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდს იყენებენ აგრეთვე წყლისა და სასმე-
ლების დააირიანებისათვის, თხევადი CO_2 -ით ცეცხლსაქრობებს
სებენ. მყარ ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდს მშრალი ყინულის
სახით მაცივარ დანადგარებში იყენებენ პროდუქტების გასაცივებ-
ლად. მშრალ ყინულს ჩვეულებრივთან შედარებით ის უპირატესობა
აქვს, რომ გარემოში მნიშვნელოვნად უფრო დაბალ ტემპერატურას
ინარჩუნებს და ორთქლდება ისე, რომ თხევად მდგომარეობაში არ
გადადის.

1. აღწერეთ ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის: ა) ფიზიკური, ბ) ქიმიური თვისე-
ბები, გ) სხვადასხვა ფიზიკურ მდგომარეობაში თქვენთვის ცნობილი მისი
გამოყენება, დ) აღმოჩენის ხერხი, ე) ბუნებაში არსებობა.

2. ჩამოთვალეთ ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის წარმოქმნის თქვენთვის ცნო-
ბილი წყაროები ბუნებაში, ყოფა-ცხოვრებასა და მრეწველობაში.

3*. ა და ბ ელემენტები ერთმანეთთან ქმნის ორი სხვადასხვა შედგენილობის
გ და დ ნაერთს. გ ნივთიერება იწვის, დ ნივთიერება კი არა, მაგრამ გარ-
დაიქმნება საწვავ ნივთიერებად, თუ შეუერთდება ა ნივთიერებას, რა ნივ-
თიერებებია ა, ბ, გ და დ? დაწერეთ ამოცანაში მოხსენებული რეაქციების
განტოლებები და აღნიშნეთ პირობები, რომლის დროსაც მიმდინარეობს
თითოეული მათგანი.

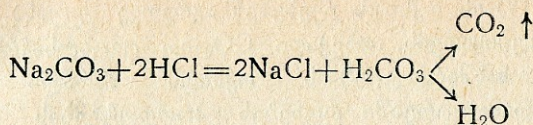
§ 87. ნახშირმჟავა და მისი მარილები

ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი წყალში გახსნისას წყალს თითქმის არ
უერთდება. მისი ჰიდროქსიდი — ნახშირმჟავა H_2CO_3 მხოლოდ მისი
წარმოქმნის მომენტში არსებობს. თუ რომელიმე რეაქციის დროს
მიიღება ნახშირმჟავა, იგი მაშინვე იშლება ნახშირორჟანგად და
წყლად:

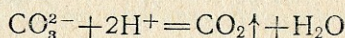


ნახშირმჟავა, როგორც ორფუძიანი მჟავა, წარმოქმნის ორი რიგის
მარილებს: საშუალო და მჟავე მარილებს. ნახშირმჟავას საშუალო
მარილებს კარბონატები ეწოდება (მაგალითად, CaCO_3 — კალციუმის
კარბონატი), ხოლო მჟავე მარილებს — ჰიდროკარბონატები (მაგალი-
თად, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ — კალციუმის ჰიდროკარბონატი). საშუალო მარი-
ლებიდან წყალში ხსნადია მხოლოდ ტუტე ლითონებისა და ამონიუ-
მის კარბონატები (ლითიუმის კარბონატის გარდა).

კარბონატებსა და ჰიდროკარბონატებს გამოიცნობენ ძლიერი მჟა-
ვეების მოქმედებით: მიმდინარეობს დამახასიათებელი დუღილი
ნახშირორჟანგის მძაფრი გამოყოფის გამო:

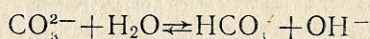


ასე შეგვიძლია შევამოწმოთ აგრეთვე მყარი კარბონატები და მათი ხსნარები. რეაქცია გამოისახება ასეთი იონური განტოლებით:



ვინაიდან კარბონატებისა და მჟავების ურთიერთქმედების დროს ხდება წყალბადის იონების ბმა, ამიტომ კარბონატები, ისევე როგორც ფუძეები, შეიძლება მჟავების გასანეიტრალებლად გამოვიყენოთ. მაგალითად, დაფუძულ კირქვას CaCO_3 იყენებენ ნიადაგების მოსაკირიანებლად მათი ზედმეტი მჟავიანობის დროს.

ნახშირმჟავა სუსტია. ნახშირმჟავას მარილები წყალხსნარებში ჰიდროლიზდება. კარბონატების საშუალო მარილების ხსნარებს ძლიერი ტუტე რეაქცია აქვთ:



ბუნებაში კარბონატებიდან ყველაზე უფრო გავრცელებულია კალციუმის კარბონატი (კირქვა, მარმარილო, ცარცი და ა. შ.), ქანების ბუდეები, რომლებიც კალციუმის კარბონატს, განსაკუთრებით კირქვას შეიცავს, საკმაოდ ხშირად გვხვდება. ამიტომ მჟავენიადაგიან რაიონებში სამხარეთმცოდნეო მუშაობის ერთ-ერთი ამოცანა ასეთი ქანების მოძებნა უნდა იყოს.

ხელოვნურად მიღებული კარბონატებიდან დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს ნატრიუმის კარბონატს Na_2CO_3 . უწყლო ნატრიუმის კარბონატი ცნობილია კალცი ნ ი რ ე ბ უ ლ ი ს ო დ ის, ხოლო კრისტალჰიდრატი $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — კ რ ის ტ ა ლ უ რ ი ს ო დ ის სახელწოდებით. სოდას იყენებენ საპნის, მინის წარმოებისათვის, ხოლო ყოფაცხოვრებაში — თეთრეულის გასარეცხად.

ნახშირორჟანგით სოდის ხსნარის გაჯერებისას ნატრიუმის კარბონატი ნატრიუმის ჰიდროკარბონატად NaHCO_3 გარდაიქმნება. აფთიაქებსა და სასურსათო მაღაზიებში ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი სასმელი სოდის სახელწოდებით იყიდება. მას სვამენ კუჭის წვის დროს, რაც კუჭის წვენში მარილმჟავას სიჭარბით არის გამოწვეული.

სასმელ სოდას იყენებენ საკონდიტრო საქმეში და პურის ცხობაში. გახურებისას ის იშლება ნახშირორჟანგისა და წყლის ორთქლის გამოყოფით:



ამიტომ სასმელ სოდას ურევვენ პურის ცომში, ასეთი ცომი ამოდის საფუარებისა და ხაშის გამოყენების გარეშე, ივსება რა ნახშირორჟანგის ბუშტულებით, მისგან გამომცხვარი პროდუქტი ფოროვანია და რბილი.

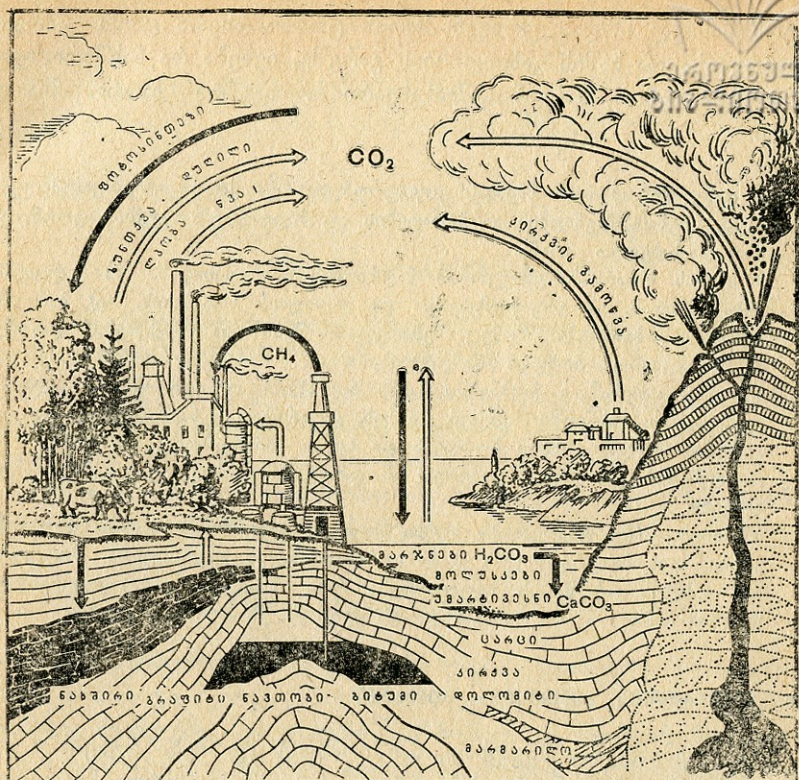
- ▲ 1. დაწერეთ: ა) ნახშირმჟავას ელექტრონული და გრაფიკული ფორმულები, ბ) კალიუმის, მაგნიუმის კარბონატების და ჰიდროკარბონატების ფორმულები. დაასახელეთ ისინი.
2. სოდის ხსნარი დაუმატეს: ა) ნატრიუმის ჰიდროქსიდის, ბ) კალციუმის ჰიდროქსიდის, გ) გოგირდმჟავას, დ) კალიუმის ნიტრატის, ე) ბარიუმის ქლორიდის ხსნარებს. რომელ შემთხვევაში შეიმჩნევა რეაქციები? დაწერეთ ამ რეაქციების იონური განტოლებები.
3. კიორის გამოსაწვავ კარხნებში ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდს იჭერენ კალიუმის კარბონატის ხსნარში საწვავი აირის გატარებით. ნახშირორჟანგით გაჯერების შემდეგ ხსნარი ხურდება და ხდება შთანთქმული ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის გამოყოფა. დაწერეთ ამ დროს მიმდინარე რეაქციების განტოლებები.
- 4*. მოიფიქრეთ უმარტივესი ხერხი ნიადაგის გამომშრალ სინჯში კალციუმის კარბონატის მასური წილის განსაზღვრისათვის. ეს ხერხი უნდა მოიცავდეს არა უმეტეს ორ წონას. იფულისხმება, რომ ნიადაგი გათავისუფლებულია წყალში ხსნადი ნაერთებისაგან და არ შეიცავს უხსნად ფოსფატებს.

§ 88. ნახშირბადის მიმოქცევა ბუნებაში

სხვა ელემენტების მსგავსად, ნახშირბადის ატომები ბუნებაში მუდამ ერთსა და იმავე ნაერთებში კი არ არის არამედ ერთი ნივთიერებიდან მეორეში გადადის (სურ. 26). ნახშირბადის რომელიმე ნაერთიდან, მაგალითად, ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდიდან გამომდინარე და მის ქიმიურ გარდაქმნებზე დაკვირვებით ხელახლა დავუბრუნდებით საწყის ნაერთს — ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდს. ამიტომაც ვლაპარაკობთ ბუნებაში ნახშირბადის გარდაქმნებზე. ნახშირბადის ნაერთების გარდაქმნები ძირითადად მიმდინარეობს ცოცხალი ორგანიზმების მონაწილეობით.

მცენარეების ძირითადი სასიცოცხლო პროცესის — ფოტოსინთეზის — შედეგად ნახშირბადი ატმოსფეროდან, რომელშიც ის ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის შედგენილობაში შედის, მცენარეებში გადადის. ასე წარმოიქმნება ჟანგბადი თავისუფალ მდგომარეობაში და მცენარეთა ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც ცხოველების საკვებად იხმარება. მცენარეებიდან ნახშირბადი ამ დროს გადადის ცხოველების ორგანიზმში, მასში ის ხელახლა გარდაიქმნება ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდად და სუნთქვის ორგანოებით ატმოსფეროს უბრუნდება.

მცენარეული და ცხოველური ნარჩენები ნაწილობრივ გარდაიქმნებოდა საწვავ წიაღისეულად: ქვანახშირად, ნავთობად, ბუნებრივ აირე-



სურ. 26. ნახშირბადის მიმოქცევა ბუნებაში.

ბად. საწვავ წიაღისეულს ადამიანი დედამიწის სიღრმიდან იღებს და სათბობად იყენებს. წვის შედეგად ღუმელების საცეცხლურებში არსებული ნახშირბადი ხელახლა უბრუნდება ატმოსფეროს წვის პროდუქტის შედგენილობით — ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის სახით, ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი უკავშირდება აგრეთვე მინერალებისა და ქანების გამოფიტვის პროცესებს, ხოლო ატმოსფეროს უბრუნდება ვულკანებით და მინერალური წყაროებით. ბუნებაში ასე ხდება ნახშირბადის მუდმივი მიმოქცევა.

26-ე სურათზე დაკვირვებით დედამიწის ზედაპირზე ნახშირბადის მიმოქცევის ძირითად პროცესებს.

ფარდობითი ატომური მასა $Ar(Si) \approx 28$. ბირთვის მუხტი $+14$.

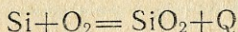
§ 89. სილიციუმის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები

სილიციუმი მეორე ელემენტია ქანგბადის შემდეგ დედამიწის ქერქში გავრცელებულობით. ქანგბადზე დედამიწის ქერქის მასის დაახლოებით $1/2$ მოდის, სილიციუმზე კი თითქმის $1/4$. დედამიწის ქერქი ძირითადად შედგება ქანგბადთან სილიციუმის ნაერთებისაგან, რომელთა შედგენილობაში სხვა ელემენტებიც არის ჩართული.

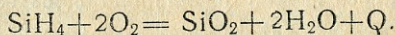
როგორც ნახშირბადის ატომის, ისე სილიციუმის ატომის გარე შრეზე 4 ელექტრონია, მაგრამ ისინი ატომგულთან უფრო სუსტად არის ბმული. ამიტომ სილიციუმში თუმცა არალითონური თვისებები ჭარბობს, ლითონური თვისებებიც ვლინდება.

სილიციუმი წარმოქმნის ისეთსავე კრისტალურ გისოსს, როგორსაც ალმასი, მაგრამ სილიციუმში, ალმასისაგან განსხვავებით, შესამჩნევად ატარებს ელექტრონულ დენს მინარევის შეყვანისას. სილიციუმი ნახევარგამტარებს მიეკუთვნება. ელექტროგამტარობით სილიციუმი ლითონებს ჰგავს. თავისუფალი სილიციუმი გარეგნობითაც ადვილად შეიძლება ლითონად ჩავთვალოთ ლითონის მსგავსი ბზინვის გამო.

ფხვნილისებრი სილიციუმი ძლიერი გახურებისას იწვის სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდად SiO_2 :



წყალბადთან სილიციუმის ნაერთები, მაგალითად, SiH_4 , აქროლია, მაგრამ ნაკლებად მდგრადია, ვიდრე ნახშირწყალბადები. ჰაერზე ისინი თავისთავად ინთება, ტკაცანით იწვის და ფანტავს კაშკაშა ნაპერწყმებს — სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდის გავარვარებულ ნაწილაკებს:



ნახშირბადთან შეხებისას სილიციუმი წარმოქმნის სილიციუმ-კარბიდს ანუ კარბორუნდს SiC . მისი კრისტალური გისოზი ისეთივეა, როგორიც ალმასისა და სილიციუმის, მაგრამ მასში სილიციუმისა და ნახშირბადის ატომები მონაცვლეობს: სილიციუმის თითოეული ატომი ბმულია ნახშირბადის 4 ატომთან, და პირიქით. კარბორუნდი ძალიან მაგარი ნივთიერებაა, სიმაგრით ალმასს უახლოვდება. კარბორუნდისაგან ამზადებენ საღეს ქვებსა და სახეხ ქარგოლებს.

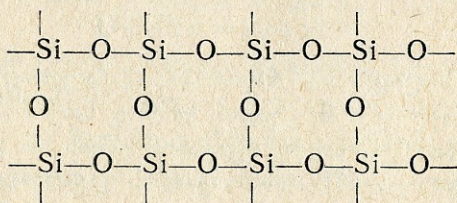
თავისუფალ სილიციუმს იყენებენ სილიციუმიანი ფოლადების წარმოებაში, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი მხურვალტკიცეობით და მკვავებლობით. ამ ფოლადებში სილიციუმი შედის რკინასთან შენადნობის — ფეროსილიციუმის სახით.

სუფთა სილიციუმის ხელოვნურად მიღებულ კრისტალებს იყენებენ ნახევარგამტარებად „მზის ბატარეებში“, რომლებიც მზის გამოსხივების ენერგიას გარდაქმნის ელექტროენერგიად. მზის ბატარეები შეუცვლელია ხელოვნურ თანამგზავრებსა და კოსმოსურ ხომალდებზე.

- ▲ 1. აღწერეთ სილიციუმის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები და თავისუფალი სილიციუმის გამოყენება.
2. დაახასიათეთ კარბორუნდის თვისებები და პრაქტიკული გამოყენება.

§ 40. სილიციუმის ჰანგზადნაერთები

სილიციუმის ოქსიდს SiO_2 კაჟმიწა ეწოდება. ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდისაგან განსხვავებით კაჟმიწა მყარი, ძალიან ძნელ-ლოზადი ნივთიერებაა. CO_2 და SiO_2 თვისებების მკვეთრი განსხვავება აიხსნება მათი კრისტალური გისოსების სხვადასხვა აღნაგობით. ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი კრისტალდება მოლეკულური მესრის სახით, რომელიც აგებულია მოლეკულათშორისი ძალებით სუსტად ბმული CO_2 მოლეკულებისაგან. ხოლო სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდი — ატომური გისოსის სახით, რომლის სტრუქტურული ფორმულა შეიძლება ასე გამოისახოს:



ნახშირბადისა და სილიციუმის ოქსიდების აღნაგობის ასეთი განსხვავების მიზეზია ამ ელემენტების ატომთა რადიუსების არაერთგვაროვნება. ნახშირბადის ატომი იმდენად მცირეა, რომ თავის მახლობლად შეუძლია მოათავსოს ჟანგბადის მხოლოდ ორი ატომი, დაუთმოთ თითოეულს ვალენტობის ორ-ორი ერთეული, ე. ი. წარმოქმნას მოლეკულა $\text{O}=\text{C}=\text{O}$. სილიციუმის ატომი ათავსებს ჟანგბადის 4 ატომს, თითოეულს უთმობს ვალენტობის თითო ერთეულს, ჟანგბადის ატომთა ვალენტობის მეორე ერთეული კი იხარჯება სილიციუმის შემდგომი ატომების მიერთებაზე. ამიტომ მოლეკულური გისოსის

ნაცვლად წარმოიქმნება ატომური გისოსი და ამ შემთხვევაშიც ისევე, როგორც ადრე განხილულ ამონიუმის იონისა (სურ. 10) და ალმასის კრისტალის (სურ. 21) სტრუქტურებში სილიციუმის ატომის ოთხივე ბმის მიმართულება ემთხვევა მიმართულებებს ტეტრაედრის ცენტრიდან მისი წვეროსაკენ. სილიციუმის ყოველი ატომი მოქცეულია აღმოჩნდება ჟანგბადის 4 ატომის გარემოცვაში, რომლებიც ტეტრაედრის წვეროებზეა არა მხოლოდ კაჟმიწაში, არამედ სილიციუმის ყველა სხვა ჟანგბადნაერთშიც — სილიციუმის მჟავებსა და მათ მარილებში.

ბუნებაში კაჟმიწა ჩანართების სახით გვხვდება გრანიტებსა და სხვა ქანებში. ასეთი ჩანართები შეიმჩნევა ქანის ნამსხვრევებზე და შედნობილ მინის ნატეხს წააგავს. ქანების გამოფიტვისას ისინი გროვდება მდინარეების კალაპოტებში თეთრი ქვიშის სახით. სილიციუმ (IV)-ის ოქსიდის კვარცი მშვენიერი კრისტალების სახითაც გვხვდება, რომლებიც ზომით ზოგჯერ ადამიანის სიმაღლეს აღემატება (სურ. 27).

საბჭოთა მეცნიერებმა და ინჟინრებმა დაამუშავეს მეთოდები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს ხელოვნურად მივიღოთ 1,5—2 მ-მდე კვარცის კრისტალები.

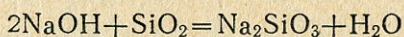
გალღობისას კვარცი თანდათან რბილდება, გაცივებისას კი ასევე თანდათან მაგრდება. ეს აადვილებს კვარცისაგან ნაკეთობათა, მაგალითად, ქიმიური ჭურჭლის, დამზადებას. გახურებისას კვარცი ძალიან მცირედ ფართოვდება. ამიტომ კვარცის სითეთრემდე გახურებული ჭურჭელი შეიძლება ჩავაგდოთ ცივ წყალში და ის არ გაიბზარება.

სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდი მჟავე ოქსიდებს მიეკუთვნება. მაგრამ ის წყალს არ უერთდება: მდინარეები საუკუნეების განმავლობაში მი-

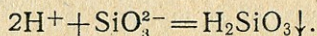
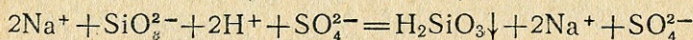
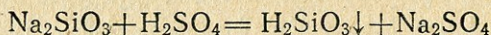


სურ. 27. კვარცის ბუნებრივი კრისტალი. (მარცხნივ) და ხელოვნურად შექმნილი (მარჯვნივ)

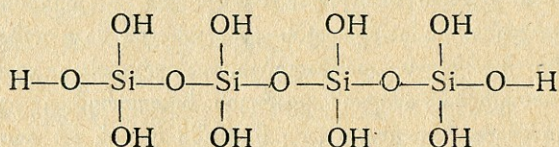
ედინება თეთრი ქვიშის კალაპოტებში, მაგრამ წყალთან მისი შეერთების პროდუქტი მდინარის წყალში არ აღმოჩნდა. სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდის მჟავური ხასიათი ვლინდება ლითონების ოქსიდებთან, ტუტეებთან და კარბონატებთან შეღებვისას. ამ დროს წარმოიქმნება სილიციუმმჟავას მარილები:



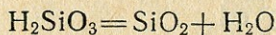
სილიციუმმჟავა შეიძლება მივიღოთ მხოლოდ მისი მარილების ხსნარებზე მჟავების მოქმედებით, მაგალითად:



ის გამოიყოფა ლაბისებრი ნალექის სახით, რომელსაც პირობით მიაწერენ ფორმულას H_2SiO_3 სინამდვილეში დალექილი სილიციუმ-მჟავა ერთმანეთს შორის ფაშარ გორგლებად გადახლართული მოლეკულების ნარევი, დაახლოებით ასეთი აღნაგობისა:



სილიციუმის ყოველი ატომი ამ მოლეკულებში ისევე ჟანგბადის 4 ატომისაგან აგებულ ტეტრაედრში მოქცეული აღმოჩნდება. ნახშირ-მჟავას მსგავსად, სილიციუმმჟავა არამდგრადი ნაერთია და თანდათან იშლება წყლად და სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდად:



სილიციუმმჟავა განსაკუთრებულად სუსტი მჟავაა.

სილიციუმმჟავას მარილებს სილიკატები ეწოდება. სილიკატებისაგან ისევე როგორც კარბონატებისაგან, ხსნადია მხოლოდ ტუტე ლითონების მარილები. ამიტომ ტუტე ლითონების სილიკატებს ხსნადი მინები ეწოდება.

?

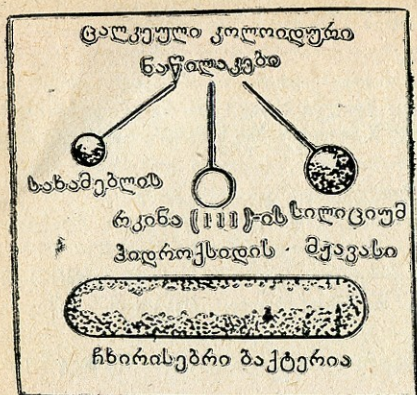
1. ჩამოთვალეთ სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდის ფიზიკური თვისებები. ახსენით მათი განსხვავება ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის. ფიზიკური თვისებებისაგან და ჩამოთვალეთ სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდის თქვენთვის ცნობილი გამოყენებანი.

- ▲ 2. აღწერეთ სილიციუმ (IV)-ის ოქსიდის ქიმიური თვისებები.
3. აღწერეთ სილიციუმმჟავას ფიზიკური, ქიმიური თვისებები და მიღება, რით ემსგავსება ნახშირმჟავას და რით განსხვავდება ის მისგან.
4. სილიციუმმჟავას რომელი მარილებია წყალში ხსნადი და რა ეწოდება მათ?
- 5*. თეთრი ქვიშა გახსნეს ადუღებულ X ნივთიერების ხსნარში, რომელიც ალს-ყვითლად ღებავს. ხსნარს დაუმატეს მარილმჟავა, გამოიყო ლაბისებრი ნალექი, დაწერეთ ამ რეაქციების განტოლებები.
- 6*. როგორ მივიღოთ სილიციუმისაგან სილიციუმმჟავა? დაწერეთ რეაქციების განტოლებები.
- 7*. როგორ გარდავექმნათ კვარცის კრისტალი ფოროვანი სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდად — სილიკატულად რამდენიმე თანმიმდევრული რეაქციის მეშვეობით?
8. დაწერეთ ნატრიუმის სილიკატის ჰიდროლიზის რეაქციის იონური განტოლება.

§ 41. კოლოიდური ხსნარები

თქვენთვის ცნობილია, რომ სილიციუმმჟავა სუსტია და წყალში პრაქტიკულად უხსნადია. უფრო ძლიერი მჟავები აძევენ სილიციუმმჟავას მისი მარილებიდან — სილიკატებიდან. თუმცა მაგალითად, ნატრიუმის სილიკატის ხსნარზე გოგირდმჟავას ხსნარის დამატებისას მაშინვე ნალექის გამოყოფა არ შეიმჩნევა, არამედ მხოლოდ მაშინ, როდესაც დამატება მჟავას ხსნარის განსაზღვრული ულუფა. ნაკლები მჟავას დამატებით ნალექი არ მიიღება. ადრე პრაქტიკული მეცადინეობისას ხშირად შემჩნეულია, რომ ისეთი უხსნადი მარილის გამოყოფა, როგორიცაა ბარიუმის სულფატი, იწყება მაშინვე სულფატ-იონების შემცველ ხსნარზე ბარიუმის იონების შემცველი ხსნარის პირველი წვეთის დამატებისთანავე. მაინც რა არის იმის მიზეზი, რომ პრაქტიკულად უხსნადი სილიციუმმჟავა შეიძლება არ დაილექოს ხსნარიდან? ეს მოვლენა იმით აიხსნება, რომ სილიციუმმჟავასთვის დამახასიათებელია გამჭვირვალე კოლოიდური ხსნარების წარმოქმნა (თვით სიტყვა კოლოიდი წარმოდგა წებოს ბერძნული სახელწოდებისაგან — „კოლა“ და ნიშნავს „წებოსმაგვარ“).

კოლოიდური ხსნარები განსხვავდება ჭეშმარიტი ხსნარებისაგან, მაგალითად ისეთი ნივთიერებებისაგან, როგორიცაა სუფრის მარილი და შაქარი. ისინი განსხვავდება სუსპენზიებისაგანაც, ე. ი. წყალში მყარი ნივთიერებების ნაწილაკების ტივტივარებისაგან (მაგალითად, კბილის ფხვნილის ნაწილაკების ტივტივარები). ერთ-ერთი მთავარი განსხვავება ჭეშმარიტ ხსნარებსა და სუსპენზიებს შორის იმაში მდგომარეობს, რომ ხსნარები მდგრადია და შეიძლება შევინახოთ რა ხანგრძლივობითაც გნებავთ, ხოლო სუსპენზიები არამდგრადია. მათში არსებული მყარი ნაწილაკები თანდათან ილექება ფსკერზე. ამ გან-

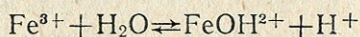


სურ. 28. კოლოიდური ნაწილაკებისა და ბაქტერიების შედარებითი ზომები.

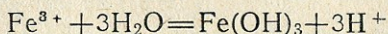
ნაწილაკები წარმოადგენს არა ცალკეულ იონებს ან მოლეკულებს, არამედ მოლეკულების გროვებს, კოლოიდური ნაწილაკებისა და ბაქტერიების შედარებითი ზომები მოცემულია 28-ე სურათზე.

ისეთი ნივთიერებები, როგორიცაა სილიციუმმკვავა H_2SiO_3 , რკინა (III)-ის ჰიდროქსიდი, წყალში უხსნადია და შეუძლებელია მათი ჰემარიტი ხსნარის მიღება, მაგრამ შესაძლებელია მივიღოთ მათი კოლოიდური ხსნარები გამჟვრვალე სითხის სახით.

ცდით ადვილია რკინა (III)-ის ჰიდროქსიდის კოლოიდური ხსნარის მიღება. ამისათვის მდულარე წყალს წვეთობით დავასხათ რკინა(III)-ის ქლორიდის მცირეოდენი ხსნარი. ამ ხსნარში არსებული Fe^{3+} იონები ჰიდროლიზებულია. ამასთან ოთახის ტემპერატურაზე ჰიდროლიზი უმნიშვნელოდ მიმდინარეობს და წარმოიქმნება ძირითადად $FeOH^{2+}$ იონები:

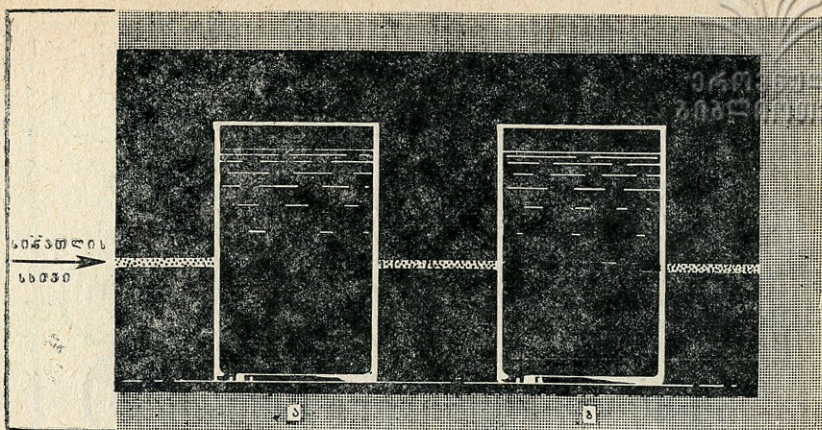


განზავებულ მდულარე ხსნარში ჰიდროლიზი ძლიერდება და წარმოიქმნება რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი:



წყალში უხსნადი რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი ნალექის სახით კარ გამოიყოფა, არამედ მიიღება მუქი ყავისფერი, გამჟვრვალე კოლოიდური ხსნარი, რომელიც ამ ჰიდროქსიდის ნაწილაკებს შეიცავს.

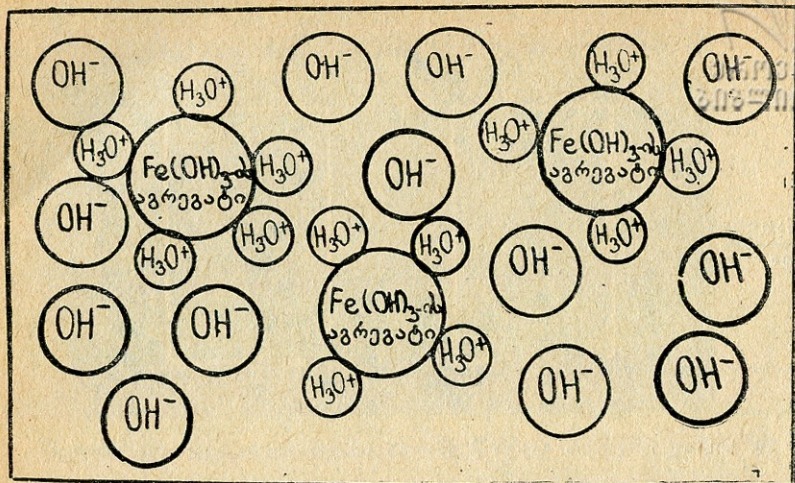
კოლოიდური ხსნარის ნიმუშად შეიძლება ჩაითვალოს კვერცხის ცილა. ეელატინი, სახამებელი, საღურგლო წებო წყალთან ერთად გახურებისას ასევე იძლევა კოლოიდურ ხსნარებს.



სურ. 29. სინათლის სხივის გავლა ქვშარიტ (ა) და კოლოიდურ (ბ) ხსნარებში.

კოლოიდური ხსნარებია არა მხოლოდ წყალხსნარები. მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდს შეუძლია წარმოქმნას კოლოიდური ხსნარი ორგანულ გამხსნელში — ბენზოლში.

როგორ განვასხვავოთ გამჭვირვალე კოლოიდური ხსნარები ქვშარიტის ხსნარებისაგან? კოლოიდურ ხსნარში შეტივტივებული ნაწილაკები ისევე შეგვიძლია აღმოვაჩინოთ, როგორც ოთახის ჰაერში მტვრის ნაწილაკები. როდესაც ბნელ ოთახში ჭუჭრუტანიდან მზის სხივი შემოდის, გვერდიდან დაკვირვებისას შეიძლება დავინახოთ განათებული „ბილიკი“, რომელსაც სინათლის განმბნევი მტვრის ნაწილაკები იძლევა. ზუსტად ასევე, თუ დაბნელებულ შენობაში სინათლის სხივს კოლოიდურ ხსნარში გავატარებთ, მაგალითად, ჩვენ მიერ მიღებული რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდში, და ხსნარს გვერდიდან გავხედავთ, შეიძლება შევამჩნიოთ ხსნარში სხივის გზა, კოლოიდური ნაწილაკებით სინათლის განმბნევის შედეგად, განათებული „ბილიკის“ სახით (სურ. 29). ქვშარიტ უფერო ან შეფერილ (მაგალითად, შაქრის ან სუფრის მარილის) ხსნარში სინათლის სხივის გატარებისას ასეთი მოვლენა არ შეიძინება. ქვშარიტ ხსნარში არსებული მოლეკულები ან იონები მეტისმეტად მცირეა და მათგან სინათლის განმბნევა შეუძინებელია. როგორც ტივტივარებსა და კოლოიდურ ხსნარებს შორის, ასევე კოლოიდურ და ქვშარიტ ხსნარებს შორის მკვეთრი ზღვარი არ არსებობს. ცნობილია ნივთიერებები, მაგალითად, ცილები, რომელთა მოლეკულები იმდენად დიდია, რომ კოლოიდურ ხსნარებს წარმოქმნის, თუმცა ისინი მათში მოლეკულური დაყოფის მდგომარეობაშია, როგორც ქვშარიტ ხსნარებში.



სურ. 30. რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდის კოლოიდურ ხსნარში Fe(OH)_3 აგრეგატების ზედაპირზე მუხტების წარმოქმნა.

კოლოიდური ნაწილაკები ხსნარში რამდენ ხანსაც არ უნდა იყოს უძრავად, ჭურჭლის ფსკერზე არ დაილექება. ისინი მუდმივ მოძრაობაში არიან მათზე გამხსნელის მოლეკულების განუწყვეტელი დაჯახების შედეგად. ეს ხელს უშლის მათ დალექვას.

რატომ არ ეწეებიან ერთმანეთს კოლოიდური ნაწილაკები, რომლებიც განუწყვეტლივ მოძრაობენ და ყოველთვის ეხებიან ერთმეორეს? კოლოიდური ნაწილაკების შეწებებას ხელს უშლის მათში ელექტრომუხტების არსებობა: ზოგ კოლოიდებში — დადებითი, ზოგში — უარყოფითი. კოლოიდურ ნაწილაკებს მუხტი უჩნდება ან თავისივე ზედაპირიდან ამა თუ იმ ნიშნის მქონე იონების ხსნარში მოწყვეტის შედეგად (როგორც ელექტროლიტების დისოციაციის დროს), ან კოლოიდური ნაწილაკების ზედაპირით ამა თუ იმ ნიშნის მქონე იონების ადსორბციის შედეგად (სურ. 30). მაგრამ თუ კოლოიდურ ხსნარს რომელიმე ელექტროლიტის ხსნარს დავამატებთ, მაგალითად, რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდის კოლოიდურ ხსნარს დავამატებთ ამონიუმის სულფატის $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ხსნარის რამდენიმე წვეთს, რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდის მიხაკისფერი ნალექი სწრაფად გამოიყოფა. ეს იმიტომ ხდება, რომ კოლოიდური ნაწილაკები საპირისპირო ნიშნის მქონე იონების SO_4^{2-} მიზიდვით ნეიტრალდება და მუხტს კარგავს, რის შემდეგ დაუბრკოლებლად უახლოვდება ერთმეორეს და დიდ ნაწილაკებად შეწებების გამო ნალექს წარმოქმნის.

კოლოიდური ნაწილაკების უფრო დიდ ნაწილაკებად შეერთებას კოაგულაცია ეწოდება. ჩვეულებრივ კოლოიდური ხსნარების

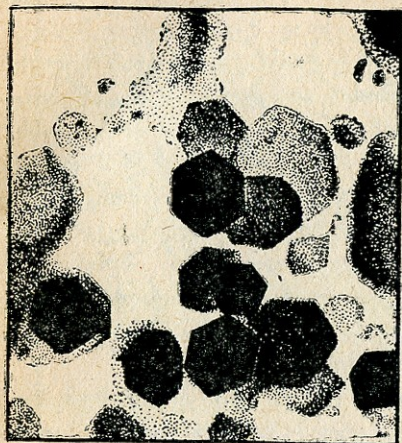
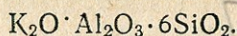
კოაგულაციის დროს ნალექი წარმოიქმნება. მაგრამ ზოგჯერ კოლოიდური ხსნარი მთლიანად გარდაიქმნება ნახევრად მყარ დრეკად მასად, რომელსაც ეწოდება ლაბა. ასე ხდება ქელატინის ხსნარიდან ჟელეს წარმოქმნა. ლაბა მიიღება აგრეთვე წებოს კოაგულაციისას. წებოს ლაბა მისგან წყლის აორთქლებისას თანდათან მაგრდება და საგნებს ერთმანეთთან მტკიცედ აწებებს. კვერცხის მაგრად მოხარშვის დროსაც ხდება ცილის კოაგულაცია, რის შედეგად ლაბა წარმოიქმნება. კოაგულაცია მიმდინარეობს ბუნებაშიც, მაგალითად, როდესაც მრავალნაირი ნივთიერებების კოლოიდურ მდგომარეობაში შემცველი მდინარეების მტკნარი წყალი ხვდება მარილებით მდიდარ ზღვის წყალს, კოლოიდების კოაგულაციის შედეგად მდინარეთა შესართავებში წარმოიქმნება ლამის ნალექი და ჩნდება მეჩხეჩხები.

კოლოიდური ხსნარები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ბუნებასა და წარმოებაში. ასეთ ხსნარებს განეკუთვნება სისხლი, ცოცხალი უჯრედების ციტოპლაზმა. კოლოიდურ ხსნარებთან, მათ კოაგულაციასა და ლაბას წარმოქმნასთან დაკავშირებულია ისეთი სამრეწველო პროცესები, როგორიცაა წებოს, ლაქების დამზადება, ქსოვილთა დეზა, ტყავულობის თრიმელა, ხელოვნური ბოჭკოების მიღება და ა. შ.

- ?
1. რას ეწოდება: ა) კოლოიდური ხსნარი, ბ) სუსპენზია, გ) ემულსია?
 2. რა ნიშნებით გვანან და განსხვავდებიან: ა) ტივტივარები და კოლოიდური ხსნარები, ბ) კოლოიდური და ჰემოარიტი ხსნარები?
- ▲
3. ცდით როგორ ვაჩვენოთ, რომ საპნის წყალხსნარი კოლოიდური ხსნარია, ხოლო შაქრის ხსნარი — ჰემოარიტი?
 4. რა არის კოაგულაცია? რა უწევს წინააღმდეგობას კოაგულაციას და როგორ შეიძლება გამოვიწვიოთ ის?
 5. რა მოხდება კოლოიდური ხსნარების ერთიმეორეში შერევისას, თუ მათ ნაწილაკებს საპირისპირო ნიშნის მუხტები აქვთ?
 6. სადლაქოში კანის გაჭრისას სისხლის შესაკავებლად ჭრილობას შაბის ქვას — $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ შედგენილობის კრისტალს უსვამენ. ახსენით, რა ხდება ამ დროს, თუ ვიცით, რომ სისხლის ცილების კოლოიდური ნაწილაკები უარყოფითად არის დამუხტული.

§ 42. სილიკატური მანუფაქტურა

სილიციუმში ბუნებაში გვხვდება მხოლოდ ქანგბადნაერთების: კაჟმიწისა და სილიკატების სახით. სილიკატების შედგენილობაში ქანგბადისა და სილიციუმის შემდეგ ხშირად გვხვდება დედამიწის ქერქში გავრცელებულობის მიხედვით მესამე ელემენტი — ალუმინი, ასეთ ნაერთებს ალუმინსილიკატები ეწოდება. ალუმინსილიკატების აღნაგობა რთულია. ამიტომ მათ შედგენილობას ჩვეულებრივ გამოხატავენ ოქსიდებით, მაგალითად, მინდვრის შპატის შედგენილობა გამოისახება ფორმულით:



სურ. 31. თიხის კრისტალები 15000-ჯერ გადიდებისას.

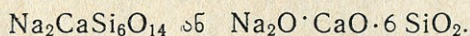
შედგება (სურ. 31.). ფირფიტისებრი ფორმის გამო ისინი მჭიდროდ, შუალედების გარეშე, ეკვრიან ერთიმეორეს, ამიტომ ქვიშნარისაგან განსხვავებით თიხნარი ნიადაგები წყალს არ ატარებენ. ბუნებრივი კაჟმიწა, სილიკატები და თიხა ნედლეულია სილიკატური მრეწველობისათვის, მის მთავარ პროდუქტებად ითვლება კერამიკა, მინა და ცემენტი.

კერამიკა (ბერძნული სიტყვიდან „კერამონ“ — თიხა). კერამიკის წარმოებისათვის ძირითადი ნედლეულია თიხა. თიხასთან ცოტა წყლის შერევით მიიღება პლასტიკური ცომი, რომელსაც აქვს მიცემული ფორმის შენარჩუნების უნარი, ფორმას ინარჩუნებს გამოშრობის შემდეგ და მაგრდება გამოწვისას.

გამომწვარი თიხის ნაკეთობებს კერამიკული ეწოდება. კერამიკა ერთ-ერთი უძველესი ხელოვნური და ახლა ყველაზე უფრო გავრცელებული მასალაა მშენებლობაში, ყოველდღიურ ცხოვრებასა და ხელოვნებაში. თეთრი თიხისაგან ამზადებენ ფაიფურისა და ქაშანურის ნაკეთობებს, თიხის ჭურჭელს. თიხის ცომისაგან დამზადებული ნაკეთობანი გამოწვით მხოლოდ შეცხოების დასაწყისამდე მიიყვანება და არა ლლობამდე. კერამიკული ნაკეთობები ფორიანი და ტენგამტარია. ამიტომ გარედან მათ ფარავენ ჭიქურით — სხვადასხვა ადვილლობადი შედგენილობით, რომელიც კერამიკული ნაკეთობის ზედაპირზე თხელ, ტენგაუმტარ მინისებრ ფენას წარმოქმნის.

მინა. მინა ჩვეულებრივ მიიღება ჭარბი რაოდენობით თეთრი ქვიშის, კირქვისა და სოდის ნარევის შედნობისას. ამ დროს გამოიყოფა

ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი და წამოიქმნება კაჟმიწასთან ნატრიუმი-
სა და კალციუმის სილიკატების შენადნობი. ჩვეულებრივი ფანჯრის
მინის სანიმუშო შედგენილობა შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:



გაცივებული მინა კრისტალური კი არა, არამედ ამორფული ნივ-
თიერებაა. მყარი მინის სტრუქტურაში არ არის იონთა განლაგების
ისეთი წყობა, როგორიც შეიმჩნევა, მაგალითად სუფრის მარილის,
ალმასის, კვარცისა და სხვა კრისტალებში. ამ თავისებურების გამო
მინა თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში (და პირიქით) ნახტომით კი
არ გადადის მკაცრად განსაზღვრულ ტემპერატურაზე, არამედ თან-
დათან შესქელებდა გაცივების მიხედვით სრულ გამყარებამდე. მინის
ამ თვისებაზეა დაფუძნებული მინასაბერი საქმე, ფურცლოვანი მინი-
სა და მინის ბოჭკოს წარმოება. გაგრილებული, მაგრამ ჯერ ისევ ნა-
ხევრად თხევადი მინის ულუფას ამოიღებენ აბაზანიდან და მისგან
გამობერვით ან დაწნეხვით იღებენ ყველანაირ მინის ნაკეთობას.

მინაში ნატრიუმისა და კალციუმის ფუძე ოქსიდების ნაცვლად სხვა
ერთ- და ორვალენტიანი ლითონების ოქსიდების შეყვანით და მჟავუ-
რი სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდის ნაცვლად ბორის ოქსიდის შეყვანით
შეიძლება მინის თვისებები ფართო ზღვრებში შეეცვალოს. მაგალი-
თად, პოტაშით (ე. ი. კალიუმის კარბონატით) სოდის შეცვლისას ილე-
ბენ ჩვეულებრივზე უფრო ძნელად მინას ქიმიური ჭურჭლი-
სათვის. თუ იმავდროულად კალციუმის ოქსიდს ტყვიის ოქსიდით
შეცვლიან, მიიღება ბროლი — ძლიერ შუქმტეხი მინა, რომელსაც
ოპტიკაში ლინზების, პრიზმებისა და აგრეთვე მხატვრული ჭურჭლის
დასამზადებლად იყენებენ. ფერად მინებს იღებენ საწყის ნარევი
ისეთი ლითონების ნაერთების შეყვანით, რომელთა იონებს სასურველი
შეფერილობა აქვთ.

ცემენტი. ცემენტი უმნიშვნელოვანესი თანამედროვე საშენი მასა-
ლაა, მას აწარმოებენ ისეთი მისაწვდომი ბუნებრივი მასალების, რო-
გორიცაა თიხა და კირქვა. ნარევის შეცხოების დაწყებამდე გავარჯა-
რის გზით. ცემენტი მიიღება ცილინდრულ დახრილ, ნელა მბრუნავ
ლუმელებში. ნარევი ჩაიტვირთება ლუმელის ზედა ბოლოში და თან-
დათანობით მოძრაობს ქვევით ფრქვევანათი ჩატუმბული სათბობის
წვის პროდუქტების — გავარჯარებული აირების ნაკადის შესახვედ-
რად. ამ დროს კირქვიდან ნახშირორჟანგი გამოიყოფა, თიხიდან კი —
წყალი, ხოლო დარჩენილი კალციუმის, ალუმინისა და სილიციუმის ოქ-
სიდები ერთმანეთთან წარმოქმნის ნაერთებს — ცემენტის შემადგე-
ნელ კალციუმის სილიკატებსა და ალუმინატებს. მას ფქვავენ და ფუ-

თავნ წყლისაგან იზოლაციის მიზნით. წყალთან ცემენტის შერევისას მიიღება ცემენტის ცომი, რომელიც თანდათან მაგრდება.

ეკონომიისა და ნაკეთობის სიმტკიცისათვის ცემენტს უშუალოდ მოხმარების წინ განსაზღვრული პროპორციით უმატებენ ქვიშას ან ღორღს. მიღებულ ნარევს ბეტონი ეწოდება. ბეტონის ნაგებობათა სიმტკიცე კიდევ უფრო იზრდება, თუ ბეტონში ჩატანებულია რკინის ღეროების კარკასი. ბეტონისა და რკინის ასეთ შეხამებას რკინაბეტონი ეწოდება. რკინაბეტონს ფართოდ იყენებენ კაპიტალურ მშენებლობაში, ქარხნების კორპუსების, კაშხალებისა და სხვა ნაგებობათა ასაგებად.

პარტიის მიერ დასახული საცხოვრებელი და საწარმოო ნაგებობათა მშენებლობის პროგრამის შესრულება შესაძლებელია საშენი მასალების, პირველ ყოვლისა, ცემენტის, ბეტონის, რკინაბეტონის მრეწველობის მზარდი ტემპით განვითარებითა და აგრეთვე მათი ხარისხის გაუმჯობესებით.

1. რა არის სილიკატური მრეწველობა? როგორია მისი წვლილი და ძირითადი პროდუქტები?

2. თიხის რა თვისებებზეა დამყარებული კერამიკულ ნაკეთობათა წარმოება?

3. შეიძლება თუ არა თითოეული ხარისხის მინა დავახასიათოთ დნობის ტემპერატურით? რატომ?

4. ცემენტის რა თვისებები უღვეს საფუძვლად მის გამოყენებას?

5. განმარტეთ: ა) მინის, ბ) ცემენტის წარმოების არსი.

6. რა არის: ა) ბეტონი, ბ) რკინაბეტონი?

7. დაწერეთ მინის ხარშვის დროს მიმდინარე რეაქციათა განტოლებები, როცა საწყის მასალად იღებენ პოტაშს K_2CO_3 , ტყვიის ოქსიდს PbO და თეთრ ქვიშას.

8. სსრ კავშირში სამშენებლო აგურის წარმოებაში თიხის აგურის შემდეგ მეორე ადგილზეა სილიკატური აგური, რომელიც თეთრი თიხისა და ჩამქრალი კირისაგან მზადდება და კალციუმის სილიკატით შეცემენტებული კვარცის მარცვლებია. დაწერეთ რეაქციის განტოლება, რომელიც სილიკატური აგურის დამზადების დროს მიმდინარეობს.

სინჯარაში ძლიერ გაავარვარეთ მშრალი თიხა. ამ დროს ჩატარებული დაკვირვების საფუძველზე შეადგინეთ რეაქციის განტოლება, რომელიც კერამიკული ნაკეთობების გამოწვის დროს მიმდინარეობს.

§ 43. სხვადასხვა ჯგუფის არალითონების წყალბადნაერთების თვისებათა შედარება

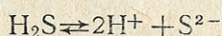
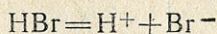
არალითონების შესწავლისას განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობოდა მათთვის დამახასიათებელ წყალბადნაერთებს, გავიხსენოთ, როგორი წყალბადნაერთების წარმოქმნა შეუძლია ქიმიურ ელემენტებს. წყალბადის ატომს შეუძლია კიდევ მიიღოს ელექტრონი ($H + e^- = H^-$), და კიდევ გასცეს იგი ($H - e^- = H^+$). ნაერთებს,

რომლებშიც წყალბადს აქვს ჟანგვის უარყოფითი ხარისხი და იგი შედის ჰიდრიდ-იონის H^- სახით, ეწოდება ჰიდრიდები. როგორც ყველა იონური ნაერთი, ჰიდრიდები არააქროლადი და ძნელდნობადია. ასეთი ნაერთები ყველაზე ტიპურ ლითონებს წარმოქმნიან, მაგალითად NaH , CaH_2 . გამდნარ მდგომარეობაში ეს ჰიდრიდები დისოცირდება ლითონის იონებად და ჰიდრიდ-იონებად H^- .

ყველაზე უფრო ტიპურ არალითონებთან ნაერთებში წყალბადს, პირიქით, აქვს ჟანგვის დადებითი ხარისხი. ასეთ ნაერთებს, მაგალი-

თად, H_2O^{+1-2} , HCl^{+1-1} , H_2S^{+1-2} მოლეკულური აგებულება აქვთ, ამიტომ ისინი ადვილდნობადი და აქროლადებია; ჩვეულებრივ პირობებში ისინი აირები ან აქროლადი სითხეებია (წყალი). ამ წყალბადნაერთების მოლეკულებში ქიმიურ ელემენტებს შორის არის კოვალენტური, პოლარული ბმები.

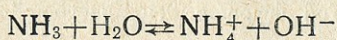
ახლა შევადაროთ პერიოდული სისტემის სხვადასხვა ჯგუფში მოთავსებული ელემენტების წყალბადნაერთების თვისებები. არალითონების წყალბადნაერთების თვისებებში განსხვავება განსაკუთრებით მკაფიოდ ვლინდება მათი წყალში გახსნისას. პერიოდული სისტემის VII და VI ჯგუფების არალითონთა წყალბადნაერთების მოლეკულები დისოცირდება წყალხსნარებში წყალბადის იონებად და შესაბამისი არალითონის ანიონებად.



ამგვარად, ამ წყალბადნაერთთა წყალხსნარები მჟავებია (იხ. ცხრილი 9).

VI და VII ჯგუფების არალითონთა სხვა წყალბადნაერთებთან შედარებით განსაკუთრებული თვისებები აქვს ჟანგბადის წყალბადნაერთს — წყალს. წყალი სუსტად დისოცირდება წყალბადის იონებად და ჰიდროქსიდ-იონებად, და ამიტომ მას აქვს ორნაირი თვისება.

V ჯგუფის ქიმიურ ელემენტთა წყალბადნაერთები ამიაკი NH_3 და ფოსფინი PH_3 ავლენენ ფუძე თვისებებს. მაგალითად, ამიაკის მოლეკულები დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმის მიხედვით მიიერთებენ წყალხსნარში არსებულ წყალბადის იონებს (იხ. გვ. 47) და ხსნარში კარბად აღმოჩნდება OH^- იონები:



ნახშირბადის წყალბადნაერთი — მეთანი CH_4 წყალში სუსტად ხსნადია და ხსნარში არ ამჟღავნებს არც მჟავას და არც ფუძის თვისე-

ბებს. წყალში მეთანის მოლეკულებისაგან არ წყდება წყალბადის იონები, ვინაიდან მათში წყალბადი არალითონის ატომთან შეკავშირებულია პოლარული კოვალენტური ბმით. იმავე დროს მეთანი არც იერთებს წყალბადის იონებს, ვინაიდან მის მოლეკულაში არ არის თავისუფალი ელექტრონული წყვილები, რომლებიც არ მონაწილეობენ ქიმიური ბმების წარმოქმნაში (ამიაკის მოლეკულაში აზოტის ატომის გარე შრეზე ორი შეწყვილებული s-ელექტრონის ტიპისა).

არალითონების წყალბადნერთების მიერ წარმოქმნილი მჟავებისა და ფუძეების ძალა კანონზომიერად იცვლება პერიოდული სისტემის ქვეჯგუფებში (ცხრილი 9).

ცხრილი 9

პერიოდები	ჯგუფები				
	IV	V	VI	VII	
II	$C^{-4}H_4^{+1}$	$N^{-3}H_3^{+1}$	$H_2^{+1}O^{-2}$	$H^{+1}F^{-}$	<div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> არალითონის ატომის რადიუსი იზრდება </div>
III	$(Si^{-4}H_4^{+1})$	$\begin{matrix} \text{V} \\ P^{-3}H_3^{+1} \end{matrix}$ ფუძეები	$H_2^{+1}S^{-2} <$	$H^{+1}Cl^{-1}$	
IV			$H_2^{+1}Se^{-2} <$	$H^{+1}Br^{-1}$	
V			$H_2^{+1}Te^{-2} <$	$H^{+1}I^{-1}$	
			მჟავები		

არალითონის ჟანგვის ხარისხი მცირდება
 ნიშანი $>$ აღნიშნავს, რომ ერთი მჟავა ძლიერია მეორეზე მჟავური ან ფუძე
 თვისებების მიხედვით.

მჟავების ძალა იზრდება, თუ განვიხილავთ მათ ცხრილში ზემოდან ქვემოთ და მარცხნიდან მარჯვნივ. რა არის ასეთი ცვლილებების მიზეზი?

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ დამუხტულ ნაწილაკებს შორის მიზიდულობის ძალა სუსტდება მათი მუხტების შემცირებისა და მათ შორის მანძილის გაზრდის კვალობაზე, მაშინ გასაგები იქნება არალითონების წყალბადნერთების მიერ წარმოქმნილი მჟავებიდან რატომ არის ყველაზე ძლიერი იოდწყალბადმჟავა და ბრომწყალბადმჟავა.

ერთმუხტიანი იონები I^{-} და Br^{-} , რომლებსაც არალითონების ანიონებს შორის ყველაზე დიდი რადიუსები აქვს, წყალხსნარებში

წყალბადის იონებთან მტკიცე ბმას არ წარმოქმნის. ოიდწყალბადმე-
ვა და ბრომწყალბადმევა წყალხსნარებში თითქმის მთლიანად დი-
სოციირებულია იონებად. ასევე მარილმჟავაც HCl თითქმის მთლიანად
შლება იონებად წყალხსნარში. მისი ძალა ოდნავ ნაკლებია ოიდწყალ-
ბადისა და ბრომწყალბადის მჟავებზე. შემდეგი ჰალოგენის — ფთო-
რის მიერ წარმოქმნილი მჟავა — მდნობი მჟავა HF — განეკუთვნება
სუსტ მჟავათა რიცხვს.

მჟავათა ძალის ანალოგიური ცვლილება შეიმჩნევა ასეთ მწკრივ-
შიც: $\text{H}_2\text{Te} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{S}$. ამ მჟავათა დისოციაციის ხარისხი მნიშვნე-
ლოვნად ნაკლებია, ვიდრე პერიოდების მიხედვით მეზობელი ჰალო-
გენების მიერ წარმოქმნილი მჟავებისა, ვინაიდან არალითონების ორ-
მუხტიანი იონები უფრო მტკიცედ იზიდავენ წყალბადის იონებს, ვიდ-
რე ერთმუხტიანი ჰალოგენიდ-იონები.

ახლა ავხსნათ, რატომ აქვს აზოტის წყალბადნაერთს NH_3 უფრო
ძლიერი ფუძე თვისებები ფოსფორის წყალბადნაერთთან PH_3 შედ-
არებით. NH_3 და PH_3 მოლეკულებიც წყალხსნარში მიიერთებენ H^+ იო-
ნებს, რის შედეგად ხსნარში ჩნდება OH^- იონების სიჭარბე. მაგრამ ფოს-
ფორის ატომის ბირთვის დიდი დადებითი მუხტის გამო, ვიდრე აზო-
ტის ატომის ბირთვს აქვს, ფოსფინის PH_3 დადებითად დამუხტულ
იონს ნაკლები მიერთების უნარი გააჩნია, ვიდრე ამიაკს NH_3 .

- ?
1. რატომ არის წყალბადის ნაერთები ლითონებთან არააქროლადი, ხოლო
VII, VI, V და IV ჯგუფების არალითონებთან — აქროლადი?
 2. ტუტე ლითონთა ჰიდრიდები წყალბადთან რეაგირებენ წყალბადის გამო-
ყოფით, მაგალითად: $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow$. გაარჩიეთ ეს რეაქცია რო-
გორც ჟანგვა-აღდგენითი.
 3. ჰალოგენწყალბადმჟავებიდან რომელია ყველაზე ძლიერი და რომელი —
ყველაზე სუსტი?
 4. რატომ უერთდება ფოსფინი PH_3 ამიაკისაგან განსხვავებით მხოლოდ
ყველაზე ძლიერ მჟავებს?
 5. დაწერეთ არალითონების წყალბადნაერთების ფორმულები ზოგადი სახით.
არალითონის ატომი აღნიშნეთ Hm ნიშნით: ა) პერიოდული სისტემის VII
ჯგუფის, ბ) VI ჯგუფის, გ) V ჯგუფის, დ) IV ჯგუფისა. რომელი ჯგუფის
არალითონები ავლენს წყალბადნაერთებში ჟანგვის უდიდეს ხარისხს, რომე-
ლი ჯგუფის არალითონები — უმცირესს?
 6. რომელი მსგავსი თვისებები აქვს: ა) V ჯგუფის არალითონების — აზოტი-
სა და ფოსფორის, ბ) VI ჯგუფის არალითონების — გოგირდის, სელენის,
ტელურის წყალბადნაერთებს?
 7. წყალხსნარებში არალითონების წყალბადნაერთებიდან რომელი ავლენს
უფრო მკაფიოდ გამოსახულ მჟავას თვისებებს, ხოლო რომელი — ტუტის
თვისებებს?

სახალხო მეურნეობის საფუძველია მანქანების წარმოება, ზოგი მათგანი ადამიანის მაგივრად მარტივ მექანიკურ სამუშაოს ასრულებს, ცვლის მის სუსტ კუნთებს, ზოგი კი ასრულებს ფაქიზ სამუშაოებს, რომელთა ხელით შესრულება მოითხოვდა დიდ დახელოვნებას ან საერთოდ შეუძლებელი აღმოჩნდებოდა. სხვები — გამომთვლელი ელექტრონული მანქანები — ზოგიერთ ოპერაციებში ცვლიან ადამიანის ტვინს. რაც უფრო მეტ მანქანებს აწარმოებენ და იყენებენ ქვეყანაში, მით უფრო სწრაფად ვითარდება მისი მრეწველობა, ტრანსპორტი და სოფლის მეურნეობა, მით მაღალია შრომის ნაყოფიერება. მანქანებს კი ლითონებისაგან ამზადებენ.

ლითონებს მიეკუთვნება ქიმიურ ელემენტთა უმრავლესობა.

ლითონებს შეიცავს ელემენტთა პერიოდული სისტემის ყველა ჯგუფი. პირველი სამი ჯგუფი შედგება მხოლოდ ლითონებისაგან, I ჯგუფში წყალბადისა და III ჯგუფში ბორის გამოკლებით. IV, V, VI ჯგუფებში ლითონები განლაგებულია არა მარტო თანმხლებ ქვეჯგუფებში, არამედ ქვემოთ მთავარ ქვეჯგუფებშიც.

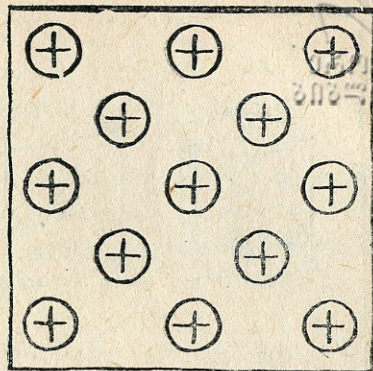
თანმხლები ქვეჯგუფის ყველა ქიმიური ელემენტი ლითონია. ოღონდ საჭიროა აღინიშნოს, რომ მრავალი ქიმიური ელემენტი, რომლებსაც ჩვეულებრივ ლითონებს მიაკუთვნებენ, ავლენს აგრეთვე არალითონურ თვისებებსაც, მაგრამ არც ისე მკაფიოდ, როგორც ლითონურს.

§ 44. ლითონების — მარტივი ნივთიერებების — აღნაგობა

თხევალსა და მყარ მდგომარეობაში არსებული ლითონების შემადგენელ ნაწილებს შორის არის თქვენთვის უცნობი ქიმიური ბმის სახე. რომ გამოვარკვიოთ, როგორ წარმოიქმნება ის, უნდა გავიხსენოთ, რომ ტიპობრივი ლითონები ხასიათდება ატომის გარე შრეზე ელექტრო-

ნების მცირე რიცხვით. მათი ატომების იონიზაციისათვის საჭიროა შედარებით მცირე ენერგია.

როცა ლითონის ორთქლის კონდენსაციის დროს ატომები ერთიმეორეს უახლოვდება, მათი გარე ელექტრონები მოცემული ლითონის ყველა ატომის საერთო სარგებლობაში გადადის. ლითონის დადებითი იონები ერთად კავდება ლითონში თავისუფლად მოძრავი ყველა ელექტრონის მიზიდვის ხარჯზე. ქიმიური ბმის ასეთ სახეს ლითონური ბმა ეწოდება (სურ. 32).



სურ. 32. ლითონური კრისტალის სქემატური გამოსახულება.

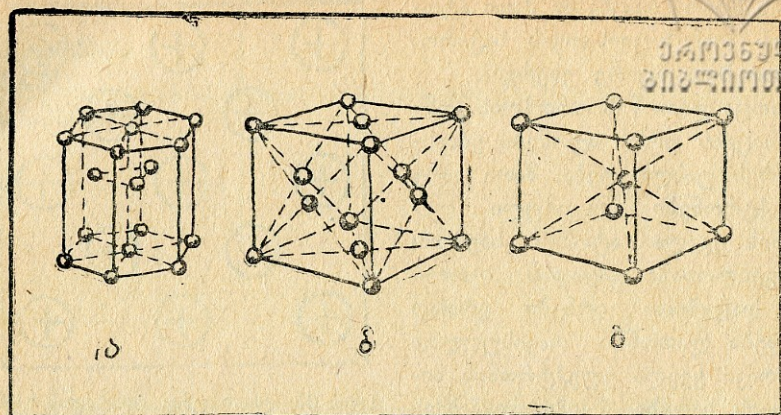
ლითონურ ბმას აქვს კოვალენტურ და იონურ ბმებთან მსგავსებისა და განსხვავების ნიშნები.

ლითონური ბმა კოვალენტურის მსგავსია იმით, რომ ამა თუ იმ ბმის წარმოქმნისას სავალენტო ელექტრონები გადადის ატომთა საერთო სარგებლობაში, მაგრამ ლითონური ბმის შემთხვევაში ეს ელექტრონები აკავშირებენ მოცემული ლითონის ნაჭრის ყველა ატომს, ხოლო კოვალენტურის შემთხვევაში — ორ გაერთიანებულ ატომს.

ლითონური ბმა იონურს ემსგავსება იონთა არსებობით, ოღონდ ლითონებში დადებითად დამუხტული იონები კავდება თავისუფლად გადანაცვლებადი ელექტრონებით და არა უარყოფითი იონებით, როგორც იონური ბმის მქონე ნივთიერებებში.

ლითონური ბმა არის თხევადსა და მყარ მდგომარეობაში მყოფ ლითონებში. მყარი ლითონები კრისტალური ნივთიერებებია. მათი კრისტალური გისოსები ალმასისა და სილიციუმის ატომური გისოსის მსგავსია, მაგრამ ლითონური გისოსების კვანძებში განლაგებულია დადებითად დამუხტული იონები.

ყველა დადებითად დამუხტული იონისაგან ყველა თავისუფალი ელექტრონის მიზიდულობის შედეგად ლითონური ბმა ძლიერ მტკიცეა. ამიტომ ლითონებისათვის დამახასიათებელია კრისტალური გისოსები (სურ. 33) იონების მკვრივი შეფუთვით, რომელიც მიიღწევა ჰექსაგონალური ტიპის გისოსების მქონე ლითონებში (თუთია, მაგნიუმი და სხვ.) ან კუბურ წახნაგ-ცენტრირებულში (სპილენძი, ვერცხლი, ალუმინი და სხვ.). ნაკლებად მკვრივია კუბური მოცულობით-ცენტრირებული გისოსი, ასეთ



სურ. 33. ლითონური კრისტალური გისოსის სახეები:
 ა) ჰექსაგონალური, ბ) კუბური წახნაგ-ცენტრირებული,
 გ) კუბური მოცულობით-ცენტრირებული.

გისოსს დაკრისტალებისას წარმოქმნის რკინა, ნატრიუმი, ბარიუმი და სხვ.

ზოგიერთ ლითონს, (მაგალითად, კალას) შეუძლია დაკრისტალდება ტემპერატურის მიხედვით ხან ერთი, ხან მეორე ტიპის გისოსის წარმოქმნით.

?



1. აღწერეთ ლითონების შინაგანი აღნაგობა და ლითონური ზმის ბუნება.
2. თუ უცბად გავაჩერებთ სწრაფადმბრუნავ ლითონის ღეროს, მის წინა ბოლოზე წუთით წარმოიქმნება უარყოფითი, ხოლო უკანა ბოლოზე — დადებითი მუხტები, რატომ?
3. რა განსხვავებაა კუბურ მოცულობით-ცენტრირებულსა და კუბურ წახნაგ-ცენტრირებულ გისოსს შორის? ამ ორიდან რომელი ტიპის გისოსი შესაბამეა იონთა უფრო მკვირვ შეფუთვისას?

§ 45. ლითონების ფიზიკური თვისებები

ლითონების აღნაგობის თავისებურებებით განისაზღვრება მათი დამახასიათებელი ფიზიკური თვისებები.

პლასტიკურობა. დეფორმაციის, ე. ი. ლითონის ნაჭრის ფორმის შეცვლის დროს ხდება იონთა ფენის გადანაცვლება ერთმეორის მიმართ, მაგრამ გაწყვეტა არ ხდება, ვინაიდან მათი შემაკავშირებელი ელექტრონები, გადანაცვლების გამო შესაბამისად ინარჩუნებენ გადანაცვლებულ იონებს შორის ბმას.

ელექტრული გამტარობა. ის გაპირობებულია ელექტრონების ადვილი გადანაცვლებით ლითონის მთელ ნაჭერში.

მაღალი თბოგამტარობა. ლითონის ნაჭრის ერთი უბნიდან მეორეში სითბოს გადასცემენ უმთავრესად იგივე ელექტრონები, ისინი არიან აგრეთვე ლითონების დამახასიათებელი ოპტიკური თვისებების — არაგამჭვირვალობისა და ლითონური ბზინვის მიზეზი.

ლითონური ბზინვის მიხედვით ჩვენ გამოვიცნობთ ლითონებსა და მათ შენადნობებს სხვა ნივთიერებებისაგან. ლითონები იმიტომ ბზინავენ, რომ თავისი ზედაპირიდან არეკლავენ სინათლის სხივებს, და არ გაატარებენ მათ, როგორც მინა, და თითქმის არ შთანთქავენ, როგორც მური.

ჩამოთვლილი თვისებები მათში ერთნაირად არ ვლინდება. მაგალითად, ელექტროგამტარობის მიხედვით ნივთიერებებს შორის პირველ ადგილზეა ვერცხლი. მას მოსდევს სპილენძი და ალუმინი. ელექტროტექნიკაში ვერცხლის სიძვირის გამო ელექტროგაყვანილობისათვის მასალად იყენებენ სპილენძსა და ალუმინს. ამ ლითონების გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა ელექტრული ენერგიის გადაცემა ათეული და ასეული კილომეტრების მანძილზე.

დანარჩენი ლითონების ელექტროგამტარობა ფართო ზღვრებში იცვლება. მაგალითად, ვოლფრამს ის 3,4-ჯერ ნაკლები აქვს, ვიდრე ვერცხლს.

თბოგამტარობის მიხედვით ლითონები განლაგდება ისეთივე თანამიმდევრობით, როგორც ელექტროგამტარობის მიხედვით: ვერცხლი, მას მოჰყვება სპილენძი და ალუმინი, შემდეგ სხვა ლითონები.

ლითონების დამახასიათებელი თვისება — პლასტიკურობა — პრაქტიკაში იმაში ვლინდება, რომ ჩაქუჩის დარტყმით ლითონები ნატყეზად კი არ იმსხვრევა, არამედ ბრტყელდება — ისინი ჭედალია, ჭედალობის მიხედვით ლითონებს შორის პირველი ადგილი ოქროს უჭირავს. ის შეიძლება გაიგლინოს ძალიან თხელ ნახევრადგამჭვირვალე ფურცლებად და გაიწელოს ძალიან წვრილ, თვალთ უხილავ მავთულად.

ლითონების სხვა ფიზიკური თვისებებიდან უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს სიმკვრივეს, ლობის ტემპერატურას, სიმტკიცესა და სიმაგრეს. ლითონის სიმკვრივე მით უფრო ნაკლებია, რაც უფრო ნაკლებია მისი ფარდობითი ატომური მასა და რაც უფრო მეტია ატომის რადიუსი. ლითონებში ის ძალიან ფართო ზღვრებში იცვლება: ლითიუმისა 534 კგ/მ³-დან ოსმიუმისა 22500 კგ/მ³-მდე. 5000 კგ/მ³-ზე ნაკლები სიმკვრივის ლითონებს მსუბუქი ეწოდება. საკონსტრუქციო ლითონებიდან მსუბუქად ითვლე-

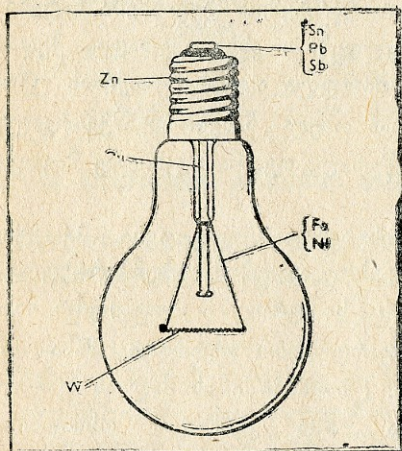
ბა მაგნიუმი, ალუმინი და ტიტანი; მათ ფართოდ იყენებენ თვითმფრინავების მშენებლობაში.

ზებგერითი სიჩქარის თვითმფრინავების მრავალ დეტალს ტიტანისა და მისი შენადნობისაგან ამზადებენ. ასეთი სიჩქარეების დროს ჰაერთან ხახუნი თვითმფრინავის შემონაკერს ძლიერ ახურებს, ხოლო ლითონის სიმტკიცე გახურებისას ჩვეულებრივ მნიშვნელოვნად მცირდება. ზებგერითი სიჩქარით ფრენისას ტიტანისა და მისი შენადნობების სიმტკიცის შემცირება თითქმის არ შეიმჩნევა (მაგ., ალუმინის შენადნობებისაგან განსხვავებით).

იმ შემთხვევებში, როდესაც აუცილებელია დიდი სიმკვრივის ლითონი (საფანტი, ტყვიები), ხშირად ტყვიას იყენებენ, თუმცა მისი სიმკვრივე (11340 კგ/მ^3) მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე ზოგი უფრო მძიმე ლითონისა. მაგრამ ტყვია შედარებით ადვილდნობადია და ამიტომ მოსახერხებელია დამუშავებისას. ამასთან ის შეუდარებლად იაფია ოსმიუმზე და მრავალ სხვა მძიმე ლითონზე.

ლითონთა თვისებები — ლღობის ტემპერატურა, სიმტკიცე, სიმაგრე — უმთავრესად დამოკიდებულია ლითონური ბმის სიმტკიცეზე. იგი სხვადასხვა ლითონს სხვადასხვანაირი აქვს. განსაკუთრებით დიდი სიმტკიცე აქვს მძიმე ლითონებს ატომის უკანასკნელის წინამშენებარე ელექტრონული შრით: ტანტალს, ვოლფრამსა და სხვას. ამიტომ ასეთი ლითონები ძნელდნობადობითა და დიდი სიმაგრით გამოირჩევიან.

ლითონების დნობის ტემპერატურები ძალიან ფართო ზღვრებში იცვლება: — 39°C -დან ვერცხლისწყლისა, 3410°C -მდე ვოლფრამისა, ვერცხლისწყალს, როგორც ერთადერთ თხევად ლითონს ჩვეულებრივ პირობებში, გამაზომ ხელსაწყოებში იყენებენ, ვოლფრამს — ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურის გამძლე ლითონი სჭირდებათ, მაგალითად, ელექტრონათურების ვარვარების ძაფებისათვის (სურ. 34).



სურ. 34. ელექტრონათურის დამზადებისას გამოყენებულია რვა ლითონი.

ლითონების სიმაგრე ფართო ზღვრებში იცვლება: ტუტე ლითონები ცვილივით რბილია, ხოლო ყველაზე მაგარი ლითონები, როგორიცაა ვოლფრამი და ქრომი, ქლიბით ვერ მუშავდება.

ლითონების სიმაგრე ფართო ზღვრებში იცვლება: ტუტე ლითონები ცვილივით რბილია, ხოლო ყველაზე მაგარი ლითონები, როგორიცაა ვოლფრამი და ქრომი, ქლიბით ვერ მუშავდება.

?

1. ჩამოთვალეთ ლითონების საერთო ფიზიკური თვისებები, ახსენით ისინი ლითონების აღნაგობის თეორიის თვალსაზრისით.

▲

2. დასახელეთ ყველაზე მსუბუქი და ყველაზე მძიმე ლითონი, ყველაზე ადვილდნობადი და ყველაზე ძნელდნობადი ლითონი, ყველაზე რბილი და ყველაზე მაგარი ლითონი.

3. ყოფა-ცხოვრებაში სად შეიძლება შევხვდეთ: ა) ვოლფრამს, ბ) ვერცხლს, გ) სპილენძს, დ) ვერცხლს? მოცემული ლითონის რომელ თვისებებს ემყარება ყოფა-ცხოვრებაში მისი გამოყენება?

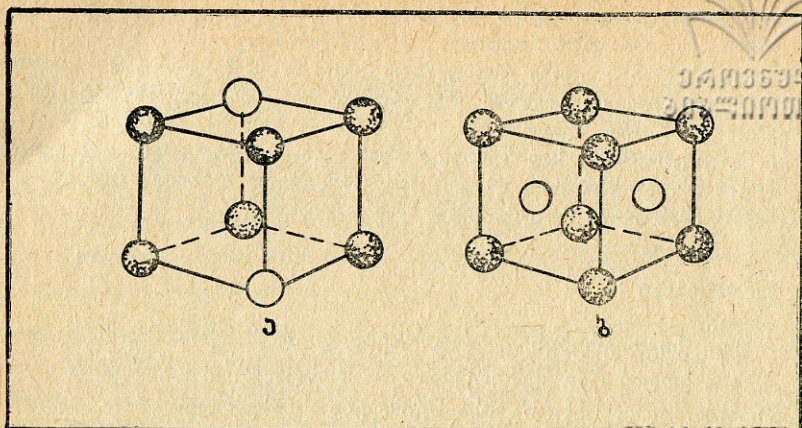
§ 46. შენადნობები

მარტივი ნივთიერებები — ლითონები — ერთმანეთს ჰგავს ლითონური ბმით, ხოლო რიგ შემთხვევაში — კრისტალური გისოსების ერთტიპურობით. ლითონური ბმა შეიძლება დამყარდეს არა მარტო ერთ, არამედ სხვადასხვა ლითონის დადებითად დამუხტულ იონებს შორისაც. ამიტომ ლითონებს შეუძლია შენადნობების წარმოქმნა. ზოგ შემთხვევაში ლითონების შენადნობებში შეიძლება არალითონებიც შედიოდეს.

ტექნიკაში უპირატესად შენადნობებს იყენებენ და არა სუფთა ლითონებს, ვინაიდან ცალკე ლითონებს არა აქვთ ყველა ის თვისება, რომლებიც აუცილებელია პრაქტიკული გამოყენებისათვის. ალუმინი მსუბუქი, მაგრამ არამტკიცე ლითონია, რომელსაც არა აქვს საკმარისი მაგრე. ალუმინის სიმაგრე და სიმტკიცე რომ გაზარდონ, იღებენ მის შენადნობს სპილენძთან, მანგანუმთან, მაგნიუმთან — დურალუმინს. ოქრო ლამაზია, მაგრამ ფრიად პლასტიკური. სუფთა ოქროს ნაკეთობა ადვილად დეფორმირდება, ცვდება, ეს რომ არ მოხდეს, საოქრომჭედლო ნაკეთობებისათვის ჩვეულებრივ იყენებენ ოქროს შენადნობს სპილენძთან. ხშირად შენადნობები მყარი ხსნარებია, მათ ასე იმიტომ უწოდებენ, რომ ნალღობიდან გამოკრისტალების შემდეგ მათში შენარჩუნებულია სხვადასხვა კომპონენტის ისეთივე თანაბარზომიერი განლაგება, როგორიც იყო თხევად მდგომარეობაში.

შენადნობის შემადგენელ ლითონთა იონების ზომების დიდი სიახლოვისას და მათ კრისტალურ გისოსთა ტიპების დამთხვევისას იქმნება ჩანაცვლებების მყარი ხსნარი, რომელშიც ერთ-ერთი ლითონის იონები კრისტალური გისოსის კვანძებში ნაწილობრივ ჩანაცვლებულია სხვა იონებით (სურ. 35, ა). მაგალითები: სპილენძის შენადნობი ნიკელთან (მელქიორები), სპილენძისა ალუმინთან.

თუ შენადნობში შემავალი ერთ-ერთი ლითონის იონები ან არალითონის ატომები ზომების მიხედვით მნიშვნელოვნად მცირეა სხვა ლითონის იონებზე, მაშინ შეიძლება წარმოიქმნას შენადნობი — ჩა-



სურ. 35. ა) შენადნობის წარმოქმნისას ერთ-ერთი ლითონის იონების ჩანაცვლება სხვა იონებით, ბ) ერთი ლითონის იონებს შორის სხვა იონების ჩანერგვა.

ნერგვის მყარი ხსნარი (სურ. 35, ბ). ამ შემთხვევაში ზომით ნაკლები ნაწილაკები შენადნობის გამოკრისტალეზისას განლაგდება კრისტალური გისოსის კვანძებში მოთავსებულ ლითონის დადებითად დამუხტულ იონებს შორის. ჩანერგვის შენადნობებს მიეკუთვნება, მაგალითად, ფოლადი — რკინის შენადნობი ნახშირბადთან. ზოგიერთ შენადნობში ჩანართების სახით არის შენადნობის წარმოქმნილი კომპონენტების ქიმიური ნაერთები. შენადნობებში ასეთ ნაერთებს წარმოქმნის მაგნიუმი ტყვიასთან, მაგნიუმი თუთიასთან, რკინა ნახშირბადთან.

ერთგვაროვანი თხევადი შენადნობის წარმოქმნილი ზოგიერთი ლითონი გაცივებისას კრისტალდება ცალ-ცალკე. ამიტომ მათი მყარი შენადნობი სხვადასხვა ლითონის კრისტალების მექანიკური ნარევი. ამ შენადნობებს მნიშვნელოვანი სიმტკიცე, მაგრამ დნობის დაბალი ტემპერატურა აქვს. ასეთ შენადნობებს მიეკუთვნება რჩილვისათვის გამოყენებული კალისა და ტყვიის შემცველი შენადნობი.

მაინც რატომ აქვს შენადნობს სხვა თვისებები, ვიდრე მის შედგენილობაში შემავალ ლითონებს?

შენადნობს, ჩვეულებრივ, მის შედგენილობაში შემავალ ლითონებთან შედარებით აქვს უფრო დაბალი ელექტროგამტარობა და თბოგამტარობა. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ შენადნობში არის სხვა ლითონების იონები, რომლებიც აფერხებენ თავისუფალი ელექტრონების მოძრაობას. შენადნობს მის შედგენილობაში შემავალ ლითონებთან შედარებით, როგორც წესი, მეტი სიმკვრივე და ნაკლები პლასტიკურობა ახასიათებს. ამის მიზეზია ის, რომ შენადნობის წარმოქმნილი

ლითონების იონთა ზომები განსხვავებულია. ერთი ლითონის დიდი ზომის იონები იჭრებიან მეორის კრისტალურ გისოსში და თითქმის გასწევენ მას, ხოლო მცირე ზომის იონები ცდილობენ მის შეკუმშვას. ორივე შემთხვევაში შენადნობში წარმოიქმნება დაძაბულობა, რომელიც ზრდის მის სიმაგრეს და აქვეითებს პლასტიკურობას.

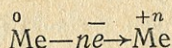
- ❓ 1. რატომ იყენებენ პრაქტიკაში ცალკეული ლითონების ნაცვლად ლითონების შენადნობებს?
- ▲ 2. როგორი სტრუქტურის შენადნობებია თქვენთვის ცნობილი?
3. შენადნობებში რა შემთხვევებში წარმოიქმნება ხსნარები: ა) ჩანაცვლების, ბ) ჩანერგვის?
4. რა შემთხვევაში წარმოიქმნება შენადნობები მექანიკური ნარევის სტრუქტურით?
5. რკინისა და ქრომის კრისტალური გისოსი ერთნაირი ტიპისაა. რკინის ატომის რადიუსი — 0,13 ნმ, ქრომისა — 0,13 ნმ. როგორი ტიპის შენადნობს წარმოქმნიან ისინი?
6. შენადნობებში გადასვლისას როგორ იცვლება ლითონების სიმაგრე, პლასტიკურობა, ელექტროგამტარობა, თბოგამტარობა? რაზეა დამოკიდებული ასეთი ცვლილებანი?

§ 47. ლითონების ქიმიური თვისებები

ლითონთა ატომების აღნაგობა განსაზღვრავს არა მარტო მარტივ ნივთიერებათა ლითონების დამახასიათებელ ფიზიკურ, არამედ საერთო ქიმიურ თვისებებსაც.

ლითონების ყველა ქიმიური რეაქცია მათი დიდი მრავალფეროვნებით ქანგვა-აღდგენითა და შეიძლება ორი ტიპისა იყოს: შეერთებისა და ჩანაცვლების. ქიმიური რეაქციის დროს ლითონები გასცემენ ელექტრონებს, ე. ი. აღმდგენებია, წარმოქმნილ ნაერთებში ავლენენ ქანგვის მხოლოდ დადებით ხარისხს.

ზოგადი სახით ეს შეიძლება სქემით გამოვსახოთ:

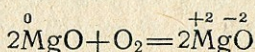


სადაც Me — ლითონი — მარტივი ნივთიერებაა, ხოლო Me^{+n} — ლითონი — ქიმიური ელემენტია ნაერთში.

ლითონებს უნარი აქვთ თავიანთი სავალენტო ელექტრონები გადასცენ არალითონების ატომებს, წყალბადის იონებს, სხვა ლითონების იონებს და ამიტომ რეაგირებენ არალითონებთან — მარტივ ნივთიერებებთან, წყალთან, მეავებთან, მარილებთან. ოღონდ განსხვავებულია ლითონების აღდგენის უნარი. სხვადასხვა ნივთიერებებთან ლითონების რეაქციის პროდუქტების შედგენლობა დამოკიდებულია ავ-

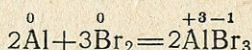
რეთვე ნივთიერების ჟანგვის უნარიანობასა და იმ პირობებზე, რომელშიც მიმდინარეობს რეაქცია.

მაღალ ტემპერატურაზე ჟანგბადში იწვის ლითონების უმრავლესობა:



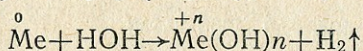
ამ პირობებში არ იჟანგება მხოლოდ ოქრო, ვერცხლი, პლატინა და ზოგიერთი სხვა ლითონი.

ლითონების უმრავლესობა აქტიურად რეაგირებს ჰალოგენებთან გაუცხვლებლად. მაგალითად, ალუმინის ფხვნილი ინთება ბრომთან შერევისას:



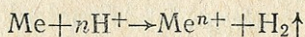
წყალთან ლითონების ურთიერთქმედებისას ზოგიერთ შემთხვევაში პიდროქსიდები წარმოიქმნება.

ტუტე ლითონები და აგრეთვე კალციუმი, სტრონციუმი, ბარიუმი, წყალთან ჩვეულებრივ პირობებში ძლიერ აქტიურად ურთიერთქმედებენ. ამ რეაქციის სქემა ზოგადად შეიძლება ასე ჩაიწეროს:



სხვა ლითონები წყალთან რეაგირებენ გახურებით: მაგნიუმი წყლის დუღილისას, რკინა წყლის ორთქლში წითელი ვარვარებისას. ამ შემთხვევებში მიიღება ლითონთა ოქსიდები.

თუ ლითონი რეაგირებს მჟეასთან, მაშინ ის შედის წარმოქმნილი მარილის შედგენილობაში. როცა ლითონი ურთიერთქმედებს მჟავათა ხსნარებზე, ის შეიძლება დაიჟანგოს ამ ხსნარში არსებული წყალბადის იონებისაგან. შეკვეცილი იონური განტოლება ზოგადად შეიძლება ასე ჩაიწეროს:



წყალბადის იონებზე ძლიერი დამჟანგავი თვისებები აქვთ ჟანგბადის შემცველ ისეთ მჟავათა ანიონებს, როგორიცაა, მაგალითად, კონცენტრირებული გოგირდმჟავა და აზოტმჟავა. ამიტომ ამ მჟავებთან რეაგირებს ის ლითონები, რომლებიც არ იჟანგებიან წყალბადის იონებისაგან, მაგალითად, სპილენძი, ვერცხლი.

მჟავებისა და მარილების ხსნარებთან ლითონების ურთიერთქმედების თავისებურებანი განხილული იქნება შემდეგ პარაგრაფში.

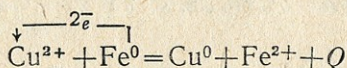
?

1. დაახასიათეთ ყველა ლითონის საერთო ქიმიური თვისებები.
2. დაწერეთ არალითონთან ლითონის ურთიერთქმედების სქემა, ლითონი აღნიშნეთ სიმბოლოთი Me, არალითონი — HM, ხოლო ნაერთებში ლითონის ჟანგვის ხარისხი +n, არალითონისა —m.

3. დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები: ა) ალუმინსა და გოგირდს შორის, ბ) ბარიუმსა და წყალს შორის, გ) სპილენძსა და კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას შორის. თითოეულ რეაქციაში რა ითვლება მჟანგავად, რა — აღმდგენად?
4. მოიყვანეთ ლითონების მონაწილეობის მაგალითები: ა) შეფერების, ბ) ჩანაცვლების რეაქციებში. მიუთითეთ, როგორია ლითონების როლი ამ რეაქციებში.

§ 48. ლითონების ელექტროქიმიურ ქაზავათა მჟარიში

რკინის რომელიმე მარილის, მაგალითად, მისი სულფატის FeSO_4 ხსნარში თუ ჩავდებთ სპილენძის ნაჭერს, არავითარი რეაქცია არ მოხდება: სპილენძი ვერ გამოაძევებს რკინას მისი მარილიდან. მოვიქცეთ პირიქით: სპილენძის რომელიმე მარილის, მაგალითად, მისი სულფატის CuSO_4 ხსნარში ჩავდეთ რკინის ლურსმანი. რკინა მაშინვე სპილენძის წითელი ფენით დაიფარება, ხოლო ხსნარის ცისფრად შეფერვა, რაც დამახასიათებელია სპილენძის ჰიდრატირებული იონებისათვის, თანდათან სუსტდება და შეიცვლება რკინის ჰიდრატირებული იონების მომწვანო შეფერვით. რკინა სპილენძს აძევებს მისი მარილის ხსნარიდან:

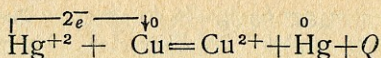


რეაქცია შეპირობებულია რკინის ატომებიდან სპილენძის იონებისაკენ ელექტრონების გადასვლით. რკინა სპილენძს იმიტომ აძევებს, რომ რკინის ატომები ელექტრონებს უფრო ადვილად გასცემს, ვიდრე სპილენძის ატომები. რაც უფრო ადვილად გასცემს ელექტრონებს ლითონის ატომები, ქიმიურად მით უფრო აქტიურია ლითონი: რკინა ქიმიურად უფრო აქტიურია, ვიდრე სპილენძი.

თუ იმავე სპილენძ (II)-ის სულფატის ხსნარში ჩავაგდებთ ვერცხლისწყლის წვეთს, რეაქცია არ მოხდება: ვერცხლისწყალი ვერ აძევებს სპილენძს მისი მარილებიდან. მაგრამ თუ პირიქით მოვიქცევით: სპილენძის ფირფიტას ჩავდებთ ვერცხლისწყლის რომელიმე მარილის, მაგალითად, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ხსნარში, სპილენძის ფირფიტა გარეგნულად მაშინვე ვერცხლისას¹ დაემსგავსება, მის ზედაპირზე ლითონური ვერცხლისწყალი გამოიყოფა, ხოლო თავიდან უფრო ხსნარი იძენს ჩვენთვის ცნობილი სპილენძის ჰიდრატირებულ იონთა ცისფერ შეფერი-

¹ ამ ცდის ჩატარება არ შეიძლება არც საშინაო პირობებში, არც სასკოლო ლაბორატორიაში, ვინაიდან ორვალენტიანი ვერცხლისწყლის ნაერთი და თავად ვერცხლისწყალი (მისი ორთქლი) ძლიერი მომწამლავია. მათზე მუშაობა შეიძლება მხოლოდ სპეციალურად მოწყობილ შენობებში.

ლობას, სპილენძი ვერცხლისწყალს აძევენ მისი მარილების ხსნარებიდან:



რეაქცია მიმდინარეობს სპილენძის ატომებიდან ვერცხლისწყლის იონებისათვის ელექტრონების გადაცემით. ქიმიურად რკინაზე ნაკლებ აქტიური სპილენძი ვერცხლისწყალზე უფრო მეტად აქტიური აღმოჩნდა.

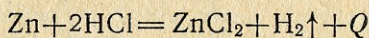
ამგვარად, მარილებში ლითონის ლითონით ჩანაცვლების რეაქციები მდგომარეობს ჩანაცვლებელი — უფრო აქტიური ლითონების ატომებიდან ჩასანაცვლებელი — ნაკლებად აქტიური ლითონის იონებისაქენ ელექტრონების გადანაცვლებაში. ასეთი რეაქციები შეუქცევია; თუ ა ლითონი აძევენ ბ ლითონს მისი მარილების ხსნარიდან, მაშინ ბ ლითონი ვერ გამოაძევენს ა ლითონს მისი მარილების ხსნარიდან.

ლითონები მათი მარილების ხსნარებიდან ერთიმეორის გამოძევის რეაქციაში ქიმიური აქტივობის კლების მიხედვით რუსმა ქიმიკოსმა ნ. ნ. ბეკეტოვმა დააღაგა მწკრივად, რომელსაც ლ ი თ ო ნ ე ბ ი ა ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივი ეწოდება. აი ეს მწკრივი:

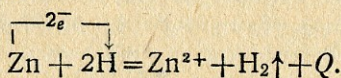


ამ მწკრივში მაგნიუმის მარცხნივ განლაგებულ ლითონებს შეუძლია გამოაძევოს მომდევნო ლითონები მათი მარილების ხსნარებიდან. მაგნიუმამდე განლაგებულ ტუტე ლითონ ნატრიუმს Na და ლითონ კალციუმს Ca ყველაზე დიდი ქიმიური აქტივობა ახასიათებს. წყალთან ისინი მძაფრად რეაგირებენ და ამიტომ არ შეიძლება გამოვიყენოთ მარილთა წყალხსნარებიდან ნაკლებად აქტიური ლითონების გამოსაძევებლად.

ლითონთა ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში ჩართულია წყალბადი, როგორც ერთადერთი ახალითონი, რომელიც იზიარებს (ინაწილებს) ლითონების საერთო თვისებას — წარმოქმნას დადებითად დამუხტული იონები. ამიტომ წყალბადს შეუძლია ჩანაცვლოს ზოგიერთ ლითონს მათ მარილებში და თვითონაც ჩანაცვლებულ იქნეს მეავებში მრავალი ლითონით, მაგალითად:

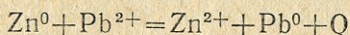


იონური განტოლება:

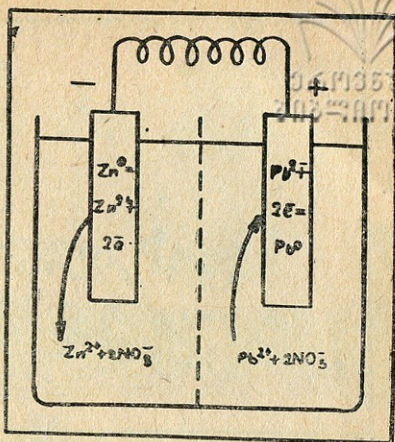


ელექტროქიმიურ დაბათა მწკრივში წყალბადამდე მდგომი ყველა ლითონი აძევებს მას მრავალი მჟავას ხსნარებიდან (მარილმჟავა, გოგირდმჟავა და სხვ.), ხოლო ყველა მისი მომდევნო, მაგალითად, სპილენძი, ვერ აძევებს.

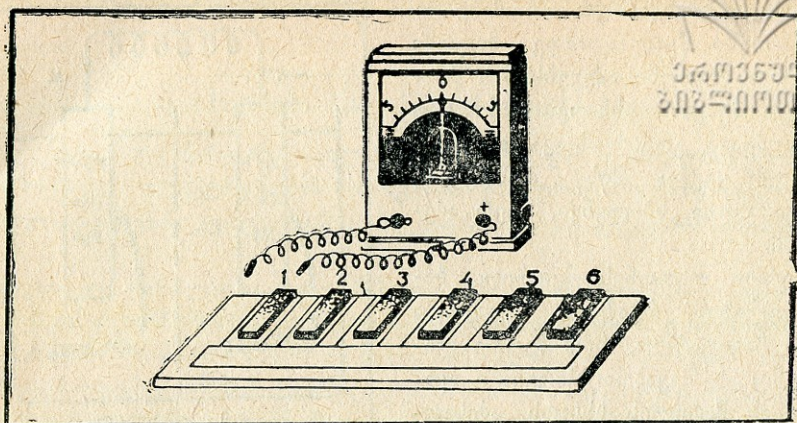
ერთი ლითონის მეორით ჩანაცვლების რეაქცია შეიძლება ისე ჩავატაროთ, რომ მეორე ლითონი არ შევახოთ პირველი ლითონის მარილის ხსნარს. ამისათვის შეიძლება ორივე ლითონი, მაგალითად, თუთია და ტყვია, ჩავძიროთ ფოროვანი ტიხრით განცალკევებული მათი საკუთარი მარილების ხსნარებში, ლითონები მავთულით შევაერთოთ, როგორც ეს 36-ე სურათზეა წარმოდგენილი. მოხდება იგივე რეაქცია, როგორც თუთიის ჩაძირვისას უშუალოდ ტყვიის მარილის ხსნარში:



მარცხენა განყოფილებაში თუთია გაიხსნება ე. ი. ხსნარში Zn^{2+} იონების სახით გადავა. ამ დროს თუთიის ატომებისაგან გათავისუფლებული ელექტრონები მავთულით ტყვიის ფირფიტაში გადაინაცვლებს. ხსნარში არსებული ტყვიის იონები მიიზიდება მასთან, მიიერთებს ელექტრონებს და გარდაიქმნება ელექტრონეიტრალურ ატომებად—ტყვიის ფირფიტა ლითონური ტყვიის ახალი ფენებით დაიფარება. ამ დროს მჟავური ნაშთის ანიონები ფოროვანი ტიხრით მარჯვენა განყოფილებიდან, რომელშიც კათიონები კლებულობს, გადავა მარცხენაში, სადაც კათიონები გროვდება. როგორც ფიზიკის კურსიდან არის ცნობილი, ასეთ მოწყობილობებს გაღვანური ელემენტები ეწოდება და იყენებენ ელექტრული დენის წყაროდ. გაღვანური ელემენტი შეიძლება ავაწყოთ სხვადასხვა წყვილი ლითონისაგან, რომლებიც მათივე მარილების ხსნარებშია ჩაძირული. ასეთი ელემენტების პოლუსებზე დაბვა მით უფრო მეტი იქნება, რაც უფრო დაშორებულია ერთმანეთისაგან ლითონები, ჩვენ მიერ განხილულ მწკრივში გაღვანურ ელემენტებში წარმოქმნილ დაბევებზე (ელექტ-



სურ. 36. თუთია-ტყვიის გაღვანური ელემენტების სქემა.



სურ. 37. ლითონების ელექტრულ ძაბვათა გაზომვა:
1 — თუთია; 2 — რკინა; 3 — ნიკელი; 4 — ტყვია; 5 — სპილენძი; 6 — ვერცხლი.

რონულ პოტენციალებზე) წარმოდგენა შეიძლება მივიღოთ 37-ე სურათზე გამოსახული ხელსაწყო დახმარებით.

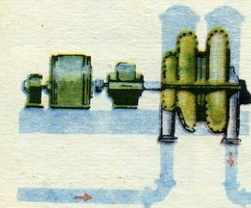
მინის ფირფიტაზე ათავსებენ სხვადასხვა ლითონის მარილების ხსნარებით გაჯენილი ფილტრის ქაღალდის ზოლებს. თითოეულ ზოლზე დებენ იმავე ლითონის ფირფიტას, რომლის მარილითაც გაჯენილია ზოლი. ზოლების გარდიგარდმო ათავსებენ ფილტრის ქაღალდის ზოლს, მასაც გაჯენთავენ რომელიმე ელექტროლიტის მარილის ხსნარით, ვოლტმეტრის მავთულებით ყოველი ლითონური ფირფიტების წყვილთან შეხებისას ვოლტმეტრის ისარი იხრება, და მით უფრო ძლიერად, რაც უფრო შორსაა ერთიმეორისაგან ორი ლითონი ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში.

თითოეული ლითონი შეიძლება დავახასიათოთ ძაბვის მნიშვნელობის მიხედვით, რომელიც წარმოიქმნება გალვანურ ელემენტში იმ პირობით, თუ ამ ელემენტის ერთი ელექტროდი მოცემული ლითონია, ხოლო მეორე — წყალბადი. ამიტომაც ზემომოყვანილ მწკრივს ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივი ეწოდება.

ლითონების ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში ლითონის ადგილით შეიძლება გავარკვიოთ ლითონი ბუნებაში თავისუფალი სახით (თვითნაბად მდგომარეობაში) არის თუ ქიმიური ნაერთების სახით. ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში წყალბადის წინ მდებარე ლითონები დედამიწის ქერქში გვხვდება მხოლოდ ქიმიურ ნაერთების სახით. მწკრივში წყალბადის მარჯვნივ მდებარე ლითონები — სპილენძი, ვერცხლისწყალი, ვერცხლი — იშვიათად გვხვდება თვითნაბადი სახით,

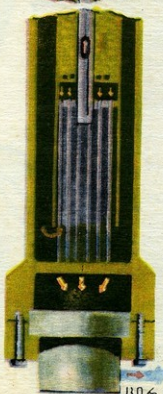
1. აფიკის ნარმოება

ტუბოკომპრესორი



აფოტფადბადის ნარვი

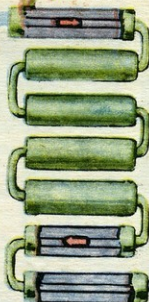
სიფოფის სვასი



სიკაულასიური გაზი

მასივარი

წყალი



წყალი

გაზი

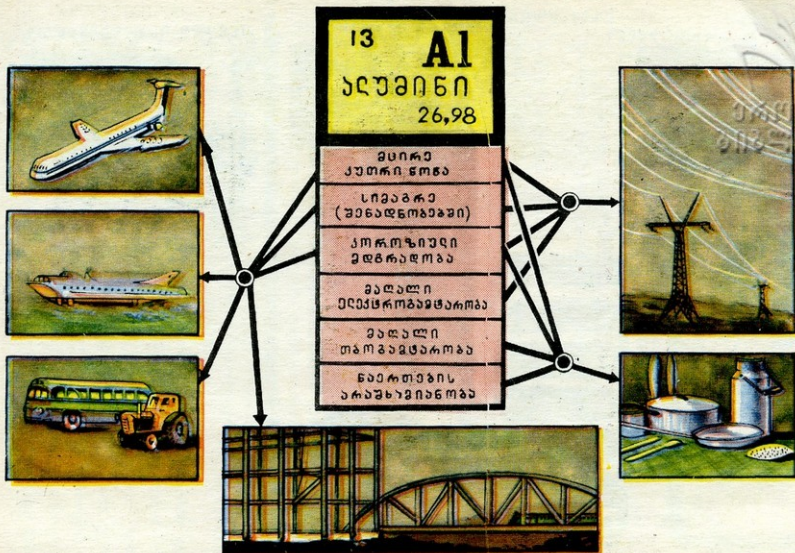
ეროვნული
ნიშნით



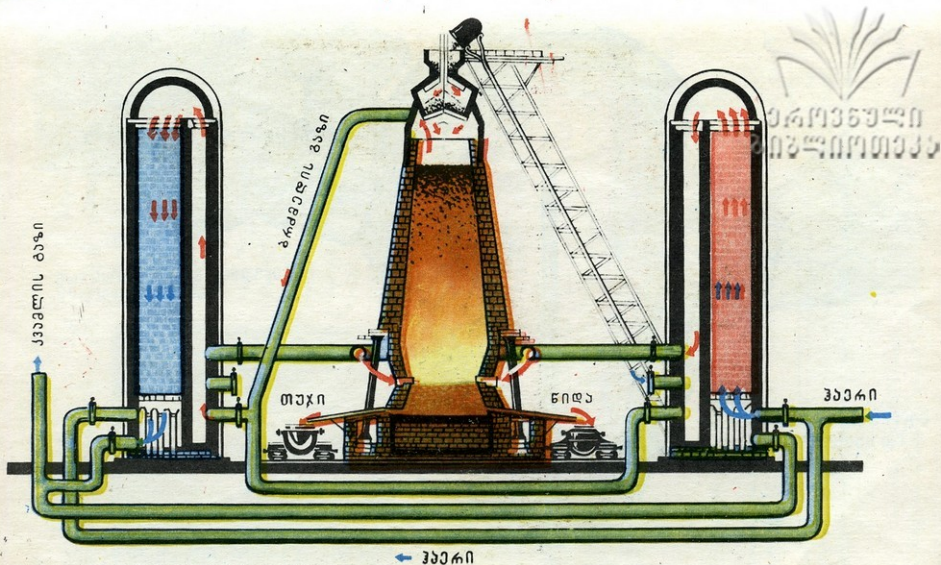
სიკაულასიური
კომპრესორი

სეკარატორი

აფიკი
საფოხისა-
კან

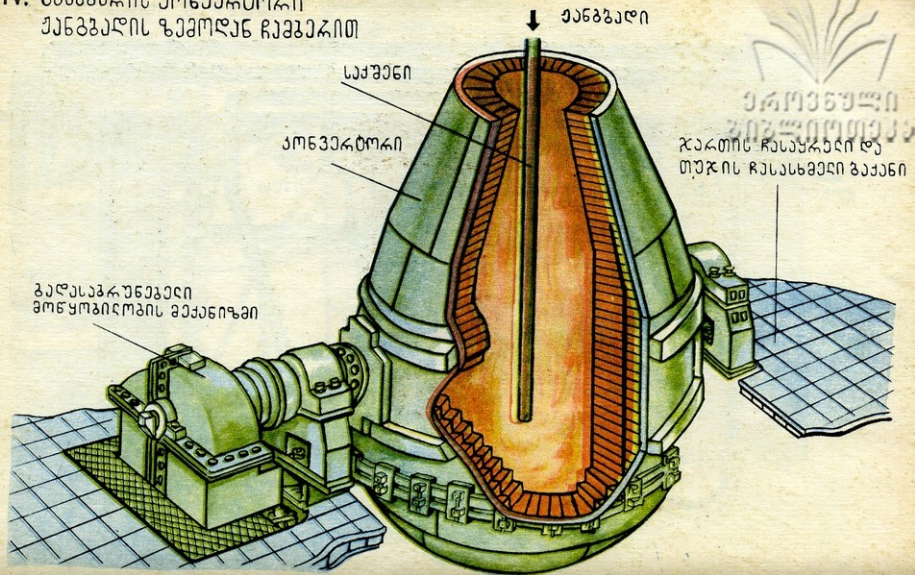


II. ალუმინის გამოყენების კავშირი მის თვისებებთან



III. გაზების წარმოება

IV. გესეპეკის კონვერტორი ენეგეპლის ზემოლან ჩეპეკიტ



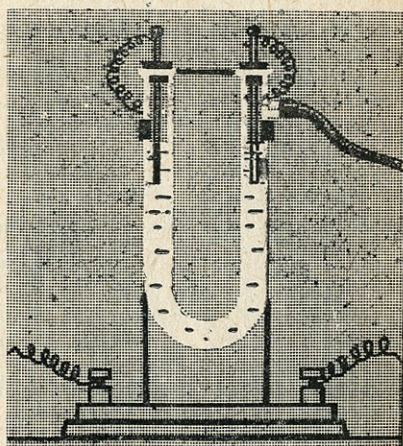
შეგრამ უმთავრესად ისინიც ნაერთების სახით. მწკრივის დამამთავრებელი ლითონები — ოქრო და პლატინა — გვხვდება თითქმის მხოლოდ თვითნაბადი სახით.

- ?
1. მოცემულია ლითონები: ალუმინი, კალა, სპილენძი, ვერცხლისწყალი, ვერცხლი და მათი მარილების ხსნარები. დაწერეთ დასახელებულ ლითონებსა და მარილებს შორის განსახორციელებელი რეაქციების იონური განტოლებები:
 2. შეიძლება თუ არა გალვანურ ელემენტში, რომლის სქემა 36-ე სურათზეა ნაჩვენები, ტყვიის ფირფიტა გრაფიტით შევცვალოთ? თუთიის ფირფიტა? პასუხი დაასაბუთეთ.
 3. ენერგიის როგორი გარდაქმნები ხდება გალვანურ ელემენტებში?

§ 49. ელექტროლიზი

გალვანური ელემენტით ჩაკეტილ წრედში ელექტრული დენი წარმოიქმნება ელემენტში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების შედეგად. ახლა გავცნოთ მოვლენებს, რომლებშიც ქიმიური რეაქციებით კი არ აღიჭვრება ელექტრული დენი, არამედ, პირიქით, ქიმიური რეაქციები ხდება ელექტრული დენის ზემოქმედებით. ასეთი რეაქციები შეიმჩნევა ელექტროლიტების წყალხსნარებსა ან ნაღობებში მუდმივი ელექტრული დენის გატარებისას.

U-ს ფორმის მილში (სურ. 38) ჩავასხათ რომელიმე ელექტროლიტის, მაგალითად, სპილენძ (II)-ის ქლორიდის CuCl_2 ხსნარი. მილის თითოეულ მუხლში ჩავძიროთ ელექტროდები — ნახშირის ღეროები და ორივე ელექტროდი გამტარებით მივუერთოთ მუდმივი დენის წყაროს (მაგალითად, აკუმულატორს). ელექტროლიტის ხსნარში ელექტრული დენის გავლის შედეგად უარყოფითად დამუხტული ელექტროდის ზედაპირზე წარმოიქმნება ლითონური სპილენძის წითელი ფენა. დადებითად დამუხტული ელექტროდის ზედაპირზე გაჩნდება აირის — ქლორის ბუშტულები. ამრიგად, ელექტრული დენი შლის სპილენძ (II)-ის ქლორიდის ხსნარს სპილენძად და ქლორად.



სურ. 38. ხელსაწყო ელექტროლიზისათვის.

როგორია ამ პროცესის მექანიზმი? თქვენთვის ცნობილია, რომ წყალხსნარში სპილენძ(II)-ის ქლორიდი მთლიანად დისოცირებულია იონებად:



როცა წრედი გათიშულია და ელექტრული დენი ხსნარში აღარ გადის, სითბური რხევების შედეგად იონები ხსნარში უწყესრიგოდ მოძრაობენ. წრედის ჩართვისას იონთა მოძრაობის ხასიათი იცვლება. ახლა იონები გადაინაცვლებენ განსაზღვრული მიმართულებებით: დადებითად დამუხტულნი — უარყოფითად დამუხტული ელექტროდისაკენ, ხოლო უარყოფითად დამუხტულნი — დადებითად დამუხტული ელექტროდისაკენ. უარყოფითად დამუხტულ ელექტრონზე თავისუფალი ელექტრონების სიჭარბეა. სპილენძის იონები Cu^{2+} მიიღწევენ მის ზედაპირს, იძენენ დანაკლის ელექტრონებს და აღდგებიან სპილენძის ნეიტრალურ ატომებად:



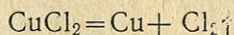
დადებითად დამუხტულ ელექტროდზე ელექტრონების უკმარისობაა. ქლორიდ-იონები Cl^- მიიღწევენ მის ზედაპირს, გასცემენ ჭარბ ელექტრონებს და იჟანგებიან ქლორის თავისუფალ ატომებად:



ქლორის ნეიტრალური ატომები მაშინვე წყვილ-წყვილად გაერთიანდებიან და ქმნიან ქლორის მოლეკულებს Cl_2 :



ამრიგად, ელექტრული დენის გავლა იწვევს იონების აღდგენას ერთ ელექტროდზე და დაჟანგვას — მეორეზე. თუ შევაჯამებთ ცალ-ცალკე (1)–(4) განტოლებათა მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებს, მივიღებთ ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციის შეჯამებულ განტოლებას, რომელიც მიმდინარეობს სპილენძ(II)-ის ქლორიდის ხსნარში ელექტრული დენის გატარებისას:



ელექტროლიტების ხსნარებში (ან ნაღნობებში) ელექტრული დენის გატარებისას მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს ელექტროლიზი ეწოდება.

ელექტროდებს, რომელთა ზედაპირებზე ჟანგვისა და აღდგენის პროცესები მიმდინარეობს, აქვთ სპეციალური სახელწოდებანი. ელექტ-

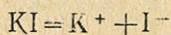


ტროდს, რომლის ზედაპირზე აღდგენა მიმდინარეობს, კათოდი ეწოდება; ხოლო ელექტროდს, რომლის ზედაპირზე ჟანგვა მიმდინარეობს — ანოდი. ელექტროლიზის დროს ანოდი დამუხტულია დადებითად, ხოლო კათოდი — უარყოფითად. გაღვანურ ელემენტში, პირიქით, კათოდი დამუხტულია დადებითად, ხოლო ანოდი — უარყოფითად.

რაც უფრო ნაკლებად აქტიურია ლითონი, ე. ი. რაც უფრო მარჯვნივაა განლაგებული ლითონების ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში მისი ნეიტრალური ატომები, მით უფრო ძნელად გასცემენ ელექტრონებს. ცხადია, რომ, რაც უფრო ნაკლებად აქტიურია ლითონი, მისი დადებითად დამუხტული იონები მით უფრო ადვილად შეიძენენ დანაკლის ელექტრონებს და გარდაიქმნებიან ნეიტრალურ ატომებად. ამიტომ რამდენიმე ლითონის კათიონების შემცველი წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს კათოდზე ჯერ ნაკლებად აქტიური ლითონების კათიონები აღდგებიან, მაგალითად, თუ ხსნარში ერთდროულად არსებობს სპილენძისა Cu^{2+} და ნაკლებად აქტიური ვერცხლის Ag^{+} კათიონები, მაშინ ელექტროლიზის დროს კათოდზე ჯერ აღდგება ვერცხლის Ag^{+} იონები. და მხოლოდ მაშინ, როდესაც პრაქტიკულად ვერცხლის ყველა იონი იქნება აღდგენილი, დაიწყება სპილენძის იონთა აღდგენა. ელექტროლიზის დროს ლითონთა კათიონების ქცევის ასეთი თავისებურება შეადგენს ლითონების გამოცალკევებისა და გასუფთავების ფართოდ გამოყენებული ხერხების საფუძველს.

იბადება კითხვა: შეიძლება კი კათოდზე პროცესები, თუ ცდისათვის 38-ე სურათზე ნაჩვენებ ხელსაწყოში ავიღებთ ნებისმიერი აქტიური ლითონის ჰალოგენიდის, მაგალითად, კალიუმის იოდიდის ხსნარს? თუ ამ ნაერთის წყალხსნარის ელექტროლიზს ჩავატარებთ, აღმოჩნდება, რომ კათოდზე გამოიყოფა არა ლითონი, არამედ აირი — წყალბადი, ხსნარში კი მოცემული ელექტროდის მახლობლად შეიძლება აღმოვაჩინოთ კალიუმის ჰიდროქსიდი KOH . U-ს ფორმის მილის მეორე მუხლში, სადაც ანოდია, ჩნდება თავისუფალი იოდი.

როგორი პროცესები მიმდინარეობს კალიუმის იოდიდის წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს? განხილვა დავიწყოთ ანოდზე პროცესის ანალიზიდან. ანოდის მახლობლად ხსნარში თავისუფალი იოდის წარმოქმნა აიხსნება ზუსტად ისევე, როგორც თავისუფალი ქლორის წარმოქმნა სპილენძ (II)-ის ქლორიდის ხსნარის ელექტროლიზის დროს. ხსნარში კალიუმის ანოდი დისოცირებულია იონებად:



(5)

უარყოფითად დამუხტული იოდიდ-იონებში ელექტროლიზის დროს მოძრაობენ ანოდისაკენ. ანოდის ზედაპირზე ისინი თავისუფალ იოდისად იყანგებიან:

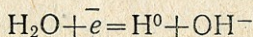


იოდის ატომები წყვილ-წყვილად ერთიანდებიან მოლეკულებად:

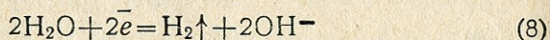


მაგრამ კათოდზე აღდგენის როგორი პროცესი მიდის წყალბადის გამოყოფასა და ტუტის KOH წარმოქმნამდე? ამ კითხვას რომ ვუპასუხოთ, ჯერ გავიხსენოთ, რომ აღდგენის პროცესს შეესაბამება ელექტრონების მიერთება. ადრე შესწავლილიდან თქვენთვის ცნობილია, რომ ელექტრონების მიმღები ნაწილაკები შეიძლება იყოს ნეიტრალური ატომები ან იონები. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ ელექტრონების მიღება მჭიდროა არა მხოლოდ ასეთ ნაწილაკებს, არამედ ნეიტრალურ მოლეკულებსაც, მაგალითად, წყლის მოლეკულებს. მოლეკულებთან ელექტრონების მიერთება შეესაბამება მათ აღდგენას. წყლის მოლეკულების აღდგენა შეიმჩნევა კალიუმის იოდიდის წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს.

ამ ნივთიერების წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს მაინც რატომ მიუერთდება ელექტრონები წყლის ნეიტრალურ მოლეკულებს და არა კალიუმის იონებს K^+ ? კალიუმი ძლიერ აქტიური ლითონია. კალიუმის ატომი ადვილად გასცემს თავის გარე ელექტრონს, ხოლო წყალხსნარში ელექტრონის მიერთება იონთან ენერგეტიკულად არახელსაყრელი აღმოჩნდა. ამიტომ ელექტრონები წყლის მოლეკულებს უფრო ადვილად მიუერთდებიან, ვიდრე კალიუმის იონებს (რომლებიც იმავე წყალხსნარში გარემოცულია ჰიდრატის გარსით), ოღონდ H_2O^- იონი არამდგრადია, იშლება და წარმოქმნის წყალბადის ატომებს H^0 და ჰიდროქსიდ-იონებს OH^- :

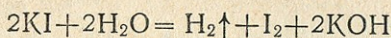


წყალბადის ატომები წყვილ-წყვილად შეერთდებიან მოლეკულებად H_2 . ამიტომ კათოდზე მიმდინარე პროცესი დაიწერება შემდეგნაირად:



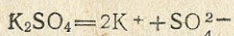
კალიუმის იოდიდის წყალხსნარის ელექტროლიზის შესაბამისი შეჯამებული განტოლების მისაღებად ცალ-ცალკე შევაჯამოთ (5) და (8) განტოლებების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილები. (იოდის ორატომიან მოლეკულის წარმოქმნის გასათვალისწინებლად აუცილებელია, წი-

ნასწარ (5) და (6) განტოლებების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილები 2-ზე გავამრავლოთ). შეჯამებას მივყევართ შემდეგ განტოლებამდე:



კათოდზე წყლის მოლეკულების აღდგენა შეინიშნება აგრეთვე სხვა აქტიური ლითონების — ნატრიუმის, კალციუმისა და სხვ. — მარილების ელექტროლიზის დროსაც.

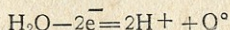
ზემოთ განხილულ ორივე შემთხვევაში — როგორც სპილენძ (II)-ის ქლორიდის, ისე კალიუმის იოდიდის წყალხსნარების ელექტროლიზის დროს ანოდზე შეიმჩნეოდა ქანგვა ანიონებისა, რომლებიც წარმოიქმნება წყალში გახსნილი ელექტროლიტის დისოციაციის დროს. მაგრამ განა ყოველთვის მიმდინარეობს პროცესი ანოდზე ანიონების მონაწილეობით? — არა, ყოველთვის არა. 38-ე სურათზე ნაჩვენებ ხელსაწყოში ჩავატარეთ აქტიური ლითონისა და ქანგბადშემცველი მჟავას მარილის წყალხსნარის, მაგალითად, კალიუმის სულფატის ელექტროლიზი. წყალხსნარში კალიუმის სულფატი K_2SO_4 დისოცირებულია იონებად:



ამ ხსნარის ელექტროლიზის დროს კათოდზე მოხდება წყლის მოლეკულების აღდგენა:



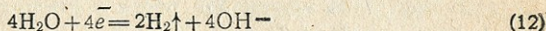
და ამიტომ კათოდის ზედაპირზე გაჩნდება აირის — წყალბადის ბუშტულები. თუმცა აირის ბუშტულები ანოდის ზედაპირზეც გაჩნდება. ანოდზე გამოყოფილი აირი ქანგბადი აღმოჩნდება. მის წარმოქმნას იწვევს ანოდის ზედაპირზე წყლის მოლეკულების დაქანგვა. ანოდზე წყლის მოლეკულების ქანგვა მიმდინარეობს უფრო იდვილად, ვიდრე ქანგბადშემცველ მჟავათა ანიონებისა, მათ შორის სულფატ-იონებისაც. ანოდზე წყლის მოლეკულების ქანგვის შედეგად წარმოიქმნება წყალბადის იონები H^+ და ქანგბადის ნეიტრალური ატომები:



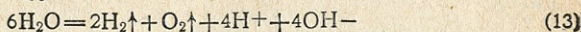
ქანგბადის ყოველი ორი ატომისაგან წარმოიქმნება O_2 მოლეკულა. ამიტომ ეს განტოლება გადავწეროთ ასე:



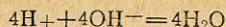
აღდგენისას შიღებული ელექტრონების რიცხვი რომ გავუტოლოთ ქანგვისას გაცემული ელექტრონების რიცხვს, (10) განტოლების ყველა წევრი 2-ზე გავამრავლოთ, რაც მიგვიყვანს შემდეგ ჩანაწერამდე:



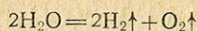
(11) და (12) განტოლებების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილების ცალ-ცალკე შეჯამებისას მივიღებთ განტოლებას:



ეს ფორმის მიღწევი ელექტროლიზის ჩატარებისას ხსნარი ინტენსიურად შეერევა გამოყოფილი აირების — ქანგბადისა და წყალბადის ბუშტულებს. ამასთან H^+ და OH^- იონები გაერთიანდება წყლის მოლეკულებად, და ამ დროს $4H^+$ იონისა $4OH^-$ იონისაგან წარმოიქმნება წყლის ოთხი მოლეკულა:



(13) განტოლების მარცხენა და მარჯვენა ნაწილებისაგან წყლის 4 მოლეკულის გამოკლებით მივიღებთ:



ამგვარად, კალიუმის სულფატის წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს წყლის მოლეკულები იშლება წყალბადისა და ჟანგბადის წარმოქმნით. კალიუმის იონები K^+ და სულფატ-იონები SO_4^{2-} ანოდსა და კათოდზე მიმდინარე პროცესებში უშუალოდ არ მონაწილეობენ, მაგრამ მათი დახმარებით გადაიტანება ხსნარში მუხტები, ე. ი. უზრუნველყოფილია ხსნარში ელექტრული დენის გავლა.

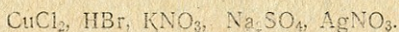
?

1. რა პროცესები წარიმართება კათოდზე და ანოდზე სპილენძ (II)-ის ბრომიდის $CuBr_2$ წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს?



2. შეიძლება თუ არა ტუტე ლითონების მიღება მათი მარილების წყალხსნარების ელექტროლიზით? პასუხი დაასაბუთეთ.

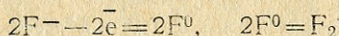
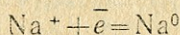
3. მიუთითეთ, ქვემოთ დასახელებული რომელი ნაერთების წყალხსნარების ელექტროლიზის დროს გამოიყოფა წყალბადი:



§ 50. ელექტროლიზის პრაქტიკული გამოყენება

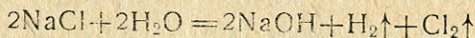
ელექტროსადგურების მიერ გამოუმუშავებული ელექტროენერგიის უდიდეს ნაწილს ქიმიური მრეწველობა და მეტალურგია იყენებს.

ყველაზე აქტიური ლითონები (მაგ., ტუტე ლითონები) სხვა ყველაზე აქტიური არალითონების (ჰალოგენების) მსგავსად, ბუნებაში გვხვდება მხოლოდ ნაერთების ფორმით, რომლებშიც ლითონები დადებითად არის დამუხტული, ხოლო არალითონები — უარყოფითად. ასეთი ნაერთებიდან ლითონის გამოსაყოფად მის იონებს უნდა დავუბრუნოთ დანაკლისი ელექტრონები, ხოლო არალითონი რომ გამოვყოთ, მის იონებს უნდა მოვწყვიტოთ ჭარბი ელექტრონები, მაგალითად:



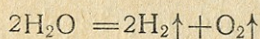
ეს შეიძლება ნალღობის ელექტროლიზის მეშვეობით განხორციელდეს ნალღობების ელექტროლიზით მიიღება თავისუფალი ფთორა და ისეთი აქტიური ლითონები, როგორიცაა მაგნიუმი, ალუმინი და სხვები.

დიდი სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს ნატრიუმის ქლორიდის წყალხსნარის ელექტროლიზს. ელექტროლიზის შედეგად:




იაფი ნედლეულისაგან — საჭმელი მარილისა და წყლისაგან — იღებენ ქიმიური მრეწველობისათვის სამ ძვირფას პროდუქტს: წყალბადს, ქლორსა და ნატრიუმის ჰიდროქსიდს.

ნატრიუმის სულფატისა და სხვა ნივთიერებათა წყალხსნარების ელექტროლიზით ლაბორატორიებში იღებენ სუფთა ჟანგბადსა და წყალბადს:



ელექტროლიზს იყენებენ ლითონების დასაცალკევებლად და გასასუფთავებლად. მას იყენებენ აგრეთვე ელექტროლიტური მონიკელებისა და მოჭრომვის დროს. ამისათვის ფოლადის ნაკეთობებს ათავსებენ ნიკელის ან ქრომის შესაბამისი ნაერთების ხსნარებიან აბაზანებში, უერთებენ მუდმივი დენის წყაროს უარყოფით პოლუსს და აყოვნებენ დენის ქვეშ მანამ, სანამ ნაკეთობას არ მიეკვრება ნიკელის ან ქრომის საჭირო სისქის შრე. ასეთი დამუშავება ნაკეთობებს აძლევს არა მარტო ლამაზ გარეგნულ სახეს (მონიკელებულს — კრიალა ზედაპირს ოდნავ მოყვითალო ელფერიტ და მოჭრომილს — ოდნავ მოლურჯო ელფერიტ), არამედ ფოლადის ნაკეთობებს დაჟანგვისაგანაც იცავს.

ელექტროლიზის მეშვეობით ლითონებს ლექავენ რელიეფური ნაკეთობების ზედაპირზე, და ლითონის დაღეჭილი შრის მოხსნის შემდეგ იღებენ რელიეფის ზუსტ ანაბეჭდს. ელექტროლიზის დახმარებით რელიეფური ნაკეთობების ასეთ კოპირებას გაღვანოპლასტიკა ეწოდება. გაღვანოპლასტიკა გამოიგონა რუსმა მეცნიერმა ბ. ს. იაკობიმ.

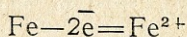
 აღწერეთ ელექტროლიზის თქვენთვის ცნობილი პრაქტიკული გამოყენება, მოიყვანეთ მაგალითები.

§ 51. ლითონების კოროზია

ლითონებისა და მათი შენადნობების ნაკეთობები, ოქროსა და პლატინის გარდა, ჰაერის, წვიმისა და ნიადაგის ტენის მოქმედებით თანდათანობით იშლება ქიმიური რეაქციების შედეგად, რომლებიც თავისთავად მიმდინარეობს ლითონებსა და გარემოში არსებულ ნივთიერებათა შორის. ლითონებზე განსაკუთრებით დამარღვეველად მოქმედებს წყალში გახსნილი ჟანგბადი.

გარემოსთან მათი ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად ლითონებისა და შენადნობების რღვევას ლითონთა კოროზია ეწოდება (ლათინური სიტყვისაგან „კოროდერე“ — ამოჭმა).

ლითონების კოროზია ჟანგვა-აღდგენითი პროცესია, რომლის დროსაც ლითონის ატომები იჟანგება და იონებად გარდაიქმნება, მაგალითად:



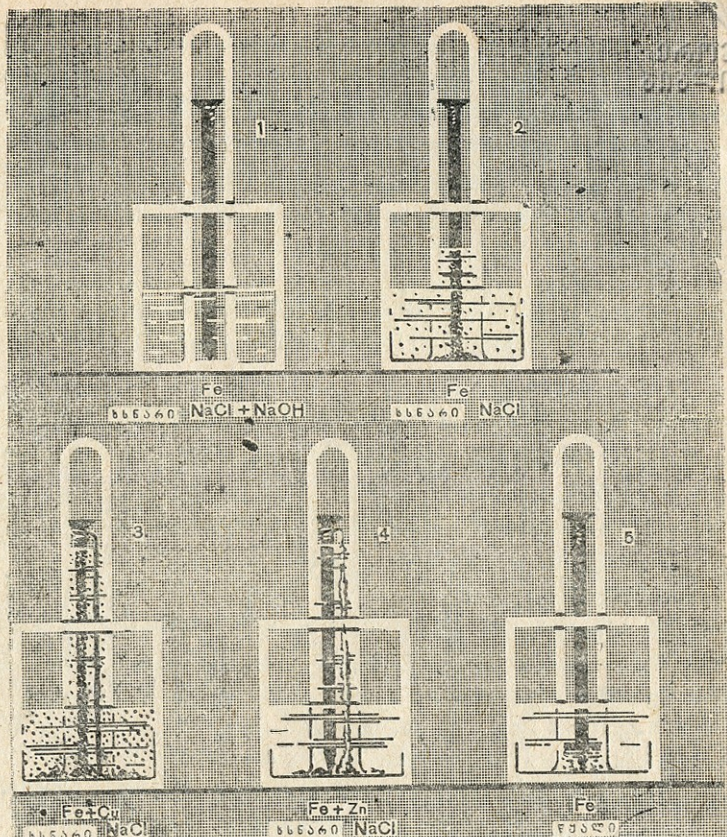
დამჟანგავად ჩვეულებრივ გამოდის ჟანგბადი O_2 და აგრეთვე წყალბადის იონები H^+ , რომლებიც წარმოიქმნება, მაგალითად, წყლის მოლეკულების, წყალში გახსნილი გოგირდოვანწყავას, გოგირდ-წყალბადისა და სხვა ნაერთების დისოციაციით. კოროზიას განიცდის სხვადასხვა ლითონი და შენადნობი, მაგრამ უფრო ხშირად შეიძლება შევხვდეთ ყველაზე მეტად გავრცელებული ლითონის — რკინისა და მისი სხვადასხვა შენადნობის კოროზიას. ამიტომ დაწვრილებით განვიხილოთ რკინის კოროზია.

გავარკვიოთ, როგორი პირობები უწყობს ხელს და როგორი პირობები უშლის რკინის კოროზიას. ამ მიზნით ცდა ჩავატაროთ.

რკინის ლურსმანი მოვათავსოთ სინჯარაში, გავავსოთ იგი წყლით, დავუცოთ თითი და ჩავაპირქვაოთ წყლიან ჭურჭელში. შემდეგ სინჯარიდან ჟანგბადით გამოვდგენოთ წყალი. ამნაირადვე მოვაშადოთ სხვა სინჯარები ასეთივე ლურსმნებით, მაგრამ სინჯარებსა და ჭურჭლებში, რომლებშიც ისინი იქნებიან ჩაპირქვაებული, სუფთა წყლის ნაცვლად ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარი ჩავასხათ. ერთ შემთხვევაში ამ ხსნარს ცოტა ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი დავუმატოთ. ერთ-ერთ ლურსმანს წინასწარ დავახვიოთ სპილენძის მავთული, მეორეს — თუთიის ზოლი. დაახლოებით ერთ დღე-ღამის შემდეგ დავინახავთ შედეგს, რომელიც 39-ე სურ.-ზეა წარმოდგენილი. იმის შესახებ, თუ როგორ მიმდინარეობდა კოროზია თითოეულ შემთხვევაში, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ დახარჯული ჟანგბადის რაოდენობის მიხედვით, ე. ი. სინჯარაში სითხის დონის აწევისა და კოროზიის პროდუქტთა წყალში დალექვის ხასიათის მიხედვით.

შევადაროთ მე-2 და მე-3 ცდის შედეგები. ორივე შემთხვევაში რკინა იყო ერთსა და იმავე ხსნარში, მაგრამ ერთ შემთხვევაში იგი ეხებოდა სპილენძს, მეორეში — არა. იქაც და აქაც მოხდა კოროზია და გაჩნდა მუქი ფერის ჟანგის ნალექი. მაგრამ მე-2 ცდაში ჟანგი მივიღეთ მცირე, მე-3 ცდაში — ბევრი. ამის შესაბამისად მე-2 ცდაში ჟანგბადი ცოტა დაიხარჯა (ხსნარის დონემ სინჯარაში ცოტათი აიწია), ხოლო მე-3 ცდაში — ბევრი. ამრიგად, რკინის კოროზია ანუ დაჟანგვა მკვეთრად ძლიერდება, როცა იგი სპილენძს ეხება.

ახლა შევადაროთ მე-2 და მე-4 ცდის შედეგები. ორივე შემთხვევაში რკინა ერთსა და იმავე ხსნარში იყო, მაგრამ ერთ შემთხვევაში



სურ. 39. რკინის ლურსმნის კოროზია სხვადასხვა პირობებში.

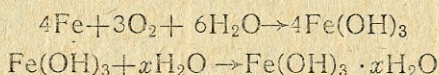
იგი ეხებოდა თუთიას, მეორეში — არა. შეიმჩნევა ძლიერი კოროზია: ბევრი ჟანგბადი დაიხარჯა. და უხვი ნალექი მივიღეთ. მაგრამ მე-2 ცდაში ნალექი მუქი ფერისაა. ეს ჟანგია, მე-4 ცდაში მიღებული თეთრი ნალექი კი თუთიის ჰიდროქსიდია. მაშასადამე, მე-4 ცდაში რკინამ კი არა, თუთიამ განიცადა კოროზია. ამგვარად, რკინა პრაქტიკულად კოროზიას არ განიცდის, თუ იგი თუთიას ეხება.

კოროზიის გაძლიერება პირველ შემთხვევაში და კოროზიის შეწყვეტა მეორე შემთხვევაში აიხსნება გალვანური ელემენტების წარმოქმნით.

მაგალითად, თუთიასთან რკინის შეხებისას იქმნება გალვანური ელემენტი, რომელშიც თუთია დაიჟანგება, როგორც უფრო აქტიური ლითონი. თუთიის დაჟანგვისას წარმოიქმნება Zn^{2+} იონები, ხოლო მისი ატომებიდან მოწყვეტილი ელექტრონები გადაინაცვლებს

რკინის ზედაპირზე და აღადგენს წყალბადის იონებს, რომელსაც შეიცავს ხსნარი.

სპილენძთან რკინის შეხებისასაც ჩნდება გალვანური ელემენტი, მაგრამ მასში იუანგება რკინა, როგორც უფრო აქტიური ლითონი; წყლიან გარემოში კოროზიის დროს მუანგავად ჩვეულებრივ ქანგბადი გამოდის. რკინასთან წყალში გახსნილი ქანგბადის რეაქცია იწვევს მუქი ფერის ქანგის წარმოქმნას. ქანგის შედგენილობა ცვალებადია; იგი შეიძლება გამოისახოს დიახლოვებით ფორმულით $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. ამ პროცესის სქემა პირობით ასე ჩაიწერება:



როგორც ცდის შედეგებიდან გამომდინარეობს. ლითონის კოროზია მკვეთრად ძლიერდება, თუ იგი ეხება რომელიმე ნაკლებად აქტიურ ლითონს. ე. ი. ლითონთა ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში მია მარჯვნივ მდებარე ლითონს. მაგრამ კოროზია ნელდება, თუ ლითონი ეხება ელექტროქიმიური ძაბვის მწკრივში მის მარცხნივ მოთავსებულ სხვა ლითონს, ე. ი. უფრო აქტიურ ლითონს.

ერთმანეთს შეეადაროთ 1-ლი და მე-2 ცდის შედეგები. წყალზე ნატრიუმის ქლორიდის დამატებამ რკინის კოროზია გააძლიერა — ბევრი ქანგი მივიღეთ და ქანგბადიც ბევრი დაიხარჯა, ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარზე ნატრიუმის ჰიდროქსიდის დამატებამ, როგორც მე-5 ცდიდან ჩანს, პირიქით, შეასუსტა კოროზია, მცირე ქანგი მივიღეთ და ქანგბადიც ცოტა დაიხარჯა.

ამრიგად, მოცემული ლითონის კოროზიის სიჩქარე დამოკიდებულია აგრეთვე ლითონის გარემოს შედგენილობაზე.

ლითონის გარემოს ზოგი შემადგენელი ნაწილი, კერძოდ, ქლორიდიონები, აძლიერებს ლითონთა კოროზიას, სხვა შემადგენელ ნაწილებს შეუძლია შეასუსტოს კოროზია. მაგალითად, რკინის კოროზია სუსტდება ჰიდროქსიდ-იონთა თანაობით.

ახლა შესაძლებელია გავიგოთ კოროზიის თავიდან აცილებისა და მასთან ბრძოლის პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებული ხერხები.

რაც უფრო მეტად განსხვავებულია ერთიმეორისაგან ორი შემგები ლითონი ქიმიური აქტიურობით, მით უფრო ძლიერ კოროზიას განიცდის უფრო აქტიური ლითონი და კოროზიისაგან მით უფრო მეტად დაცულია ნაკლებად აქტიური ლითონი. ამიტომ ალუმინის შენადნობის კონსტრუქციაში არ არის სასურველი სპილენძისა და მისი შენადნობების დეტალების არსებობა. ლითონის მილსადენებისა და გემების კორპუსების კოროზიისაგან დაცვის მიზნით იყენებენ სხვა,

უფრო აქტიურ ლითონთა დამცველ მოქმედებას, მილსადენებს უფრო
თეხენ, ხოლო ხანგრძლივად დგომისას გემის ბორტიდან წყალში
ჩაუშვებენ აქტიურ ლითონთა — მაგნიუმის ან თუთიის შენადნობების
ზოდებს.

კოროზიისაგან ლითონის ნაკეთობათა დასაცავად მათ გარემოსა-
გან იზოლაციისათვის ფარავენ ლაქით, საღებავებით, საცხებით, სხვა
ლითონთა დამცველი შრეებით. მოცემულ არეში დაფარვა უნდა იყოს
მედეგი, საკმაოდ მკვრივი და ჰქონდეს ლითონთან კარგი შეჭიდულო-
ბა.

ზოგ შემთხვევაში კოროზიის სიჩქარე შეიძლება მნიშვნელოვნად
შემცირდეს თხევად არეში სპეციალური ნივთიერებების — კოროზიის
მაყოვნებლების შერევით. როგორც IX კლასის ქიმიის კურსიდან
თქვენთვის ცნობილია, არასასურველი რეაქციების მაყოვნებელ ნივ-
თიერებებს ინჰიბიტორები ეწოდება, კოროზიის ინჰიბიტორებად
შეიძლება, მაგალითად, ნატრიუმის ფოსფატებისა და აგ-
რეთვე ზოგი ორგანული ნივთიერების გამოყენება. კოროზიის ორგანუ-
ლი ინჰიბიტორების შეყვანა მრავალი ლითონისათვის ისეთ აგრესიულ
სითხეში, როგორიცაა მარილმჟავა, საშუალებას იძლევა იგი შევინა-
ხოთ და გადავიტანოთ მყიფე მინის ბოთლების ნაცვლად ფოლადის
ტარით. ინჰიბიტორის დამატებით მარილმჟავას იყენებენ დაგროვილი
მინადულისაგან ქვებების გასაწმენდად და ლითონების ზედაპირიდან
ჟანგისა და ხენჯის მოსაცილებლად. მინადული, ჟანგი და ლითონების
ოქსიდები მასში იხსნება, ხოლო ლითონი არ იხსნება. კოროზიის
შესანელებლად საჭიროა ჟანგბადის გამოდევნა ხსნარიდან, რომელშიც
ჩაშვებულია ლითონი. უფრო მარტივია ჟანგბადის მოცილება დუღი-
ლით და უჟანგბადო ატმოსფეროს შექმნა.

?

1. როგორ შეიცვლება კოროზიის მიმდინარეობა მე-4 ცდაში, თუ სინჯარაში
მოვათავსებთ რკინასთან დაუკავშირებელ ისეთსავე თუთიის ზოლს? პასუხი
დასაბუთეთ.

▲

2. რა ფაქტორები იწვევს ლითონების კოროზიის დაჩქარებასა და დაყოვნებას?

3. რომელი ნივთიერება ასრულებს დამყანავის მთავარ როლს წყლიან გა-
რემოში რკინის კოროზიისას?

■

4. ჩამოთვალეთ ლითონთა კოროზიასთან ბრძოლის თქვენთვის ცნობილი
ხერხები. შეადგინეთ სია თქვენი საოჯახო საგნებისა, რომლებშიც გამოყე-
ნებულია ლითონები და შენადნობები. თითოეულ შემთხვევაში უჩვენეთ,
როგორაა დაკავშირებული მოცემული ლითონის გამოყენება მის ფიზიკურ
თვისებებთან. ჩამოთვლის დროს არ დაივიწყოთ ისეთი საგნების შეტანა,
როგორიცაა სარკე, სამედიცინო თერმომეტრი, ელექტრონათურა. აღნიშნეთ
ამ საგნების კოროზიის შემთხვევები, თუ შეამჩნიეთ იგი.

ელემენტთა
პერიოდული
სისტემის
მთავარი
ძველგვარების
ლითონები

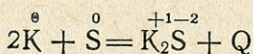
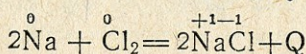
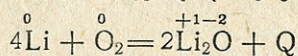
§ 52. ტუტე ლითონები

ცალკეული ქიმიური ელემენტის ხელახლა შესწავლისას უწინარეს ყოვლისა ვუბრუნდებით ყველაზე უფრო მკვეთრად გამოხატული ლითონური თვისებების მქონე ლითონებს. ეს ტუტე ლითონებია: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr.

პერიოდულ სისტემაში ისინი შეადგენენ ქიმიური ელემენტების I ჯგუფის მთავარ ქვეჯგუფს. ტუტე ლითონების ატომების გარე შრე შეიცავს თითო შეუწყვილებელ s-ელექტრონს. ამ ელექტრონის გაცემით ნეიტრალური ატომები გარდაიქმნებიან ერთჯერად დადებითად დამუხტულ იონებად. ნაერთებში ტუტე ლითონები ავლენენ ჟანგვის +1 ხარისხს და ქმნიან მხოლოდ იონურ ბმებს. ფიზიკური თვისებების შესახებ მონაცემები მოყვანილია მე-10 ცხრილში.

ლითონთაგან ტუტე ლითონები ყველაზე აქტიურებია: ისინი განლაგებულია ლითონების ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივის დასაწყისში. ელემენტთა შორის ტუტე ლითონების ელექტროუარყოფითობის მნიშვნელობები ყველაზე დაბალია. ლითონის ელექტროუარყოფითობის მნიშვნელობა 1-ის ტოლია, დანარჩენი ტუტე ლითონებისა — კიდევ უფრო ნაკლები.

ტუტე ლითონების რეაქციის უნარი ძლიერ დიდია. ისინი უკვე ოთახის ტემპერატურაზე მრავალ არალითონთან რეაგირებენ, ამასთან რეაქციას ახლავს დიდი რაოდენობით სითბოს გამოყოფა, ხოლო ზოგჯერ აფეთქებითაც მიმდინარეობს. კერძოდ, ჟანგბადთან, ქლორსა და გოგირდთან ტუტე ლითონები ადვილად რეაგირებენ.:



თქვენ უკვე იცით, რომ წყალთან ტუტე ლითონების ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება წყალში ხსნადი ჰიდროქსიდები — ტუტეები — და გამოიყოფა წყალბადი. ტუტე ლითონების ჰიდროქსიდები, მათ რიცხვში ნატრიუმის ჰიდროქსიდი NaOH ანუ კალუმი (ნიშნავს „მწვავეს“) სოდა და კალიუმის ჰიდროქსიდი KOH ხმარების დროს საშიშია. ისინი წვავს (ამოჭამს) კანსა და ქსოვილებს, რის გამოც მწვავე ტუტეები ეწოდება.

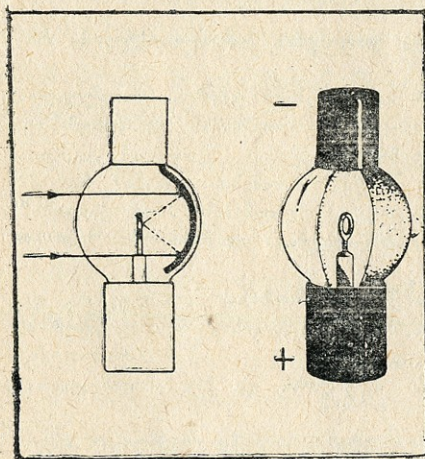


სურ. 40. ლითონური ნატრიუმი დანით ადვილად იჭრება.

განსაკუთრებით საშიშია მწვავე ტუტეები (როგორც მყარი, ისე წყალში გახსნილი) თვალში მოხვედრისას. ტუტე ლითონებსა და ტუტეებთან მუშაობა შეიძლება მხოლოდ ისეთ პირობებში, როცა თვალები დაცულია სათვალეებით ან გამჭვირვალე ეკრანით (სურ. 40).

ტუტე ლითონების ჰიდროქსიდები და თიქმის ყველა მარილი წყალში კარგად ხსნადია, ისინი ძლიერ ელექტროლიტებს განეკუთვნება.

ტუტე ლითონების ნაერთები უფრო ალს მათთვის დამახასიათებელ



სურ. 41. ფოტორელე: მარცხნივ — ჰრილ-ში, მარჯვნივ — საერთო ხელი.

ბელ შეფერილობას აძლევს. ალის შეფერილობის მიხედვით ტუტე ლითონების ნაერთების გამოსაცნობად გამოსაცვლევი ნივთიერება უნდა შეიტანოთ სანთურის ალში რკინის მავთულის წვერით. უფრო ალის ყვითლად შეფერადება მიუთითებს ნივთიერებაში ელემენტ ნატრიუმის არსებობაზე. კალიუმის ნაერთები ალს ღია იისფრად აფერადებს, ხოლო ლითიუმისა — კარმინისფერ-წითლად.

ტუტე ლითონების რიგით ნომრის ზრდის მიხედვით ღიდება მათი ატომების რადიუსები. გარე ანუ სავალენტო ელექტრონი

სულ უფრო შორს გადაინაცვლებს შიგა ელექტრონებით ეკრანიზებული ბირთვიდან, და მისი ბმა ატომთან სულ უფრო სუსტდება, განსაკუთრებით, ცეზიუმში. ცეზიუმის ატომებიდან ელექტრონები ადვილად ამოიტყორცნება ლითონის ზედაპირის განათებისას, რადგან იქმნება ელექტრული დენი 41-ე სურათზე გამოსახულის მსგავს მოწყობილობებში. ასეთი მოწყობილობები, რომლებიც ჩართულია ელექტრულ წრედში (ფოტორელე), სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობს მანქანა-ავტომატებში, რომლებსაც ამოქმედებენ, არეგულირებენ და აკონტროლებენ სინათლის სიგნალებით.

ცხრილი 10

ტუტე ლითონების უმნიშვნელოვანესი ფიზიკური თვისებები

მარტივი ნივთიერება	სიმკვრივე კგ/მ ³	დნობის ტემპერატურა °C	დუღილის ტემპერატურა °C
ლითიუმი	534	180,5	1310
ნატრიუმი	968	97,9	886
კალიუმი	860	63,5	761
რუბიდიუმი	1532	39,3	690
ცეზიუმი	1900	28,5	672
ფრანციუმი	2400	20	650

1. დაახასიათეთ ტუტე ლითონების მდებარეობა დ. ი. მენდელეევის ქიმიურ ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში და ლითონების ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში.
2. როგორ და რატომ იცვლება ტუტე ლითონების ქიმიური აქტიუობა რიგობრივი ნომრის ზრდის მიხედვით?
3. განიხილეთ მე-10 ცხრილი. როგორ აუხსნათ, რომ დნობისა და დუღილის ტემპერატურები თანდათანობით მცირდება ლითიუმიდან ფრანციუმამდე, ხოლო ლითონების სიმკვრივე იზრდება?
4. ჰიდროლიზდება თუ არა წყალში ტუტე ლითონების იონები? რატომ?
5. როგორ იღებენ მრეწველობაში ტუტე ლითონების ჰიდროქსიდებს?
6. დაახასიათეთ ტუტე ლითონების ჰიდროქსიდებისა და მარილების საერთო თვისებები.
7. მილიდან გამომდინარე წყალბადის ქავლის ანთებისას ალი უფეროა, თუ რკინის მილია, და ალი ყვითელია, თუ მილი მინასაა. რას ადასტურებს მეორე შემთხვევაში ალის ყვითელი შეფერვა?
8. დაწერეთ ლითონური ნატრიუმის: ა) წყალთან და ბ) მარილმჟავასთან რეაქციის განტოლებები.
9. რატომ არ გვხვდება მიწის ქერქში ტუტე ლითონები თავისუფალ მდგომარეობაში, არც მათი ოქსიდები და ჰიდროქსიდები, არამედ გვხვდება მხოლოდ მათი მარილები? სად გროვდება ეს მარილები დროთა განმავლობაში? დაწერეთ რეაქციათა იონური განტოლებები, რომლებიც დასახელებულ ნივთიერებებთან (ნატრიუმის და მისი ოქსიდისა და ჰიდროქსიდის მაგალითზე) მოხდებოდა, ეს ნივთიერებები დედამიწაზე რომ წარმოქმნილიყო.



ნატრიუმისა და კალიუმის ნაერთები ფართოდაა გავრცელებული დედამიწის ქერქში. დანარჩენი ტუბი ლითონები იშვიათ ელემენტებს მიეკუთვნება და ბუნებაში მათი ნაერთები ცოტაა. ნატრიუმის ბუნებრივი ნაერთებიდან ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანია ნატრიუმის ქლორიდი, ყველასათვის ცნობილი სუფრის მარილის სახელწოდებით. ჩვენში ნატრიუმის ქლორიდს მოიპოვებენ მლაშე ტბებიდან და ქვამარილის საბადოებიდან. ოდესღაც ესენი ზღვის ყურეები იყო. ზღვისაგან გამოყოფილი ყურეები ტბებად იქცა. ტბები ამოშრა და მათ ფსკერზე ნატრიუმის ქლორიდი დაილექა. ძველი ამომშრალი ტბების ადგილას წარმოიქმნა ქვამარილის საბადოები.

ნატრიუმის ქლორიდი ჩვენი ორგანიზმისათვის აუცილებელია, ამიტომ ვხმარობთ მას საჭმელში. წარსულში მარილის გამო ხდებოდა ომები და სახალხო მღელვარებანი („ჯანყი მარილისათვის“). ზოგიერთ ქვეყანაში კი მარილის ნატენები ხურდა ფულის ნაცვლად იხმარებოდა.

ჩვენი ორგანიზმი სუფრის მარილს უმთავრესად ცხოველური საჭმლიდან იღებს, მაგრამ არასაკმაო რაოდენობით. ამიტომაც, რომ საჭმელს, მეტადრე მცენარეულს, მარილს ვამატებთ. ოღონდ უნდა გვახსოვდეს, რომ საკვებში ზედმეტი მარილი მავნებელია. მარილი ცხოველებსაც სჭირდებათ. გარეული ცხოველები მარილის დანაკლისს ივსებენ მლაშე ნიადაგებიდან. შინაური ცხოველებისათვის საკვებში ამატებენ ცოტა მარილს.

სუფრის მარილს იყენებენ საკვები პროდუქტების დაკონსერვებისათვის.

დიდი რაოდენობით ნატრიუმქლორიდი იხარჯება ქიმიურ მრეწველობაში. მისგან იღებენ მწვავე ნატრიუმს (Na OH), სოდას (Na_2CO_3) და ნატრიუმის სხვა ნაერთებს.

მწვავე ნატრიუმი და სოდა ქიმიური მრეწველობის უმნიშვნელოვანესი პროდუქტებია. მათი დახმარებით ნავთობპროდუქტებს მუავათა მინარევებისაგან ასუფთავებენ, ხოლო მცენარეულ და ცხოველურ ცხიმებს საპნად გარდაქმნიან. სოდას ანუ ნატრიუმის კარბონატს Na_2CO_3 მრეწველობაში მინის მისაღებად იყენებენ, ხოლო ყოფაცხოვრებაში — თეთრეულისა და ჭურჭლის გასარეცხად.

კალიუმის მარილებს უმთავრესად მინერალურ სასუქებად იყენებენ.

აღწერეთ თვისებები და აჩვენეთ, სად გამოიყენება ნატრიუმის კლორიდი, მწვავე ნატრიუმი, სოდა და კალიუმის მარილები.

§ 54. II ჯგუფის მთავარი ძველჯგუფის ელემენტებისა და მათ მიერ წარმოქმნილ მარტივ ნივთიერებათა ზოგადი დახასიათება

ამ ქვეჯგუფში შედის ბერილიუმი Be, მაგნიუმი Mg, კალციუმი Ca, სტრონციუმი Sr, ბარიუმი Ba, რადიუმი Ra. ამ ელემენტთაგან ერთმანეთის მსგავსია კალციუმი, სტრონციუმი, ბარიუმი, რადიუმი. მათ ტუტე მძლავრ ლითონები ეწოდება. მოცემული ქვეჯგუფის სხვა ელემენტთაგან რადიუმი გამოირჩევა განსაკუთრებული თვისებით — რადიოაქტივობით. იგი ბუნებაში ძალიან ცოტაა.

ქვეჯგუფის ელემენტების ატომთა გარე შრეზე ორი შეწყვილებული s-ელექტრონია, რომლებსაც ატომები შედარებით ადვილად გასცემენ ქიმიური რეაქციების დროს, ამიტომ ნაერთებში მათთვის დამახასიათებელია ჟანგის +2 ხარისხი.

II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტების მიერ წარმოქმნილი მარტივი ნივთიერებები ტიპური ლითონებია. ტუტე ლითონებთან შედარებით მყარ მდგომარეობაში ისინი მნიშვნელოვნად მტკიცეა, მათი დნობის ტემპერატურა არსებითად უფრო მაღალია.

განსახილველი ქვეჯგუფის ელემენტების მიერ წარმოქმნილი ლითონების უმნიშვნელოვანესი ფიზიკური თვისებების შესახებ ცნობები მოყვანილია მე-11 ცხრილში.

ეს მარტივი ნივთიერებები ტიპური ლითონების დამახასიათებელ თვისებებს ავლენენ: აქტიურად ურთიერთქმედებენ არაალითონებთან, წყალთან, მჟავებთან. II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის სხვა ელემენტებისაგან ქიმიური თვისებების მიხედვით არსებითად გამოირჩევა ბერილიუმი. იგი არ იჟანგება ჰაერზე, არ ურთიერთქმედებს წყალთან, რეაგირებს ტუტეებთან.

ბერილიუმის გარდა, რომლის ოქსიდები და ჰიდროქსიდები ამფოტერულია, განსახილველი ქვეჯგუფის ყველა დანარჩენი ელემენტი წარმოქმნის ფუძე ოქსიდებსა და ჰიდროქსიდებს — ფუძეებს.

1. რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან ტუტე ლითონებისა და II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტთა ატომების გარე ელექტრონული შრის აღნაგობა?

2. მე-10 და მე-11 ცხრილების მონაცემების მიხედვით შეადარეთ ერთმანეთს ტუტე და ტუტემიწა ლითონების დნობის ტემპერატურები. როგორ ახსნათ ძლიერი განსხვავება ამ ლითონების დნობის ტემპერატურების მნიშვნელობებში?

II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ლითონთა უმნიშვნელოვანესი ფიზიკური თვისებები

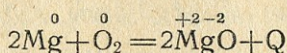
მარტივი ნივთიერება	სიმკვრივე კგ/მ ³	დნობის ტემპერატურა °C	დუღილის ტემპერატურა °C
ბერილიუმი	1850	1285	2470
მაგნიუმი	1740	650	1095
კალციუმი	1540	842	1495
სტრონციუმი	2630	768	1390
ბარიუმი	3760	727	1860
რადიუმი	≈ 6000	≈ 969	≈ 1500

§ 55. მაგნიუმი

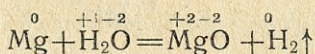
ქიმიური ნიშანი — Mg

ფარდობითი ატომური მასა Ar(Mg) ≈ 24. ბირთვის მუხტი + 12

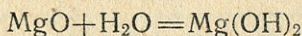
მაგნიუმი მოვერცხლისფრო-თეთრი მსუბუქი ლითონია, ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ქანვეისაგან მაგნიუმი დაცულია თხელი ოქსიდის ფენით. ჰაერზე გახურებისას იგი იშლება, მაგნიუმი აენთება და კაშკაშით იწვის ჰაერში თეთრი კვამლის — მაგნიუმის ოქსიდის წარმოქმნით:



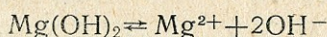
მაგნიუმის ოქსიდს შეერევა ჰაერის აზოტთან მაგნიუმის ურთიერთქმედების დროს წარმოქმნილი მაგნიუმის ნიტრატი Mg_3N_2 . თუ ცეცხლმოკიდებულ მაგნიუმის ლენტს ჩავუშვებთ წყალში, მაგნიუმის წვა კი არ შეწყდება, არამედ გაძლიერდება. მაგნიუმი იწვის წყლის ორთქლში.



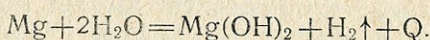
(ამ დროს წყლის ორთქლში ანთებული მაგნიუმის ზემოთ იფეთქებს წყალბადის ალი). წყალი აიძვრება მასში მაგნიუმის ოქსიდის ნაწილაკების დაგროვების გამო. წყალს დავუმატოთ ფენოლფთალიინი. რამდენიმე ხანს ხსნარი უფერული რჩება, შემდეგ თანდათან ყოლოსფრად შეიფერება. მაგნიუმის ოქსიდი წყალს უერთდება და წარმოიქმნება მაგნიუმის ჰიდროქსიდი:



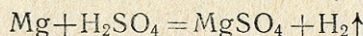
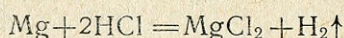
მაგნიუმის ჰიდროქსიდი ნაწილობრივ იხსნება წყალში და დისოცირდება ხსნარში მაგნიუმის იონებად და ჰიდროქსიდ-იონებად:



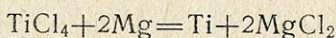
თუ არ ავანთებთ მაგნიუმს, მაშინ იგი ცივ წყალთან არ რეაგირებს, მდლარესთან კი ურთიერთქმედებს:



მჟავების ხსნარებიდან მაგნიუმი წყალბადს აძევებს:



მაგნიუმი აღადგენს სხვა, ნაკლებად აქტიურ ლითონებს, ამიტომ მას მეტალურგიაში იყენებენ. მაგალითად, მაგნიუმის დახმარებით ტიტანს აღადგენენ მისი ქლორიდიდან:



წარმოქმნილ მაგნიუმის ქლორიდს MgCl_2 მიღებული ტიტანისაგან გამოყოფენ წყალში გახსნით.

მაგნიუმი შედის მსუბუქი შენადნობების (დურალუმინის, ელექტრონის, მაგნალიის) შედგენილობაში, რომლებსაც ფართოდ იყენებენ თვითმფრინავებისა და ავტომობილების მშენებლობაში, აგრეთვე სხვადასხვა ხელსაწყოსა და ინსტრუმენტის დეტალების დასამზადებლად.

§ 56. კალციუმი

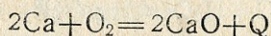
ქიმიური ნიშანი — Ca

ფარდობითი ატომური მასა $\text{Ar}(\text{Ca}) \approx 40$. ბირთვის მუხტი +20

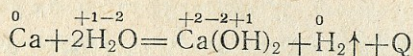
კალციუმი მსუბუქი მოვერცხლისფრო-თეთრი ლითონია.

ქიმიური თვისებების მიხედვით კალციუმი და სხვა ტუტემიწა ლითონები უახლოვდება მათ მეზობელ I ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებს — ტუტე ლითონებს.

თუ კალციუმის ნაჭერს სანთურის ალზე გავახურობთ, ის აინთება და იწვის თეთრი კვამლის წარმოქმნით, რომელიც ალს აფერადებს აგურისფერ-წითლად. კვამლი შედგება კალციუმის ოქსიდის CaO უწყრილესი მყარი ნაწილაკებისაგან:



კალციუმი რეაგირებს წყალთან, გარდაიქმნება კალციუმის ჰიდროქსიდად და წყლიდან აძევებს წყალბადს:

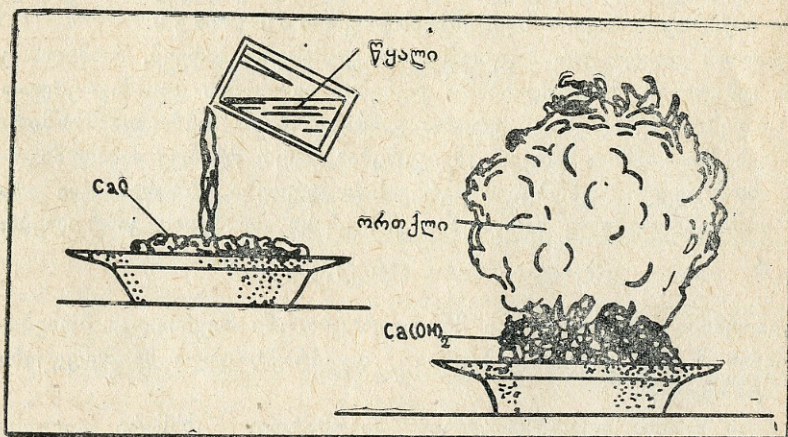


მიღებულ ხსნარში ფენოლფთალეინი უღოლსფრად შეიფერება. ასე მართლდება კალციუმის მოსალოდნელი მსგავსება ტუტე ლითონებთან. ისიც, როგორც ტუტე ლითონები, ცივ წყალთან ურთიერთქმედებს წყალბადის გამოყოფით. ოღონდ წყალთან კალციუმის რეაქცია საგრძნობლად ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე, მაგალითად, ნატრიუმის ან კალიუმისა, ვინაიდან კალციუმის ატომის გარე ელექტრონულ შრეზე არის ორი შეწყვილებული s-ელექტრონი. კალციუმის ჰიდროქსიდის წყალში ხსნადია, ე. ი. ტუტეა. კალციუმის ჰიდროქსიდის ხსნადობა საგრძნობლად მეტია, ვიდრე მაგნიუმის ჰიდროქსიდისა, მაგრამ დაბალია ტუტე ლითონების ჰიდროქსიდებისაზე — ნატრიუმის ან კალიუმისაზე.

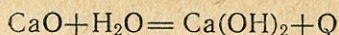
კალციუმს ინახავენ ნავთში, ვინაიდან ამ ლითონს შეუძლია ჰაერში არსებული წყლის ორთქლთან რეაგირება.

§ 57. მაგნიუმისა და კალციუმის ნაერთები

მაგნიუმისა MgO და კალციუმის CaO უმაღლესი ოქსიდები თეთრი ფერის მყარი ძნელდნობადი ნივთიერებებია. თუ მაგნიუმის ოქსიდი წყალთან ნელა ურთიერთქმედებს, სამაგიეროდ კალციუმის ოქსიდი წყალთან შერევის დროს მას უერთდება ისეთი დიდი რაოდენობით სითბოს გამოყოფით, რომ წყალი დუღდება. კალციუმის ოქსიდის ნატეხები (სურ. 42) გარდაიქმნება კალციუმის ჰიდროქსიდის წვრილ-მარცვლოვან ფაშარ ფხვნილად.

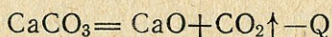


სურ. 42. კირის ჩაქრობა.

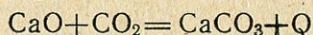


წარმოებაში ამ რეაქციას ეწოდება კირის ჩაქრობა. კალციუმის ოქსიდს — ჩაუქრალი კირი, ხოლო კალციუმის ჰიდროქსიდს — ჩამქრალი კირი.

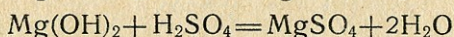
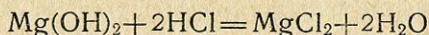
მრეწველობაში კალციუმის ოქსიდი მიიღება კირქვის დაწვით:



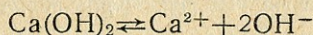
მაგნიუმისა და კალციუმის ოქსიდები, როგორც ფუძე ოქსიდები, იკავშირებენ ნახშირორჟანგს და გარდაქმნებიან კარბონატებად.



მაგნიუმის ჰიდროქსიდი Mg(OH)_2 თეთრი, წყალში სუსტად ხსნადი მყარი ნივთიერებაა, შედის მჟავებთან მიმოცვლის რეაქციებში:

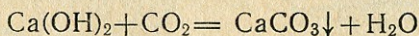


კალციუმის ჰიდროქსიდის წყალხსნარს კირიანი წყალი ეწოდება. მასში კალციუმის ჰიდროქსიდი მთლიანად დისოცირებულია იონებად. მყარდება წონასწორობა ნალექში არსებული კალციუმის ჰიდროქსიდსა და ხსნარში არსებულ Ca^{2+} და OH^- იონებს შორის:



თუ წყალში მეტ კალციუმის ჰიდროქსიდს ჩავყრით, ვიდრე მასში შეიძლება გაიხსნას, მივიღებთ კირიან წყალში კალციუმის ჰიდროქსიდის ნაწილაკთა თეთრ სუსპენზიას — კირის რძეს.

წყალთან კალციუმის ჰიდროქსიდის ცომისებრ ნარევს, რომელსაც ქვიშას უმატებენ, მშენებლობაში იყენებენ აგურების დასამაგრებლად და კედლების შესაღესად. დროთა განმავლობაში ჰაერიდან ნახშირორჟანგის შთანთქმით ნარევი „შეიკვრება“, ისეთ მტკიცე მასად მაგრდება, რომ ძველი შენობების ნგრევისას აგურები იბზარება და არა მათი დამაკავშირებელი ნაერთები. „შეკვრის“ რეაქციის განტოლება;

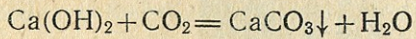


მაგნიუმისა და კალციუმის მრავალრიცხოვანი ნაერთიდან ბუნებაში უფრო მეტად გავრცელებულია და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს კარბონატებს.

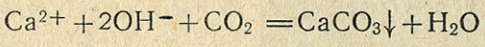
კირიან წყალს ფენოლფთალეინი მიეუმატოთ (ხსნარი ყოლოსფერს მიიღებს) და ხსნარში კიპის აპარატიდან ნახშირორჟანგი გავა-



ტაროთ. გამჭვირვალე ხსნარი აიმღვრევა წყალში უხსნადი კალციუმის კარბონატის CaCO_3 გამოყოფის გამო:



იონური განტოლება:



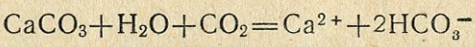
როცა ფენოლფთალეინი გაუფერულდება რეაქცია დამთავრებულია. მთელი ტუტე დახარჯულია, OH^- იონები ხსნარში არ დარჩენილა.

განვავრდოთ ცდა. ნახშირორჟანგი კვლავ გავატაროთ. სიმღვრივე გაქრება. მაშასადამე კალციუმის კარბონატი წყალში ხსნად სხვა ნაერთად გარდაიქმნება. როგორია მისი შედგენილობა? წყალში გახსნილი ნახშირორჟანგი რეაგირებს კალციუმის კარბონატთან:



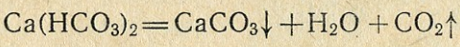
წარმოიქმნება წყალში ხსნადი კალციუმის ჰიდროკარბონატი, ხსნარი გამჭვირვალე გახდება.

რეაქციის იონური განტოლება:



მაგნიუმის კარბონატზე ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდით გაჯერებული წყლის მოქმედების დროს ისიც იხსნება, წარმოიქმნება მაგნიუმის ჰიდროკარბონატი.

მიღებული კალციუმის ჰიდროკარბონატის ხსნარი გავაცხელოთ. იგი კვლავ აიმღვრევა, ვინაიდან ხდება შექცევადი რეაქცია, რომლის დროს წარმოიქმნება კალციუმის კარბონატი:



ასევე იშლება მაგნიუმის ჰიდროკარბონატიც.

ეს რეაქციები დიდ როლს ასრულებენ ბუნებაში. წვიმის წყალი ხსნის ნახშირორჟანგს, იჟონება ნიადაგში და ურთიერთქმედებს კირქვასთან, ხსნის მას ჰიდროკარბონატად. განსაკუთრებით ხშირად ეს რეაქცია მიმდინარეობს კირქვიანი ქანების ფენებში. ასეთი წყლის ზედაპირზე ამოსვლისას და მისი აორთქლებისას კალციუმის კარბონატი ისევ გამოიყოფა.

ეს რეაქციები იწვევს გამოქვაბულების წარმოქმნას და მათში საოცარი სტალაქტიტების გაჩენას (სურ. 43).

კალციუმის მარილებიდან კარბონატის გარდა დიდად საინტერესოა თაბაშირი $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. არაძლიერი გახურების დროს თაბაშირი



სურ. 43. სტალაქტიტები.

ნაწილობრივ კარგავს წყალს და გადაიქცევა ნახევარწყლიანი თაბაშირის $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ თეთრ ფხვნილად.

ასეთი ფხვნილის წყალთან შერევისას კვლავ წარმოიქმნება თაბაშირი $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. ნახევარწყლიანი თაბაშირის ნარევი წყალთან (არაყანის სისქის) მაგრდება. ამას პრაქტიკაში იყენებენ: თაბაშირისაგან აკეთებენ ნაძერწ სამკაულებს, პატარა ქანდაკებებს. ჩამქრალ კირთან ნახევარწყლიანი თაბაშირის ნარევის იყენებენ კედლების შესაღესად, ქირურგიაში კი გამოიყენება თაბა-

შირის არტაშნების დასადებად, რომლებიც ძვლებს აკავებს სწორ მდგომარეობაში, სანამ ისინი ერთმანეთს შეეზრდება.

? 1. შეადარეთ ლითონ კალციუმის თვისებები ტუტე ლითონთა თვისებებს. მოიყვანეთ შესაბამისი რეაქციების მოლეკულური და იონური განტოლებები. რატომ არ გამოიყენება კალციუმი — მსუბუქი და მტკიცე ლითონი — თვითმფრინავების წარმოებისათვის?

▲ 2. შეადარეთ მარტივი ნივთიერებების — მაგნიუმისა და კალციუმის თვისებები. აღნიშნეთ მათი მსგავსებისა და განსხვავების ნიშნები.

3. აღწერეთ კალციუმის ოქსიდის თვისებები, რატომ უწოდებენ მშენებლები მას „დუღიას“? როგორ მიიღეს იგი მრეწველობაში?

4. აღწერეთ კალციუმის ჰიდროქსიდის თვისებები. რატომ უწოდებენ მშენებლები მას „კირფიფქს“?

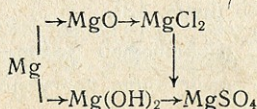
5. აღწერეთ თაბაშირის თვისებები და გამოყენება.

6. თქვენ მიიღეთ კირიანი წყალი და გსურთ შეინახოთ ის ქიმიის შემდეგ გაკვეთილამდე. როგორ უნდა მოიქცეთ?

7.* კირიანი წყალი ორ თანასწორ ულუფად გაყვეს, ერთ ულუფაში გაატარეს ნახშირორჟანგი, სანამ გამოყოფილი ნალექი არ გაიხსნა. შემდეგ ორივე ულუფა შეურიეს ერთმანეთს. რას უნდა დააკვირდეთ ამ დროს? მიღებული ტივტივარი გაატარებს თუ არა ელექტრულ დენს? დაწერეთ რეაქციათა მოლეკულური და იონური განტოლებები.

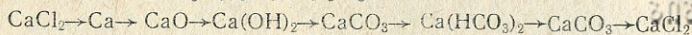
8. როგორ გარდაქმნებს განიციდის ჩამქრალი კირი ახალ მშენებლობაზე და რატომ არის შენობა ნესტიანი ამ გარდაქმნების დამთავრებამდე?

9. დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები, რომელთა დახმარებით შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი გარდაქმნები:



აღნიშნეთ თითოეული რეაქციისათვის აუცილებელი პირობები.

10. დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები, რომელთა დახმარებით შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი გარდაქმნები:



უხვეწეთ რეაქციათა პირობები.

11. ისარგებლეთ წიგნის უკანა ფორზაცზე მოყვანილი ცხრილით „მარილების, მჟავებისა და ფუძეების წყალში ხსნადობა“ და გააყეთეთ დასკვნა მაგნიუმის, კალციუმისა და ბარიუმის სულფატების წყალში ხსნადობის ცვლილებების ხასიათის შესახებ. როგორია რადიუმის სულფატის ხსნადობა?

§ 58. მაგნიუმისა და კალციუმის ნაერთები გუნებაში. მათი გამოყენება

მაგნიუმი შედის ბევრი მინერალის შედგენილობაში, რომელთაგან უმთავრესია — მაგნეზიტი MgCO_3 , დოლომიტი $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, კარნალიტი $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

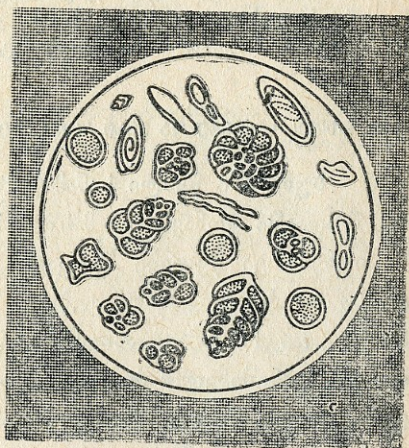
მაგნეზიტსა და დოლომიტს იყენებენ ცეცხლგამძლე მასალების წარმოებაში, აგრეთვე თავისუფალი მაგნიუმის მისაღებად.

კარნალიტი არა მარტო თავისუფალი მაგნიუმის მიღების წყაროა, მას იყენებენ აგრეთვე როგორც სასუქს, რომელიც მცენარეებს მაგნიუმისა და კალციუმს აწვდის.

მცენარეებს მაგნიუმი იმიტომ სჭირდებათ, რომ იგი შედის ქლოროფილში, შედის იმ ნაერთის შედგენილობაში, რომელიც მონაწილეობს ფოტოსინთეზის პროცესებში.

კალციუმი მეორე ჯგუფის ელემენტთან ყველაზე გავრცელებული ლითონია. როგორც აქტიური ლითონი, კალციუმი ბუნებაში მხოლოდ ნაერთების სახით გვხვდება. დედამიწის ქერქში ყველაზე მეტად გავრცელებული მინერალია კალციტი CaCO_3 . იგი იშვიათად გვხვდება მსხვილი ლამაზი კრისტალების სახით, მაგრამ უმთავრესად გვხვდება კირქვის, ცარცისა და მარმარილოს სახით.

ცარცი ფხვიერია — ეს არის შორეულ წარსულში დედამიწაზე მცხოვრებ ორგანიზმთა ნიჟარების გროვა (სურ. 44). კირქვა მკვრივია, მას არ ემჩნევა მარცვლოვანი აღნაგობა. მარმარილოს კრისტალური, მარცვლოვანი აღნაგობა აქვს: ტეხილზე მარმარილოს ნატეხი შეჭრის ნატეხს გვაგონებს.



სურ. 44. ცარცი მიკროსკოპში.

ზოგიერთი ნიადაგი შეიცავს კირქვას, ზოგჯერ ისეთი დიდი რაოდენობით, რომ ნიადაგზე მარილმჟავას დასხმისას იგი დუღდება (რატომ)? ფართოდ გავრცელებულია აგრეთვე თაბაშირის საბადოები. თაბაშირი — $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ იმდენად რბილია, რომ ფრჩხილით იფხენება. კალციუმის ნაერთებს შეიცავს მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმები. ძვლების მინერალურ ნივთიერებაში კალციუმის ფოსფატის მასური წილი არის დაახლოებით 0,8.

კალციუმის ნაერთებს პრაქტიკაში სხვადასხვანაირად იყენებენ. კირქვებისაგან იღებენ საშენ მასალებს: ჩაუმქრალ კირსა და ცემენტს. ცარცს იყენებენ რეზინის წარმოებაში საღებავების დასამზადებლად.

კირქვას, კირსა და კირის შემცველ სამრეწველო ნარჩენებს ფართოდ იყენებენ სოფლის მეურნეობაში ნიადაგების მოსაკირიანებლად მათი მჟავიანობის შესამცირებლად და სტრუქტურის გასაუმჯობესებლად.

?

1. როგორ ლითონებს ეწოდება ტუტემიწა ლითონები?

▲

2. რა კანონზომიერებები ვლინდება II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ლითონების ქიმიურ თვისებათა ცვლილებაში მათი რიგობრივი ნომრების ზრდასთან დაკავშირებით?

3. მოცემული ქვეჯგუფის ლითონებიდან რომელს აქვს ლითონური თვისებები უფრო მეტად გამოსახული? რომელს უფრო სუსტად? რაში ვლინდება ეს?

6. დაწერეთ კირიან წყალთან მაგნიუმის ნიტრატის ხსნარის რეაქციის იონური განტოლება.

■

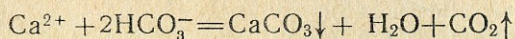
შინ შეაგროვეთ კოლექცია მასალებისა, რომლებიც თქვენი ვარაუდით, შედგება კალციუმის კარბონატისაგან, და ძმრის (ძმარმჟავას წყალხსნარის) გამოყენებით ცდით შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდის სისწორე. კოლექციაში შეიტანეთ კბილის ფხვნილი, ქათმის კვერცხის ნაჭუჭი, ჩაიდიდან ან თვითმადუ-ლიდან ამოღებული მინადულის ნატეხი.

§ 59. წყლის სინისტე და მისი აცილების ხერხები

ბუნებაში წყალი სანამ ჭაში ან წყალსადენის ქსელში მოხვდება, ნიადაგში ჟონავს და მასში ხსნადი მარილებით გაჯერდება.

ბუნებრივი წყლები შეიცავს კალციუმისა და მაგნიუმის სულფატებსა და ჰიდროკარბონატებს, ე. ი. Ca^{2+} და Mg^{2+} კათიონებს, SO_4^{2-} და HCO_3^- ანიონებს. წყალს, რომელიც Ca^{2+} და Mg^{2+} იონებს უმნიშვნელო რაოდენობით შეიცავს, რ ბ ი ლ ი წ ყ ა ლ ი ეწოდება, ხოლო წყალს, რომელიც ამ იონებს ჭარბი რაოდენობით შეიცავს — ხ ი ს ტ ი წ ყ ა ლ ი.

ხისტი წყლის დუღილის დროს ჰიდროკარბონატები იშლება და წარმოიქმნება უხსნადი კარბონატები, მაგალითად:



კარბონატები ილექება და წყლის სიხისტე მცირდება. წყალში კალციუმისა და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატების შემცველობით გამოწვეულ სიხისტეს კარბონატული ანუ დროებითი სიხისტე ეწოდება. კალციუმისა და მაგნიუმის სხვა მარილების არსებობით გამოწვეულ სიხისტეს, რომელსაც წყალი დუღილის შემდეგაც ინარჩუნებს, არაკარბონატული ანუ მუდმივი სიხისტე ეწოდება.

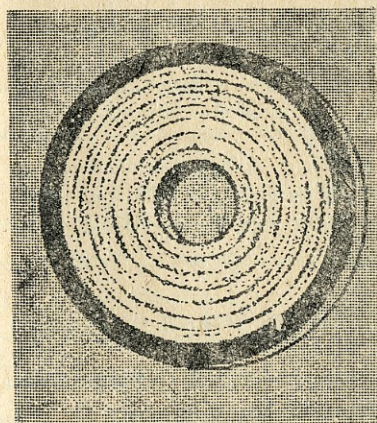
ცნობილია, რომ ხისტ წყალში საპონი ცუდად ქაფდება. შევისწავლოთ ეს მოვლენა ცდით, ხელოვნურ ხისტ წყლად გამოვიყენოთ, მაგალითად, თაბაშირის ხსნარი, ბიურეტში ჩავსახათ განზავებული საპნის ხსნარი, იგი თანდათანობით, ულუფობით დავასხათ ხისტ წყალს და ყოველი მიმატების შემდეგ ხისტწყლიანი ჭიქა ძლიერ ვანჯღრიოთ. საპნის პირველი ულუფები დაიხარჯება ფიფქისებრი ნალექის წარმოქმნაზე, და შენჯღრევისას ქაფი არ მიიღება. მხოლოდ იმის შემდეგ გაჩნდება ქაფი, როცა ნალექის წარმოქმნა შეწყდება.

საპნები არის ორგანულ მჟავათა, ნატრიუმის (ზოგჯერ კალიუმის) მარილები. მათი შედგენილობა პირობით შეიძლება გამოისახოს ფორმულით NaR ან KR , სადაც R — მჟავას ნაშთია. R ანიონები კალციუმისა და მაგნიუმის კათიონებთან ქმნის უხსნად მარილებს CaR_2 და MgR_2 სწორედ ამ უხსნად მარილთა წარმოქმნაზე უსარგებლოდ იხარჯება საპონი, ამგვარად, საპნის ხსნარის დახმარებით შეგვიძლია

შევავსოთ წყლის საერთო სიხისტე, მასში კალციუმისა და მაგნიუმის იონთა საერთო შემცველობა.

სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის საჭიროა უმნიშვნელო სიხისტის წყალი, ვინაიდან ხისტი წყლის დუღილის დროს ჩნდება მინადული, ამასთან ხისტ წყალში ცუდად იხარშება ხორცი, ბოსტნეული, ბურღული, ქსოვილების რეცხვის დროს წარმოქმნილი უხსნადი ნაერთები ძაფების ზედაპირზე ილექება და ბოჭკოებს თანდათანობით შლის.

ორთქლის ქვაბების ხისტი წყლით

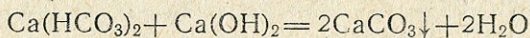


სურ. 45. წყლით გათბობის მილის კვეთი. საშუაო თითქმის გაქვდილია მინადულით.

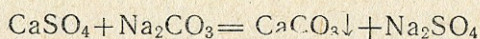
მომარაგების დროს იქმნება მინადული. მინადული აძნელებს წყლის გაცხელებას, იწვევს სათბობის ხარჯის ზრდას, აჩქარებს ქვების კედლების გაცვეთას (სურ. 45).

წყლის სიხისტის შესამცირებლად იყენებენ ქიმიურ მეთოდებს, რის შედეგადაც კალციუმის და მაგნიუმის იონები უხსნად მარილებად, ჩვეულებრივ კარბონატებად იქცევა.

კარბონატულ სიხისტეს აცილებენ კირის რძის დამატებით:



არაკარბონატულ სიხისტეს აცილებენ სოდის დამატებით:



წყლის სიხისტის აცილების სხვა ხერხებიც არსებობს.

?



1. რომელი წყალი უფრო ხისტია: წვიმისა თუ მდინარის? რატომ?
2. განმარტეთ, რატომ შეიცავს მდინარის წყალი კალციუმისა, და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატებს.
3. როგორ შევარბილოთ წყალი ქიმიური რეაქტივების გამოუყენებლად?
4. დაწერეთ რეაქციათა იონური განტოლებები, რომლებსაც იყენებენ: ა) კარბონატული სიხისტის, ბ) არაკარბონატული სიხისტის აცილების დროს.
5. რატომ არ შეიძლება წყალში თაბაშირის შემცველობით გაპირობებული მუდმივი სიხისტის აცილება კალციუმის ჰიდროქსიდის მიმატებით?
6. სხვადასხვა ხერხით შეამოწმეთ მილამოს სხვადასხვა წყაროდან აღებული წყლის სინჯების სიხისტე.



შემდეგ გაკვეთილზე თქვენ შეუდგებით ალუმინის შესწავლას. ამიტომ აიღეთ:

- 1). ალუმინის კილიტა, რომელშიც კანფეტს ახვევენ, ან რძის ბოთლის ხუფი. აღწერეთ ალუმინის ფიზიკური თვისებები.
- 2). გამოიკვლიეთ, იწვის თუ არა ალუმინი ჰაერზე და რამდენად ადვილად დნება. ამისათვის მოჭერით კილიტას ნაწილი, ერთი ბოლო დაამაგრეთ, ხოლო მეორე ბოლოსთან მიიტანეთ ანთებული ასანთი. აღწერეთ, რა მოხდება (საყიბი — რა უშლის ხელს ალუმინს, რომ გადნობის შემდეგ ჩამოეწვეთოს? — გადაწყდება გაკვეთილზე).
- 3) მოათავსეთ კილიტას თითო ნაჭერი წყალში, ნიშადურის სპირტსა და სუფრის ძმარში. აღწერეთ, რა მოხდება რამდენიმე დღე-ღამეში. ცდა დაამთავრეთ, როდესაც ერთ-ერთ ხსნარში კილიტას ნაჭერი ლითონის სიფრთხანა „მაქმანად“ გარდაიქმნება. შეინახეთ ის.

§ 60. III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტების ზოგადი ლახასიათება

III ჯგუფის მთავარ ქვეჯგუფში მოთავსებულია ელემენტები: ბორი B, ალუმინი Al, გალიუმი Ga, ინდიუმი In, თალიუმი Tl, მათი ატომების გარე შრეზე სამ-სამი ელექტრონია: ორი შეწყვილებული s-ელექტრონი და ერთი შეუწყვილებელი p-ელექტრონი. ქიმი-

ური ნაერთების წარმოქმნისას განსახილველი ქვეჯგუფის ელემენტთა ატომები ჩვეულებრივ გაცემენ ყველა გარე ელექტრონს და ავლენენ $+3$ ხარისხს.

პერიოდულ ტაბულაში მათი მდებარეობის შესაბამისად შეიძლება მოველოდეთ, რომ ლითონური თვისებები მათ სუსტად ექნებათ გამოსახული, ვიდრე მეზობელი II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებს. ეს ვარაუდი საესებით მართლდება. მაგალითად, მეორე პერიოდში II ჯგუფის ელემენტი ბერილიუმი მიეკუთვნება ლითონებს, ხოლო მისი მეზობელი III ჯგუფის ელემენტი ბორი — არალითონებს. თუ ბერილიუმი ქმნის ამფოტერულ BeO ოქსიდს, ბორი წარმოქმნის მჟავურ ოქსიდს B_2O_3 , რომელსაც ბორმჟავა H_3BO_3 შეესაბამება. მესამე პერიოდში II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტი მაგნიუმს ფუძე ოქსიდი MgO შეესაბამება, ხოლო III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტი ალუმინს Al_2O_3 ოქსიდი, რომელსაც ამფოტერული თვისებები აქვს.

ალუმინით დაწყებული III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ყველა დიდი რიგობრივი ნომრის მქონე ელემენტი ლითონებს მიეკუთვნება.

III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტთაგან ყველაზე მეტად გავრცელებულია ალუმინი. დედამიწის ქერქის მასის დაახლოებით 8% მოდის მის წილად (ყველა ლითონს შორის პირველი ადგილი). ქვეჯგუფის დანარჩენი ელემენტები საგრძნობლად ნაკლებ გავრცელებულია. ალუმინსა და მის ნაერთებს ფართოდ იყენებენ. ამიტომ ალუმინისა და მისი ნაერთების თვისებებს დაწვრილებით განვიხილავთ.

§ 61. ალუმინი

ქიმიური ნიშანი — Al ,

ფარდობითი ატომური მასა $\text{Ar}(\text{Al}) \approx 27$, ბირთვის მუხტი $+13$.

ალუმინი მოვერცხლისფრო-თეთრი მსუბუქი ლითონია. მისი სიმკვრივეა 2700 კგ/მ^3 . ალუმინის დნობის ტემპერატურა საკმაოდ დაბალია (660°C). ალუმინის კილიტა ასანთის ალში ღლვება.

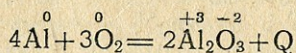
ალუმინი სითბოსა და ელექტრული დენის კარგი გამტარია: მისი ელექტროგამტარობა სპილენძის ელექტროგამტარობის დაახლოებით $\frac{2}{3}$ -ს შეადგენს. ალუმინის პლასტიკურობა მეტად მაღალია, მისგან შეიძლება მავთულის გაჭიმვა და კილიტად გაგლინვა.

ფურცლოვანი ალუმინისაგან წნევის დროს დაწნებით შეიძლება მივიღოთ სხვადასხვა ნაკეთობა: ბიდონები, ქვაბები და ა. შ.

ქიმიური რეაქციების დროს ალუმინის ატომი გაცემს გარე შრის 3 ელექტრონს და გარდაიქმნება სამუხტიან დადებით იონად Al^{3+} (ავლენს ჟანგვის +3 ხარისხს).

ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში ალუმინი ახლოს არის ტუტე და ტუტემიწა ლითონებთან (იხ. გვ. 126.) და უნდა გამოვლინდეს როგორც ქიმიურად აქტიური ლითონი. ხომ არ ეწინააღმდეგება ამას ყოველდღიური დაკვირვება? ალუმინის ჩაიდნებსა და ქვაბებში ადუღებენ წყალსა და ხარშავენ საჭმელს, ჭურჭელი კი შესამჩნევ ცვლილებებს არ განიცდის. იქმნება შთაბეჭდილება, რომ არც ჟანგბადი და არც წყალი დუდილის ტემპერატურის დროსაც არ მოქმედებენ ალუმინზე.

ამ წინააღმდეგობის მიზეზის დადგენაში დაგვეხმარება ცდა. ალუმინის მავთული შტატივზე დავამაგროთ დახრილ მდგომარეობაში და მისი ქვედა ბოლო ნათურის ალზე გავახუროთ. მავთულის გახურებული ბოლო უცხად ჩაიზნიქება. დაკვირვებისას შეიძლება დავინახოთ, რომ ალუმინის მავთული დაფარულია ნახევრად გამჭვირვალე გარსით — შალითით, რომლის შიგნით გამდნარი ალუმინი ვერცხლის მსგავსად ბზინავს, ძირს მიედინება და შალითის ქვედა ნაწილს აგანიერებს. შალითა ალუმინის ოქსიდისაგან შედგება. ამგვარად, ჰაერზე გახურებისას ალუმინი ზედაპირულად იჟანგება, არ იწვის და წარმოიქმნება ალუმინის ოქსიდი Al_2O_3 :



ალუმინი ჰაერის ჟანგბადს ოთახის ტემპერატურის დროსაც უერთდება. მის ზედაპირზე მაშინვე წარმოიქმნება ალუმინის ოქსიდის მეტად თხელი მკვრივი აფსკი, მასში ჟანგბადი ძნელად აღწევს და ლითონს იცავს შემდეგი დაჟანგვისაგან.

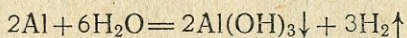
ალუმინის ზედაპირს დაზიანების დროს, რასაკვირველია, დამცავი აფსკიც სცილდება, მაგრამ ამის ნაცვლად დაზიანებულ ზედაპირზე მაშინვე წარმოიქმნება ოქსიდის ახალი ფენა. ალუმინის გახსნისას რეაქტივებში, რომლებიც მის ოქსიდზე არ მოქმედებს, მოხერხდა ოქსიდის აფსკის მოცილება უწყვილეს გამჭვირვალე ნაფლეთებად.

დამცველი აფსკის არსებობა კიდევ ასე მტკიცდება: თუ ალუმინის ნაჭერს ვერცხლისწყალში ჩაეძირავთ და შიგ ჰაერთან ალუმინის შეხება რომ გამოვრიცხოთ, ალუმინს რამდენიმე ადგილას ქლიბით გავფხაჭნით, მაშინ გაფხაჭნილ ადგილებში წარმოიქმნება ალუმინის ამაღება — მისი შენადნობი ვერცხლისწყალთან. ალუმინის ამაღამირებულ ზედაპირზე ოქსიდის აფსკი აღარ შეკავდება და ფენა-ფენად სცილდება. დამცველი მოქმედება წყდება, და ვერცხლისწყლიდან

ამოღებული ალუმინი გაფხაჭნილ ადგილებში სწრაფად იჟანგება, წარმოქმნის თეთრ ბუსუსოვან ალუმინის ოქსიდს (სურ. 46).

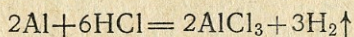
ახლა ადგილი ასახსნელია ალუმინის პასიურობა წყლის მიმართ. წყალსა და ალუმინს შორის რეაქციის არარსებობა იმით აიხსნება, რომ ზედაპირის მფარავი ალუმინის ოქსიდის აფსკი წყალში არ იხსნება.

თუ ალუმინს ვერცხლისწყალში გაფხაჭნის გზით მოვაშორებთ ამ აფსკს და ამის შემდეგ ალუმინს წყალში ჩავდირავთ, მაშინ ის ენერგიულ ურთიერთქმედებას იწყებს წყალთან და მისგან გამოდევნის წყალბადს:



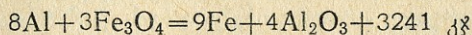
ალუმინის ოქსიდი და ჰიდროქსიდი ამფოტერულია. ისინი მჟავებში იხსნება და მჟავებს გზას უხსნის ლითონური ალუმინისაკენ.

ალუმინის ბურბუშელა ჩაყაროთ მარილმჟავიან ან განზავებულ გოგირდმჟავიან სინჯარაში. ალუმინი იხსნება, მჟავასაგან წყალბადს გამოდევნის და მარილს წარმოქმნის, მაგალითად:



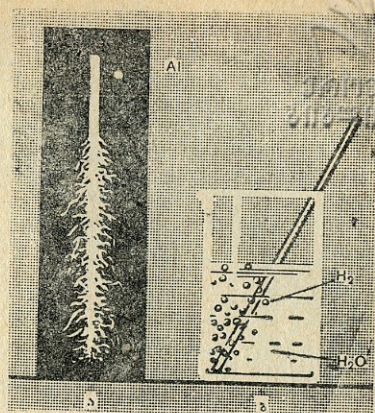
როგორც თქვენთვის ცნობილია, კონცენტრირებულ აზოტმჟავასთან ალუმინი ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე არ რეაგირებს. ამიტომ კონცენტრირებული აზოტმჟავას გადატანა შეიძლება ალუმინის ცისტერნებით.

ალუმინი მრავალ ლითონს აღადგენს მათი ოქსიდებიდან. თუ გავახურებთ ფხვნილისებრი ალუმინის ნარევს ისეთი ლითონების ოქსიდებთან, როგორიცაა რკინა, ქრომი და სხვა, მაშინ ლითონი აღდგება, ხოლო ალუმინი იჟანგება ალუმინის ოქსიდად:

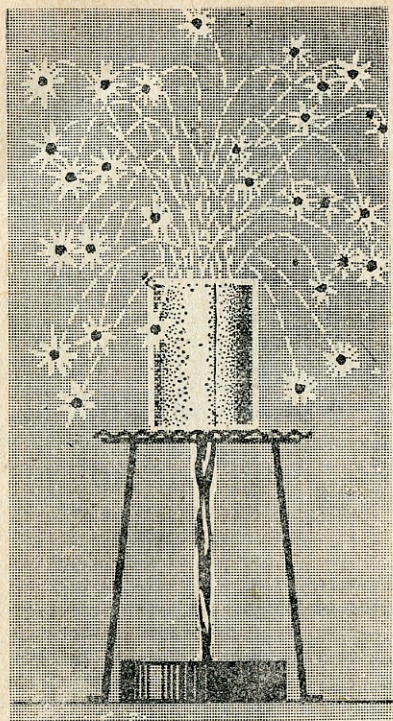


ალუმინის დახმარებით ლითონების აღდგენას მათი ოქსიდებიდან ალუმინით ეწოდება. ალუმინითერმიას შეიძლება გავეცნოთ შემდეგი ცდით:

აზბესტისაგან გავაკეთოთ ჭიქა. მას შემოვანვიოთ მავთული და დადგათ რკინის ფურცელზე, ხოლო ფურცელი — სამფხხაზე, რომ-



სურ. 46. ამაღამირებული ალუმინის დაენგვა: ა — ჰაერზე, ბ — წყალში.



სურ. 47. ალუმინით რკინის აღდგენა მისი ხენჯიდან.

ლის ქვეშ დავდგათ ქვიშიანი ჯაბი და აზბესტცემენტის ან სხვა უწყვეტი მასალის ფურცელი (სურ. 47). აზბესტის ქიქაში ჩავყაროთ ალუმინის ფხვნილისა და რკინის ხენჯის Fe_3O_4 ნარევი. მასში დავამაგროთ მაგნიუმის ლენტი და ავანთოთ ის, ანთებული მაგნიუმისაგან აინთება ალუმინისა და რკინის ხენჯის ნარევი, ნაპერწყლვად მიმოაბნევს გავარგარებულ და ჰაერზე ანთებულ, აღდგენილ რკინის წვეთებს. რეაქციის დროს ისეთი მაღალი ტემპერატურა (3000°C -მდე) ვითარდება, რომ რეაქციის ორივე პროდუქტი, ე. ი. არა მარტო რკინა, არამედ ალუმინის ოქსიდიც ლღვება. როცა ნარევის წვა სამფეხას მიაღწევს, რკინის ფურცელი მყისვე დნება და გამდნარი მასა გავარგარებულ ჭავლად ქვიშაში ჩაიღვრება. მისი გამაგრების შემდეგ ჩაქუჩის დარტყმით შეიძლება რკინის სხმულის გათავისუფლება.

თუ ავანთებთ წვრილად დაფხვნილ ალუმინს, იგი იწვის დამაბრძანებელი სინათლით. გამოიყოფა ბევრი სითბო და წარმოიქმნება ალუმინის ოქსიდი Al_2O_3 .

ყანგბადის გარდა ალუმინი რეაგირებს ქლორთან, გოგირდთან და მრავალ სხვა არალითონთან. ალუმინის უწყლო ქლორიდი AlCl_3 ტუტე და ტუტემიწა ლითონების ძნელადღობადი ქლორიდებისაგან განსხვავებით ქროლდება შედარებით სუსტად (დაახლოებით 200°C -მდე) გახურებისას. ალუმინის ქლორიდის ასეთივე ქცევა იმას მოწმობს, რომ ალუმინის ქლორიდში ქიმიური ბმა არ არის ტიპური იონური (რაც დამახასიათებელია მეტად აქტიური ლითონებისათვის), არამედ მას აქვს აგრეთვე არალითონებისათვის დამახასიათებელი პოლარული კოვალენტური ბმის ნიშნები. ამრიგად, ალუმინის ოქსიდის ამფოტერული ხასიათი და ნაერთების თვისებათა თავისებურებანიც გვიჩვენებენ, რომ ალუმინს ლითონური თვისებები რამდენადმე სუსტად აქვს გამოსახული, ვიდრე ისეთ ტიპურ ლითონებს, როგორცაა ტუტე და ტუტემიწა ლითონები.

ალუმინი ბუნებაში. დიდი ქიმიური აქტივობის გამო ალუმინი ბუნებაში თავისუფალი სახით არ გვხვდება. ალუმინის შემცველ ბუნებრივ ნაერთებს მიეკუთვნება ალუმინსილიკატები, ბოქსიტები, კორუნდი და მისი სახესხვაობა—ზემფარა.

ალუმინსილიკატები მარილებია, რომელთა ანიონების შედგენილობაში შედის ალუმინი სილიციუმთან ერთად, ამ მარილებში კათიონებია ტუტე და ტუტემიწა ლითონები. ალუმინსილიკატები დედამიწის ქერქის ძირითად მასას შეადგენს. მათ მიეკუთვნება ისეთი ფართოდ გავრცელებული მინერალი, როგორიცაა მინდვრის შპატი.

ბოქსიტები ქანია, რომლის მთავარი შემადგენელი ნაწილია ალუმინის ჰიდროქსიდი. ბოქსიტები წარმოიქმნა სხვადასხვა ქანის დაშლისა და დაშლის პროდუქტების ჩარეცხვის შედეგად ტბებისა და ზღვების აუზებში. ამ აუზების ნაპირებთან ისინი დაილექა.

- ?
1. დაწერეთ ალუმინის ქლორთან და გოგირდთან, რეაქციების განტოლებები ელექტრონული ბალანსის შედგენით.
- ▲ 2. შეადარეთ ნატრიუმის, კალციუმისა და ალუმინის ქიმიური თვისებები და შედარების შედეგები შეუპირისპირეთ მათი ატომების აღნაგობას.
3. დაწერეთ იონური განტოლებები რეაქციებისა: ა) ალუმინისა და მარილმჟავას, ბ) ალუმინისა და შაბამნის ხსნარებს შორის.
4. ალუმინი ბუნებაში რომელი ნაერთების შედგენილობაში გვხვდება?

§ 62. ალუმინის გამოყენება

ალუმინის ძირითადი გამოყენება (ფერ. სურ. II) დაკავშირებულია მისი შენადნობების სიმსუბუქესთან, ჰაერისა და წყლის მიმართ მისი შენადნობების სიმტკიცესა და მდგრადობასთან. სასარგებლო თვისებათა ასეთი შეხამება პირველ რიგში ესაჭიროება ტრანსპორტს. ალუმინის შენადნობების მთავარი მომხმარებელია თვითმფრინავმშენებლობა და ავტომობილმშენებლობა.

ალუმინის შენადნობების მითითებულმა თვისებებმა და მათმა ლამაზმა გარეგნულმა სახემ განაპირობა მშენებლობაში ალუმინის შენადნობების ფართოდ გამოყენება. ალუმინსა და მის შენადნობებს იყენებენ მეტროპოლიტენის სადგურების, შენობების ფასადების და სხვ. მოსაპირკეთებლად. ალუმინის შენადნობების გოფირებული ფურცლებით ფარავენ ხახურავებს, აგრეთვე მისგან აგებენ სხვადასხვა სასაწყობო შენობებს.

ელექტროტექნიკაში იყენებენ სუფთა ალუმინის მაღალ ელექტროგამტარობას. ალუმინისაგან ამზადებენ ელექტროსადენებს. ერთნაირი ელექტროწინააღობისას ალუმინის სადენები ორჯერ ნაკლებს იწონის, ვიდრე სპილენძისა. ეს აადვილებს საყრდენი ანძების აგე-

ბას, რომელზეც სადენებს აბამენ. ამასთან ალუმინი სპილენძზე ბევრად უფრო იაფია.

ფართოდ იყენებენ ალუმინის ფხვნილზე დამზადებულ ვერცხლისებრ საღებავებს, იგი ნაგებობებს არა მარტო ლამაზ გარეგნულ სახეს აძლევს, არამედ იცავს მათ ქიმიური რღვევისაგან. მზის სხივებისაგან დასაცავად ალუმინის საღებავით ფარავენ ნავთობპროდუქტებისა და სხვა საწვავი ნივთიერების გადასატანად განკუთვნილ ცისტერნებს.

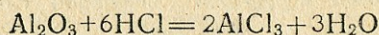
ყოფა-ცხოვრებაში ალუმინი გამოიყენება უმთავრესად სამზარეულოს ყოველნაირი ჭურჭლის სახით. ალუმინის სიმსუბუქისა და სიმტკიცის გარდა, აქ გამოყენებულია მისი სხვა ძვირფასი თვისებებიც: მაღალი თბოგამტარობა, ცივი და მდულარე წყლის მიმართ მდგრადობა, არაშხამიანობა მისი ნაერთებისა, რომლებიც შეიძლება მცირე რაოდენობით წარმოიქმნას ალუმინზე საჭმელში არსებული სუსტი ორგანული მჟავების მოქმედების დროს.

- ?
- ▲ 1. ჩამოთვალეთ ალუმინის გამოყენების თქვენთვის ცნობილი სფეროები.
2. ალუმინის ჭურჭელში შენახვისას მჟავე საჭმელი არასასიამოვნო „ლითონურ“ გემოს იძენს. რომელ ქიმიურ პროცესთან არის ეს დაკავშირებული?
3. ახსენით, რატომ არ ირჩილება ალუმინი ჰაერზე?
- ჯამში ჩაასხით წყალი, მასში ჩადეთ ქაღალდის გუნდა, მასზე დადეთ ორი ლურსმანი, ერთ-ერთს წაუსვით ვაზელინი ან მცენარეული ზეთი, და ალუმინის ნაჭერი (მაგალითად, ძმრის ბოთლის ხუფი). რამდენიმე დღის განმავლობაში დროდადრო დაუმატეთ წყალი, ჩაიწერეთ რკინასა და ალუმინზე მომხდარი ყველა ცვლილება, ყოველთვის აღნიშნეთ დაკვირვების დრო. გააკეთეთ დასკვნა ალუმინისა და რკინის შედარებითი ქიმიური მდგრადობის შესახებ წყლისა და ჰაერის მიმართ.

§ 63. ალუმინის ოქსიდისა და ჰიდროქსიდის თვისებები

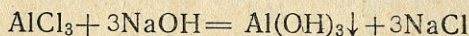
ალუმინის ოქსიდი Al_2O_3 თეთრი ფერის ძნელად დნობადი ნივთიერებაა. (დნობის ტემპერატურა დაახლოებით $2000^{\circ}C$). ბუნებრივი ალუმინის ოქსიდი — მინერალი კორუნდი — სხვა ბუნებრივი ნივთიერებებისაგან სიმაგრით მხოლოდ ალმასს ჩამოუვარდება. კორუნდისაგან ამზადებენ სახეზ რგოლებს, სალესებს და ა. შ. ლითონისა და სხვა ნაკეთობათა დასამუშავებლად.

ალუმინის ოქსიდი წყალში არ იხსნება და მასთან არ რეაგირებს. როგორც თქვენთვის ცნობილია, ალუმინის ოქსიდი ამფოტერულია. მჟავების მიმართ იგი მოქმედებს როგორც ფუძე ოქსიდი — მჟავათა ხსნარებში იხსნება ალუმინის მარილების წარმოქმნით, მაგალითად:

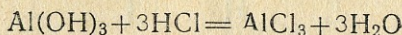


ტუტეების მიმართ ალუმინის ოქსიდი მოქმედებს როგორც მჟავა ოქსიდი (იხ. გვ. 162).

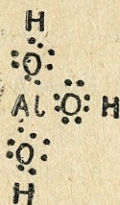
ალუმინის ჰიდროქსიდი $\text{Al}(\text{OH})_3$ წყალში უხსნადი, თეთრი, მყარო ნივთიერებაა. ალუმინის ჰიდროქსიდი მიიღება ტუტეებთან ალუმინის მარილების ურთიერთქმედების დროს. მაგალითად, თუ ალუმინის ქლორიდის ხსნარზე წვეთობით დავამატებთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარს, შევნიშნავთ ლაბას მსგავსი ალუმინის ჰიდროქსიდის ნალექის წარმოქმნას:



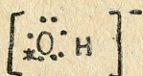
თუ ალუმინის ჰიდროქსიდზე რომელიმე მჟავათი ვიმოქმედებთ, მაგალითად, მარილმჟავათი, მაშინ ნალექი ქრება და მიიღება გამჭვირვალე ხსნარი: რეაქცია ხდება წყალში ხსნადი ალუმინის მარილისა და წყლის წარმოქმნით:



ამ რეაქციაში ალუმინის ჰიდროქსიდი ფუძის თვისებებს ავლენს. მაგრამ თუ ალუმინის ჰიდროქსიდს დავამატებთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარს, ასევე გამჭვირვალე ხსნარი მიიღება. მაშასადამე, ალუმინის ჰიდროქსიდი რეაგირებს ტუტესთანაც. მაგრამ რანაირად ხდება ეს ურთიერთქმედება? ჯერ განვიხილოთ ალუმინის ჰიდროქსიდის ელექტრონული ფორმულა:

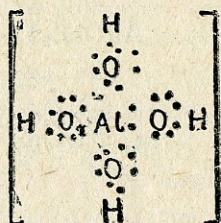


ელექტრონული ფორმულიდან ჩანს, რომ ალუმინის ატომის გარე ელექტრონულ შრეზე $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ში არის 6 ელექტრონი: ქიმიური ბმების წარმოქმნაზე 3 ელექტრონს აძლევს ალუმინის ატომი და 3 ელექტრონს — ჟანგბადის ატომები (თითოეული თითოს), ხოლო, როგორც თქვენთვის ცნობილია, მაღალი მდგრადობა გარე შრეს აქვს მაშინ, როდესაც მასზე არის 8 ელექტრონი. $\text{Al}(\text{OH})_3$ ტუტესთან ურთიერთქმედებისას ალუმინის ატომს დანაკლის ელექტრონულ წყვილს აძლევს ჰიდროქსიდ-იონი, რომელსაც 3 გაუზიარებელი ელექტრონული წყვილი აქვს.

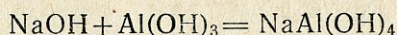


ვარსკვლავით ნაჩვენებია ტუტე ლითონის ატომიდან ჰიდროქსიდისაკენ გადასული ელექტრონი.

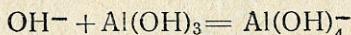
როდესაც ალუმინის ჰიდროქსიდზე ტუტეს ასხამენ, იქმნება დონორულ-აქცეპტორული ბმა ჰიდროქსიდ-იონსა და ალუმინის ატომს შორის. მოცემულ შემთხვევაში დონორად გამოდის ჰიდროქსიდ-იონი, ხოლო აქცეპტორად — ალუმინის ატომი $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ში. ამის შედეგად გაჩნდება უარყოფითად დამუხტული ანიონი $\text{Al}(\text{OH})_4^-$:



ამ ანიონის უარყოფითი მუხტი ანეიტრალებს ტუტე ლითონის კათიონის, მაგალითად, ნატრიუმის მუხტს. წარმოქმნილი ნაერთის შედგენილობა გამოისახება ფორმულით $\text{NaAl}(\text{OH})_4$, ხოლო რეაქცია ნატრიუმის ჰიდროქსიდსა და ალუმინის ჰიდროქსიდს შორის ჩაიწერება ასე:

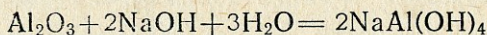


ამ რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლებაა:



ნაერთებს, რომლებშიც ალუმინის ატომი ანიონის შედგენილობაში შედის, ალუმინატები ეწოდება. ნაერთის $\text{NaAl}(\text{OH})_4$ სახელწოდება — ნატრიუმის ტეტრაჰიდროქსოალუმინატი აიხსნება იმით, რომ მის შედგენილობაში შედის 4 (ტეტრა) ჰიდროქსოჯგუფი OH^- .

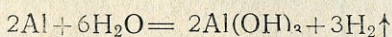
ეს ნაერთი წარმოიქმნება აგრეთვე ტუტესთან ალუმინის ოქსიდის Al_2O_3 ურთიერთქმედებისას:



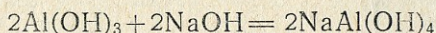
$\text{NaAl}(\text{OH})_4$ წარმოქმნამდე მიდის რეაქციაც ლითონურ ალუმინსა და ტუტეს ხსნარს შორის.

თუ ალუმინის მავთულს ტუტის ცხელ ხსნარში მოვათავსებთ, რამდენიმე ხნას შემდეგ დაიწყება წყალბადის მძაფრი გამოყოფა. ტუტის ხსნართან ალუმინის რეაგირების უნარი შემდეგნაირად აიხსნება. ლითონური ალუმინი დაფარულია ალუმინის ამფოტერული ოქსიდის თხელი აფსკით. მასზე ტუტის ცხელი ხსნარის (მაგალითად,

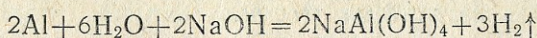
NaOH) მოქმედების შედეგად აფსკი დაიშლება და წარმოიქმნება წყალში ხსნადი ნატრიუმის ტეტრაჰიდროქსოალუმინატი. აფსკიდან გათავისუფლებული ალუმინი რეაგირებს წყალთან:



წარმოქმნილი ალუმინის ჰიდროქსიდი ნატრიუმის ჰიდროქსიდთან ურთიერქმედებს:



თუ ცალ-ცალკე შევაჯამებთ ორი უკანასკნელი განტოლების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებს, მივიღებთ ტუტის ხსნართან ალუმინის რეაქციის განტოლებას:



ყოფა-ცხოვრებაში ალუმინის ნაკეთობათა გამოყენებისას აუცილებელია გვახსოვდეს ტუტე არეში ალუმინის კოროზიის შესახებ.

- ?
1. რა ნივთიერებები და როგორი თანმიმდევრობით წარმოიქმნება ალუმინის ქლორიდის ხსნარზე ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარის დასხმისას? დაწერეთ შესაბამისი რეაქციათა განტოლებები.
- ▲ 2. რატომ არ შეიძლება ალუმინის ჭურჭლით სარგებლობა ტუტეების ხსნართა შესანახად? დაწერეთ მოსალოდნელი რეაქციების განტოლებები.
3. რომელი რეაქციების დახმარებით შეიძლება აღმოვაჩინოთ ალუმინის იონების არსებობა ხსნარში?

§ 64. თანხლედი ქვეჯგუფების ლითონთა ატომების ელექტრონული გარ-
სის აღნაგობის თავისებურებანი

წინა გაკვეთილზე თქვენ შეისწავლეთ დ. ი. მენდელეევის ქიმიურ
ელემენტთა პერიოდული სისტემის I, II, III ჯგუფების მთავარი
ქვეჯგუფების ლითონები. ახლა რომ გადავიდეთ თანხლები ქვეჯგუ-
ფების ლითონთა თავისებურების შესწავლაზე, წინასწარ უნდა განვიზი-
ლოთ ამ ელემენტების ატომთა ელექტრონული გარსის აღნაგობის
თავისებურებანი, ვინაიდან ეს თავისებურებანი განსაზღვრავენ მო-
ცემული ლითონების თავისებურებას.

გავიხსენოთ, როგორ იცვლება მთავარ ქვეჯგუფებში განლაგებუ-
ლი ქიმიური ელემენტების ატომთა გარე ელექტრონული შრეები
მცირე პერიოდებში. როცა ატომის ბირთვის მუხტი დიდდება ერ-
თეულით, ბირთვის გარემომცველ ელექტრონებს ემატება კიდევ ერ-
თი. ეს ელექტრონი პირველ ოც ელემენტში (H-დან Ca-მდე) ან
ემატება წინა ელემენტის გარე შრის ელექტრონებს, ან ქმნის ახალ
გარე შრეს. მაგალითად, პირველი ხდება მაგნიუმიდან ალუმინზე
გადასვლის, კალიუმიდან კალციუმზე გადასვლის დროს, ხოლო
მეორე — ჰელიუმიდან ლითიუმზე, არგონიდან კალიუმზე გადასვლის
დროს.

სხვანაირად ხდება თანხლები ქვეჯგუფის ლითონების ატომთა
ელექტრონული გარსის ცვლილება რიგობრივი ნომრის ერთეულით
გადიდებისას. აქ ელექტრონი ჩვეულებრივ თავსდება არა გარე, არა-
მედ უკანასკნელის წინა შრეზე.

მაგალითისათვის განვიხილოთ IV პერიოდში ატომთა ელექტრო-
ნული შრეების თანდათანობითი ცვლილება სკანდიუმიდან თუთიამ-
დე. სკანდიუმს (№ 21) კალციუმთან შედარებით აქვს არა 20, არა-
მედ 21 ელექტრონი, ოცდამეერთე ელექტრონი მოთავსდა უკანასკნე-
ლის წინა შრეზე, სადაც აღმოჩნდა 9 ელექტრონი. სკანდიუმის ატომ-

ში შრეების მიხედვით ელექტრონების განაწილება შემდეგნაირია: (+21)—2—8—9—2. ტიტანს (№ 22) უკანასკნელის წინა შრეზე უკვე 10 ელექტრონი აქვს; ვანადიუმს (№ 23)—11. ქრომს (№ 24) ამავე შრეზე უნდა ჰქონდეს 12 ელექტრონი, მაგრამ რიგი მიზეზების გამო, რომლებიც დაკავშირებულია ბირთვიდან მესამე შრის თავისებურებასთან, ენერგეტიკულად უფრო ხელსაყრელია გარე შრის ერთი ელექტრონის გადასვლა უკანასკნელის წინა შრეზე. ამის გამო ქრომის ატომის გარე შრეზე რჩება 1 ელექტრონი, უკანასკნელის წინა შრეზე კი აღმოჩნდება 13. ქრომის ატომში შრეების მიხედვით ელექტრონების განაწილება შემდეგნაირია: (+24)—2—8—13—1. ელექტრონების ატომის გარე და უკანასკნელის წინა შრეების შემდგომ თანდათანობით შევსება იქამდე მიდის, რომ თუთიის (№ 30) უკანასკნელის წინა შრე მთლიანად შეივსება (მასზე მაქსიმალურად 18 ელექტრონი მოთავსდება). თუთიის ატომში ელექტრონები განაწილდება შრეების მიხედვით შემდეგნაირად: (+30)—2—9—18—2.

ელექტრონებით ატომის შრეების მსგავსი შევსება შეიმჩნევა V, VI, VII პერიოდებში თანმხლები ქვეჯგუფების მრავალი ელემენტის ატომებში. ამ ელემენტების ატომებს გარე შრეზე ორი ან ერთი ელექტრონი აქვს.

თანმხლები ქვეჯგუფების ქიმიურ ელემენტებს შორის არის ისეთებიც, რომელთა ატომებში ბირთვის მუხტის ერთეულით გადიდებისას ახალი ელექტრონი თავსდება ატომის გარედან არა მეორე, არამედ მესამე შრეზე. ეს ელემენტებია VI პერიოდის III ჯგუფის თანმხლები ქვეჯგუფების ლითონები — ლანთანი და ლანთანოიდები, ხოლო VII პერიოდისა — აქტინიუმი და აქტინოიდები.

ამ ელემენტების ატომთა გარე და უკანასკნელის წინა შრეებზე ელექტრონების ერთნაირი რიცხვით აიხსნება მათი ქიმიური თვისებების მსგავსება.

- ▲ 1. შეადგინეთ რკინისა და მანგანუმის ატომთა ელექტრონული გარსების აღნაგობის სქემები. გაითვალისწინეთ, რომ ამ ელემენტების ატომების გარე ელექტრონულ შრეზე ორ-ორი ელექტრონი.
2. შეადგინეთ ბრომისა და მანგანუმის ატომთა აღნაგობის სქემები. აღნიშნეთ მსგავსება და განსხვავება ამ ელემენტების ატომთა აღნაგობაში.

§ 65. თანმხლები ქვეჯგუფების ლითონთა ოქსიდებისა და ჰიდროქსიდების თვისებების დამოკიდებულება ქიმიური ელემენტების შანვლის ხარისხზე

სხვადასხვა ქიმიურ რეაქციაში თანმხლები ქვეჯგუფის ელემენტებს შეუძლიათ ატომის გარე და უკანასკნელის წინა შრეებიდან გასცენ სხვადასხვა რაოდენობით ელექტრონი და ამიტომ უნარი აქვთ თავიანთ ნაერთებში გამოავლინონ ჟანგვის სხვადასხვა ხარისხი. მაგა-

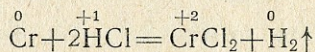
ლითად ტიტანს — IV ჯგუფის თანმსლეები ქვეჯგუფის ლითონს — აქვს ჟანგვის სამი ხარისხი: +2, +3, +4, ხოლო პერიოდში მის მომდევნო ელემენტ ვანადიუმს +2-დან +5-მდე, ქრომს +2, +3, +4, +6, მანგანუმს +2-დან +7-მდე. ამასთან დაკავშირებით თანმსლეები ქვეჯგუფების თითოეული ლითონი წარმოქმნის რამდენიმე ოქსიდს და მათ შესაბამის ჰიდროქსიდებს, რომლებიც განირჩევიან ერთმანეთისაგან შედგენილობითა და თვისებებით.

თანმსლეები ქვეჯგუფების ლითონთა ნაერთების თვისებათა ცვლილებაში ზოგიერთი კანონზომიერება განვიხილოთ ქრომის მაგალითზე.

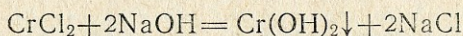
თავისუფალ მდგომარეობაში ქრომი გარეგნულად ფოლადის მსგავსი ლითონია. ქრომი ჰაერზე იჟანგება, ზედაპირზე წარმოიქმნება თხელი აფსკი, რომელიც ლითონს შემდგომი დაჟანგვისაგან იცავს. ამიტომ მისი ნაერთების ელექტროლიზის მეშვეობით ფოლადის ნაკეთობებს ქრომით ფარავენ — მოქრომავენ — დაჟანგვისა და მექანიკური გაცვეთისაგან დაცვის მიზნით. ამავე თვისებებს შესძენს ქრომი რკინასთან თავის შენადნობებს — ქრომიან ფოლადებს.

ქიმიური რეაქციების დროს ქრომის ატომს გარე შრის ერთადერთ ელექტრონის გარდა შეუძლია გასცეს 5 ელექტრონი უკანასკნელის წინა შრიდან, ე. ი. გამოავლინოს უმაღლესი ჟანგვის ხარისხი +6. მაგრამ, ისევე როგორც ყველა ელემენტი ატომის უკანასკნელის წინა მშენებარე ელექტრონული შრით, ქრომიც ავლენს ჟანგვის რამდენიმე ხარისხს, გარდა ჟანგვის უმაღლესი +6 ხარისხისა, ქრომს ახასიათებს ჟანგვის +3 ხარისხიც. მიღებულია აგრეთვე ნაერთები, რომლებშიც ქრომი ავლენს ჟანგვის +2 ხარისხს და სხვ.

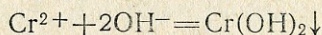
ქრომ(II)-ის ნაერთები მცირედმდგრადია. მაგალითად, ქრომ(II)-ის ქლორიდი შეიძლება მივიღოთ მარილმჟავაში ქრომის გახსნით მხოლოდ ჰაერის ჟანგბადის გარეშე:



მიღებული ხსნარი Cr^{2+} იონების არსებობის გამო ცისფერია, მასზე ტუტის ხსნარის დასხმისას მიიღება ქრომ(II)-ის ჰიდროქსიდის მოყვითალო-ყავისფერი ნალექი:



შემოკლებული იონური განტოლება:



ქრომ(II)-ის ჰიდროქსიდი ფუძეა, ხოლო ქრომ(II)-ის შესაბამისი ოქსიდი CrO — ფუძე ოქსიდია.

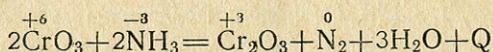
ქრომის ნაერთები, რომლებშიც მისი ჟანგვის ხარისხი $+2$ -ია ადვილად იჟანგება და წარმოიქმნება ქრომის ნაერთები $+3$ ხარისხით, მაგალითად, ჟანგბადის შემცველ შემთავებულ წყალხსნარში ხდება რეაქცია:

წარმოქმნილი ნერთი — ნატრიუმის ტეტრაჰიდროქსოქრომატი(III) — წყალში ხსნადია და ხსნარს აძლევს დამახასიათებელ შეფერილობას.

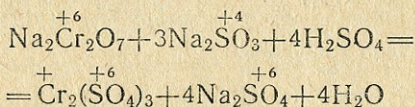
ქრომ(III)-ის ნერთები თვისებებით ძლიერ ჰგავს ალუმინის ანალოგიურ ნერთებს. ეს იმით აიხსნება, რომ Al^{3+} და Cr^{3+} იონთა მუხტები ერთნაირია, ხოლო მათი ზომები ახლოსაა ერთმანეთთან.

ქრომ(VI)-ის ოქსიდი CrO_3 მჟავა ოქსიდია. წყალთან შეერთებისას იგი ორ მჟავას წარმოქმნის: ქრომმჟავას H_2CrO_4 და ორქრომმჟავას $H_2Cr_2O_7$. პირველის მარილები, მაგალითად, Na_2CrO_4 ყველელი ფერისაა (CrO_4^{2-} ანიონების შეფერილობა), მათ ქრომატები ეწოდება. მეორის მარილები, მაგალითად, $Na_2Cr_2O_7$ ნარინჯისფერია ($Cr_2O_7^{2-}$ ანიონების შეფერილობა), მათ დიქრომატები ეწოდება.

ქრომ(VI)-ის ოქსიდი და ქრომმჟავები ძლიერი მჟანგავებია, მაგალითად, ამიაკი თავისთავად აინთება ქრომ(VI)-ის ოქსიდთან შეხებისას:



ქრომის მჟავათა მარილების მჟანგავი თვისებები ყველაზე მკაფიოდ ვლინდება მჟავურ გარემოში. რომელიმე დიქრომატის ხსნარზე მჟავას დამატებისას ხსნარის ნარინჯისფერი შეფერილობა არ იცვლება. მაგრამ თუ ამის შემდეგ იქვე დავამატებთ ნებისმიერი აღმდგენის, მაგალითად, სულფიტის ხსნარს, $Cr_2O_7^{2-}$ იონებისათვის დამახასიათებელი ნარინჯისფერი მაშინვე შეიცვლება სამვალენტო ქრომის ჰიდრატირებული Cr^{3+} იონებისათვის დამახასიათებელი მომწვანო-ისფერით:



ქრომის ნერთების შედგენილობისა და თვისებების შედარება განზოგადებულია მე-12 ცხრილში.

ცხრილი 12

ქრომის ნერთები

ქრომის ჯანგვის ხარისხი	ოქსიდების ფორმულები	ოქსიდების თვისებები	ჰიდრო- ქსიდების ფორმულები	ჰიდროქსიდების თვისებები
+2	CrO	ფუძე, ოქსიდი, აღმდგენი	$Cr(OH)_2$	ფუძე, აღმდგენი
+3	Cr_2O_3	ოქსიდი აფორტირებული თვისებებით	$Cr(OH)_3$	ამფორტერული ჰიდროქსიდი
+6	CrO_3	მჟავა ოქსიდი, მჟანგავი	H_2CrO_4	მჟავა, მჟანგავი

ქრომის ნაერთების თვისებათა განხილვისას შემდეგი კანონზომიერებანი ვლინდება.

თანმხლები ქვეჯგუფის ლითონის ჟანგვის ხარისხის ზრდისას ხდება მისი ოქსიდებისა და ჰიდროქსიდების თვისებების ისეთივე ცვლილებები, როგორიც ერთი და იმავე პერიოდის ელემენტების ჟანგვის ხარისხის ზრდისას: ფუძე თვისებები იცვლება ამფოტერულით, ხოლო შემდეგ მჟავურით.

ელემენტის დაბალი ჟანგვის ხარისხის მქონე ნაერთებს აქვთ აღმდგენი, ხოლო მაღალი ჟანგვის ხარისხის მქონე ნაერთებს — მჟანგავი თვისებები.

- ?
1. შეადარეთ ერთმანეთს ქრომისა და ალუმინის ნაერთები ჟანგვის ხარისხით +3, ქრომისა და გოგირდის ნაერთები ჟანგვის ხარისხით +6.
 2. როგორი თვისებები აქვთ აღმდგენი თუ მჟანგავი — ქრომ(III)-ის ოქსიდსა და ქრომ(III)-ის ჰიდროქსიდს?
 3. დაწერეთ მანგანუმის დაბალი ოქსიდისა და შესაბამისი ჰიდროქსიდის ფორმულები. აღნიშნეთ ამ ნაერთების უმნიშვნელოვანესი ქიმიური თვისებები.
 4. შეადგინეთ შეკვეცილი იონური განტოლებები, რომლებიც უპასუხებენ მჟავებთან და ტუტეებთან Cr(OH)_3 -ის ურთიერთქმედებას.
 5. როგორი თვისებები აქვს მანგანუმის უმაღლეს ოქსიდს და მის შესაბამის ჰიდროქსიდს? დაწერეთ ამ ნაერთების ფორმულები და განტოლებანი ქიმიური რეაქციებისა, რომლებშიც მონაწილეობენ ეს ნივთიერებები.

§ 66. მ ა ნ გ ა ნ უ მ ი

ქიმიური ნიშანი — Mn

ფარდობითი ატომური მასა $\text{Ar(Mn)} \approx 54,932$, ბირთვის მუხტი +25

ქიმიური რეაქციების დროს მანგანუმის ატომიდან გარე შრის 2 ელექტრონის გარდა შეიძლება უკანასკნელის წინა შრის ელექტრონებიც მოწყდეს. ამის შედეგად ნაერთებში იგი ავლენს ჟანგვის +2, +3, +4, +6 და +7 ხარისხებს.

სუფთა მანგანუმი მიიღება მისი მარილების ელექტროლიზით.

კომპაქტურ მდგომარეობაში მანგანუმი თეთრი ლითონია და გარეგნულად რკინას ჰგავს, ფხვნილის სახით კი ნაცრისფერი ნივთიერებაა. მისი ლღობის ტემპერატურაა 1247°C , ხოლო სიმკვრივე — 7,2. ჰაერზე მანგანუმი იფარება ოქსიდის თხელი ფურჩით, რომელიც მას შემდგომი დაჟანგვისაგან იფარავს:

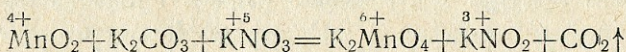
! საქართველოს სსრ საშუალო სკოლის ქიმიის პროგრამის შესაბამისად სახელმძღვანელოს ქართულ გამოცემაში შეტანილია მასალები მანგანუმის შესახებ.

ზესუფთა მანგანუმი მისი მარილების ელექტროლიზით პირველად მიიღო საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსმა რ. ი. ალაძემ 1939 წ.

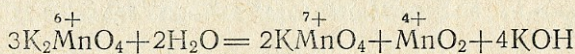
მანგანუმი რამდენიმე ოქსიდს წარმოქმნის: მანგანუმ (II)-ის ოქსიდს MnO , მანგანუმ(III)-ის ოქსიდს Mn_2O_3 , რომლებიც ფუძე ოქსიდებს მიეკუთვნება, მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდს MnO_2 , რომელიც თავისი ბუნებით ამფოტერულია, ხოლო მანგანუმ(VI)-ის ოქსიდი MnO_3 და მანგანუმ (VII)-ის ოქსიდი Mn_2O_7 მჟავათა ანჰიდრიდებია.

მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდი MnO_2 ძალიან სუსტად გამოსახულ ამფოტერულ თვისებებს იჩენს. მას გავეცანით, როგორც კატალიზატორს, წყალბადის ზეჟანგისა და ბერთოლეს მარილისაგან ჟანგბადის მიღების დროს. ზოგ შემთხვევაში იგი დამჟანგავის როლს ასრულებს, მაგალითად, ქლორწყალბადისაგან ქლორის მიღების დროს. ამ ოქსიდის შესაბამისი მარილები არამდგრადია. მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდს, როგორც დამჟანგავს, ლეკლანშეს ტიპის გალვანური ელემენტების ასაწყობად იყენებენ.

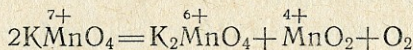
დამჟანგავთან მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის შევსებით პოტაშის თანხლებისას მიიღება ქვემანგანუმმჟავას მარილი — მანგანიტი K_2MnO_4 :



ქვემანგანუმმჟავას (H_2MnO_4) მარილები (მანგანიტები) მუქი მწვანე ფერისაა. ტუტე ლითონთა მანგანიტები წყალში ხსნადია. წყალში გახსნის დროს პერმანგანატის წარმოქმნის გამო მწვანე ფერი ჟოლოსფრად იცვლება:

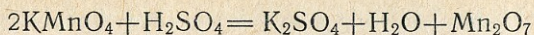


პერმანგანატი მანგანუმმჟავას $HMnO_4$ -ის მარილია. გახურებისას იგი ადვილად გამოყოფს ჟანგბადს:



ამ მარილის შესაბამისი მჟავა — მანგანუმმჟავა $HMnO_4$ ცნობილია მხოლოდ წყალხსნარში (ისე როგორც H_2MnO_4).

მანგანუმ (VII)-ის ოქსიდი მომწვანო-რუხი ფერის ზეთისებრი სითხეა, არამდგრადია და გაცხელების ან საწვავ ნივთიერებებთან შეხების დროს აფეთქებით იშლება მანგანუმ (IV)-ის ოქსიდად და ჟანგბადად. მისი მიღება შეიძლება მშრალ მარილზე კონცენტრირებული გოგირდმჟავას მოქმედებით:



მანგანუმისა და მისი ნაერთების გამოყენება. მანგანუმს იყენებენ მეტალურგიულ მრეწველობაში თუჯის ფოლადად გადამუშავების დროს. თუჯზე მანგანუმის დამატება ხელს უწყობს მასში არსებული გოგირდის მოშორებას და წიდაში გადასვლას. ამ მიზნით იყენებენ რკინასთან მანგანუმის შენადნობს — ფერომანგანუმს, რომელიც 60—90% მანგანუმს შეიცავს. მანგანუმისა და რკინის მადნების ნარევისაგან ფერომანგანუმს გამოადნობენ ელექტროლუმელებში (ჩვენში ასეთი ღუმელები მუშაობს ქ. ზესტაფონში). მანგანუმ (IV)-ის ოქსიდს იყენებენ დამყანგავად და კატალიზატორად. კალიუმის პერმანგანატი ძლიერი დამყანგავია. ამიტომ სამედიცინო პრაქტიკაში მის ხსნარებს იყენებენ სადეზინფექციო საშუალებად. ქ. რუსთავის მეტალურგიულ ქარხანაში მოწყობილია კალიუმის პერმანგანატის დამამზადებელი საამქრო.

მანგანუმი ბუნებაში. მანგანუმი დედამიწაზე საკმაოდ გავრცელებული ელემენტია. იგი გვხვდება მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის სახით, რომელიც მინერალ პიროლუზიტს ქმნის. ბუნებაში გვხვდება აგრეთვე მინერალები ჰაუსმანიტი Mn_3O_4 და ბრაუნიტი Mn_2O_3 . სსრ კავშირში მანგანუმის მადნების დიდი მარაგია. მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის უმდიდრესი საბადოებია საქართველოში — ჭიათურაში, უკრაინაში — ნიკოპოლში და ჩრდილოეთ ურალში.

VII ჯგუფის თანმხლები ქვეჯგუფი შეიცავს დიდი პერიოდების ლუწი რიგების ელემენტებს: მანგანუმს, ტექნეციუმსა და რენიუმს. (იხ. პერიოდული სისტემა). მათი ატომის გარე შრეში მხოლოდ ორი ელექტრონის არსებობის გამო მანგანუმსა და მის ანალოგებში სჭარბობს ლითონური თვისებები. მათ არ ახასიათებთ ელექტრონების შეძენის უნარი. ამის შედეგად ჰალოგენებისაგან განსხვავებით მანგანუმის ქვეჯგუფის ელემენტები არ წარმოქმნიან წყალბადნაერთებს. ამ ქვეჯგუფიდან ყველაზე მეტად შესწავლილია მანგანუმი. რენიუმი დედამიწის ქერქში მხოლოდ ძალიან მცირე რაოდენობით გვხვდება. ტექნეციუმი მიღებულ იქნა ხელოვნური რადიოაქტივობის გზით. იგი ბუნებაში ნაპოვნი არ არის.

მანგანუმის მაქსიმალური ვალენტობა შეიძლება უდრის. ამით ის ჰალოგენების შესაბამის ნაერთებს ემსგავსება.

რენიუმს აქვს ჟანგვის ისეთი ხარისხები, როგორც მანგანუმს, მაგრამ თავისი ქიმიური თვისებებით რენიუმი ჰგავს პერიოდულ სისტემაში მის მეზობელ ელემენტებს: ვოლფრამსა ((W) და ოსმიუმს (Os).

მანგანუმის ნაერთების შედგენილობა და თვისებები განზოგადებულია მე-13 ცხრილში.

განზოგადებულია მე-13 ცხრილში

მანგანუმის ნაერთები

მანგანუმის ჟანგვის ხარისხი	ოქსიდების ფორმულები	ოქსიდების თვისებები	ჰიდროქსიდების ფორმულები	ჰიდროქსიდების თვისებები
+2	MnO	ფუძე ოქსიდი აღმდგენი	Mn(OH) ₂	ფუძე აღმდგენი
+3	Mn ₂ O ₃	ფუძე ოქსიდი აღმდგენი	Mn(OH) ₃	ფუძე აღმდგენი
+4	MnO ₂	ოქსიდი ამფოტერული თვისებებით	Mn(OH) ₄	ამფოტერული ჰიდროქსიდი
+6	MnO ₃	მჟავური ოქსიდი	H ₂ MnO ₄	მჟავა
+7	Mn ₂ O ₇	მჟავური ოქსიდი მჟანგავი	HMnO ₄	მჟანგავი მჟავა

მანგანუმის ნაერთების თვისებათა განხილვისას შემდეგი კანონზომიერებანი ვლინდება:

თანმზღვრები ქვეჯგუფის ლითონის ჟანგვის ხარისხის გაზრდისას იცვლება მისი ოქსიდებისა და ჰიდროქსიდების თვისებებიც.

ფუძე თვისებები იხრება ამფოტერობისაკენ, ხოლო შემდგომ მჟავურისაკენ.

- ?
1. აღწერეთ მანგანუმის ა) ფიზიკური, ბ) ქიმიური თვისებები.
 2. რა გავლენას ახდენს მანგანუმის ვალენტობის ცვლილება მისი ოქსიდების თვისებებზე?
 3. დაასახელეთ მანგანუმისა და მისი ნაერთების გამოყენების სფეროები.
 4. ჩამოთვალეთ მანგანუმის ბუნებრივი ნაერთები.
 5. დაასახელეთ მანგანუმის მადნების საბადოები სსრ კავშირში.
 6. რა თავისებურებები ახასიათებს მანგანუმის ქვეჯგუფის ელემენტებს?

§ 67. რკინა

ქიმიური ნიშანი — Fe

ფარდობითი ატომური მასა Ar(Fe) ≈ 56. ბირთვის მუხტი +26.

რკინა მოვერცხლისფრო-თეთრი ფერის ლითონია. მისი სიმკვრივეა 7860 კგ/მ³. იგი პლასტიკურია, ადვილად ჭედადია და ივლინება თხელ ფურცლებად ან იწელება მავთულად. სხვა ლითონებს შორის რკინა გამოირჩევა მაგნიტური თვისებებით: იგი მაგნიტით მიიზიდება და თვითონაც მაგნიტდება, თუ რკინის ნაჭერს მავთულს შემოვავსებთ და მასში ელექტრულ დენს გავატარებთ.

თუ რკინის მავთულს გავახურებთ მასში მზარდი ძალის ელექტრული დენის გატარებით, მავთული ჯერ სულ ჩაიზნიქება, ვინაიდან გახურებისაგან რკინა ფართოვდება. მაგრამ როგორც კი ტემპერატურა მიაღწევს 910°C , მავთული დაიჭიმება, რკინა იკუმშება. ამ ტემპერატურაზე რკინის კრისტალურ გისოსში ატომების განლაგება იცვლება, გისოსი მკვრივდება და ჩვეულებრივი რკინა ანუ α -რკინა გარდაიქნება სხვა ალოტროპიულ მოდიფიკაციად — γ -რკინად. α -რკინისა და γ -რკინის აღნაგობაში განსხვავება ის არის, რომ α -რკინის კრისტალური გისოსი კუბური მოცულობით-ცენტრირებულია (სურ. 33, ა), ხოლო γ -რკინისა — კუბური წახნაგცენტრირებული (სურ. 33, ბ), რომელშიც ატომების წყობა უფრო მკვრივია. α -რკინისაგან განსხვავებით, γ -რკინა არამაგნიტურია და ნახშირბადით გაჯერების უნარი აქვს, ე. ი. შეუძლია გახსნას ნახშირბადის ატომები. მიიღება ნახშირბადის მყარი ხსნარი რკინაში, რომელშიც ნახშირბადის ატომები განლაგებულია რკინის გისოსში რკინის ატომებს შორის. წარმოიქმნება 35-ე სურათზე ნაჩვენები სტრუქტურის ტიპის ჩანერგვის მყარი ხსნარი. ასეთი მყარი ხსნარის მდგომარეობაში γ -რკინას შეუძლია შეიკავოს არაუმეტეს 2% ნახშირბადი.

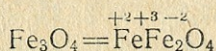
1500°C -ზე ცოტა მეტი ტემპერატურის დროს რკინა დნება, მოძრაავ სითხედ გარდაიქმნება. თხევად რკინაში მეტი ნახშირბადი იხსნება, ვიდრე მყარ γ -რკინაში. გაღობილი რკინა ხსნის 4%-მდე ნახშირბადს. ნახშირბადთან რკინის შენადნობების გამყარებისას გახსნილი ნახშირბადი შეიძლება გამოიყოს გრაფიტის სახით ან რკინასთან ნაერთის — კარბიდის Fe_3C სახით, ანდა დარჩეს მყარ ხსნარში.

ქიმიური რეაქციების დროს რკინის ატომიდან გარე შრის ორი ელექტრონის გარდა, შეიძლება მოწყდეს უკანასკნელის წინა შრის ელექტრონები.

ნაერთებში რკინა ჩვეულებრივ ავლენს $+2$ და $+3$ ჯანგვის ხარისხს და წარმოქმნის ორი რიგის ნაერთებს:

FeO	Fe(OH)_2	$\text{FeCl}_2, \text{FeSO}_4$ და სხვა
რკინა(II)-ის ოქსიდი	რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდი	რკინა(II)-ის მარილები
Fe_2O_3	Fe(OH)_3	$\text{FeCl}_3, \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ და სხვა
რკინა(III)-ის ოქსიდი	რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი	რკინა(III)-ის მარილები

FeO და Fe_2O_3 ოქსიდების გარდა ცნობილია ოქსიდი, რომელშიც რკინა ორვალენტური და სამვალენტური მდგომარეობაშია:

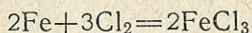


რკინა ჟანგბადში იწვის, აფრქვევს ნაპერწკლებს — რკინის ხენჯის Fe_3O_4 -ის გავარვარებულ ნაწილაკებს. ჰაერზე გავარვარებისას რკინა ზედაპირულად იჟანგება და წარმოქმნის ხენჯს ქერქის სახით, რომელიც ჰედვის დროს ჩაქუჩის დარტყმით ქერცლებად სცილდება. ფოლადის ხელსაწყო-იარაღების ლესვის ან თუჯის ჩამოსხმის დროს გამოფრქვეული ნაპერწკლები იმავე რკინის ხენჯის გავარვარებული ნაწილაკებია. ყველა ამ შემთხვევაში ერთი და იგივე რეაქცია ხდება:

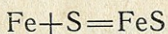


თქვენთვის ცნობილია, რომ წყლისა და ჟანგბადის მოქმედებით რკინა კოროზიას განიცდის, იფარება მოყვითალო რუხი ფერის ჟანგით. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე არც მშრალი ჟანგბადი, არც წყალი, ჟანგბადის გარეშე რკინაზე არ მოქმედებს. თუ რკინა მოხვდა ნესტიან ატმოსფეროში, რომელიც ჟანგბადს შეიცავს, ის დაიჟანგება. ალუმინის ან ქრომის მფარავი ოქსიდის აფსკისაგან განსხვავებით, რკინაზე წარმოქმნილი ჟანგის ფენა ადვილად იქერცლება, ფაშარია და ჟანგბადისა და წყლის ორთქლისათვის შეღწევადია. ამიტომ ის არ იცავს რკინას შემდგომი დაშლისაგან.

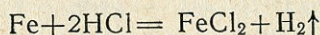
ძლიერ მჟანგავებთან ურთიერთქმედებისას რკინა წარმოქმნის ნაერთებს ჟანგვის $+3$ ხარისხით, მაგალითად, ქლორთან ურთიერთქმედებით გახურებისას წარმოიქმნება რკინა(III)-ის ქლორიდი:



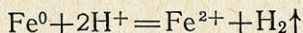
თუ რკინასთან რეაქციაში უფრო სუსტ მჟანგავს შევიტანთ, წარმოიქმნება რკინა(II)-ის ნაერთები. მაგალითად, რკინის ნაქლიბისა და გოგირდის ფხვნილის გახურებისას წარმოიქმნება რკინა(II)-ის სულფიდი:



ლითონების ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივში რკინა წყალბადამდეა მოთავსებული. ამიტომ ის იხსნება განზავებული გოგირდისა და მარილის მჟავებში, აძევებს მათგან წყალბადს და წარმოქმნის შესაბამის მარილს, რომელშიც იგი ავლენს ჟანგვის $+2$ ხარისხს:

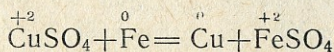


ან შეკვეცილი იონური განტოლება:

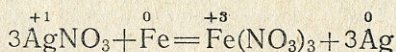


კონცენტრირებული გოგირდისა და აზოტის მჟავები ჩვეულებრივი ტემპერატურის დროს რკინაზე არ მოქმედებენ, ვინაიდან ზედაპირზე იქმნება ამ მჟავებში უხსნადი მისი ნაერთების მკვრივი აფსკი.

რკინა ალადგენს მათი მარილების წყალხსნარებიდან ელექტროქიმიურ ძაბვითა მწკრივში მარჯვნივ მოთავსებული ლითონების მარილებს. თუ რკინასთან რეაქციაში შედის ტყვიის ან სპილენძის მარილი, მაშინ წარმოიქმნება რკინა (II)-ის ნაერთები:



რკინით კიდევ უფრო ნაკლებაქტიური ლითონების, მაგალითად, ვერცხლის მარილიდან ვერცხლის ალდგენისას რკინა გადადის ნერთში, რომელშიც იგი ავლენს ჟანგვის +3 ხარისხს:



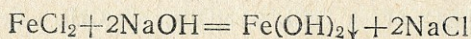
ხსნარებში რკინა(II)-ის მარილებს მომწვანო შეფერილობა აქვს, ხოლო რკინა(III)-ისას — ყვითელი.

რკინა ბუნებაში. ბუნებაში გავრცელებულობის მიხედვით რკინა მეორე ლითონია ალუმინის შემდეგ. როგორც რკინის მადნებს სამრეწველო მნიშვნელობა უმთავრესად აქვს წითელ რკინაქვას Fe_2O_3 და მაგნიტურ რკინაქვას Fe_3O_4 . რკინის მადნების მარავის მიხედვით ჩვენს ქვეყანას მსოფლიოში პირველი ადგილი უჭირავს. ისინი განლაგებულია ურალზე, კურსკის ოლქში, კრივოი როგსა და სხვა ადგილებში. რკინა შედის მცენარეთა და ცხოველთა ორგანიზმების შედგენილობაში. მას შეიცავს სისხლის ჰემოგლობინი, რომელსაც ჟანგბადი გადააქვს ფილტვებიდან ქსოვილებში, და აუცილებელია მცენარეებში ქლოროფილის წარმოსაქმნელად, თუმცა მის შედგენილობაში არ შედის. ნიადაგში რკინის უკმარისობის დროს მცენარეები ქლოროფილს აღარ წარმოქმნიან და სიმწვანეს კარგავენ.

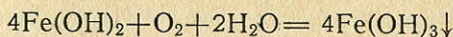
1. აღწერეთ რკინის: ა) ფიზიკური, ბ) ქიმიური თვისებები.
2. დაწერეთ რკინის რეაქციების განტოლებები: ა) ბრომწყალბადმჟავას, ბ) ტყვიის ნიტრატის, გ) ვერცხლის ნიტრატის ხსნარებთან.
3. ჰერისა და კედლების შეთეთრების დროს შაბიამნის ხსნარს იყენებენ. შეიძლება თუ არა იგი მოვამზადოთ და შევინახოთ რკინის ვედროებში?

§ 68. რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდისა და რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდის თვისებები

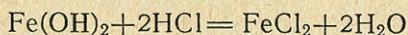
რკინა(II)-ის მარილის, მაგალითად, რკინა(II)-ის ქლორიდის ხსნარზე ტუტის მიმატებისას გამოიყოფა რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდის თეთრი ფიფქისებრი ნალექი:



პერზე ნალექი მაშინვე მწვანდება, შემდეგ მუქდება რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდის რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდად დაჟანგვის გამო:

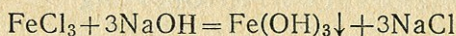


რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდი ტუტეში არ იხსნება, მაგრამ ის ალკალურ ხსნარში იხსნება. მჟავებში და გარდაიქმნება რკინა(II)-ის მარილად:

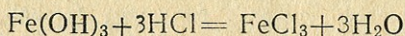


ამრიგად, რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდი ფუძეა.

რკინა(III)-ის მარილის ხსნარზე ტუტის ხსნარის დამატებისას გამოიყოფა რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდის მურა ფერის ნალექი:

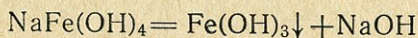


რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი იხსნება მჟავებში და წარმოქმნის რკინა(III)-ის მარილებს:

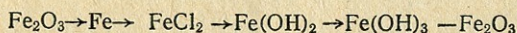


რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი ფუძეა ისევე, როგორც რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდი. მაგრამ რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდი უფრო სუსტი ფუძეა, ვიდრე რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდი. ამიტომ რკინა(II)-ის მარილები ხსნარში სუსტად ჰიდროლიზდება, ხოლო რკინა(III)-ის მარილები — ისე ძლიერად, რომ ხსნარის გახურებისას ჰიდროლიზით რკინა(III)-ის ჰიდროქსიდის კოლოიდური ნაწილაკები წარმოიქმნება. გავიხსენოთ, როგორ ვიღებდით მის კოლოიდურ ხსნარს (§ 41).

ტუტეების კონცენტრირებულ ხსნარებში $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ისევე იხსნება, როგორც $\text{Al}(\text{OH})_3$ ან $\text{Cr}(\text{OH})_3$ და წარმოქმნის $\text{NaFe}(\text{OH})_4$ ტიპის ნაერთებს. რკინა(III)-ის ეს ნაერთები მდგრადია მხოლოდ ძლიერ ტუტე არეში. ალუმინისა და ქრომის შესაბამისი ნაერთებისაგან განსხვავებით ტუტის კონცენტრაციის შემცირებისას ისინი იშლებიან. ამ დროს ნალექად გამოიყოფა $\text{Fe}(\text{OH})_3$, ხოლო ხსნარში რჩება ტუტე ლითონის ჰიდროქსიდი:



- ?
1. როგორ განვსხვავოთ რკინა(II)-ის მარილი რკინა(III)-ის მარილისაგან, თუ ორივე მარილი წყალში ხსნადია?
 2. აღწერეთ რკინის ჰიდროქსიდების თვისებები.
 3. დაწერეთ რეაქციების განტოლებები, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება შემდეგი გარდაქმნების განხორციელება:



პრაქტიკაში რკინას იყენებენ ნახშირბადსა და სხვა ელემენტებთან შენადნობების სახით.

რკინის შენადნობები იყოფა თუჯებად და ფოლადებად.

თუჯი მინასავით მყიფეა, ფოლადი კი ჭედალია. იგი შეიძლება გაიგლინოს, გაიწელოს, დაიტვიფროს. თუჯებისა და ფოლადების მექანიკურ თვისებებში განსხვავება უწინარეს ყოვლისა დამოკიდებულია მათში ნახშირბადის შემცველობაზე: ნახშირბადის მასური წილი თუჯში 0,02-ზე მეტია, ხოლო ფოლადში — 0,02-ზე ნაკლები.

თუჯ-მეტ ნახშირბადს შეიცავს, ვიდრე რკინას შეუძლია შეიკავოს იგი გამყარებისას მყარი ხსნარის სახით. გამდნარი თუჯის გამყარებისას ჭარბი ნახშირბადი გამოიყოფა გრაფიტის ფირფიტოვანი კრისტალების სახით (სურ. 48). წვრილი ზოლები სურათზე არის სიგანეზე გაჭრილი გრაფიტის ფირფიტები. ასეთი თუჯი დარტყმისას გრაფიტის ფირფიტების გასწვრივ ნატეხებად იმსხვრევა, თითქოს ისინი ბზარები იყოს. თუჯის ნაჭრების ტეხილზე აღმოვაჩინთ გრაფიტის მჭრქალ ნაცრისფერს.

თუჯის თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ გამყარებისას ის არ იკუმშება, როგორც ლითონების უმრავლესობა, არამედ ფართოვდება (როგორც წყალი, როდესაც იგი ყინულად იქცევა). ამიტომ თუჯი შეიძლება გამოვიყენოთ რთული კონფიგურაციის დეტალების ჩამოსხმით დასამზადებლად.

თუჯისაგან ასხამენ მანქანების სადგარებს, მქნევარა თვლებს, თი-



სურ. 48. ნაცრისფერი თუჯი მიკროსკოპში.



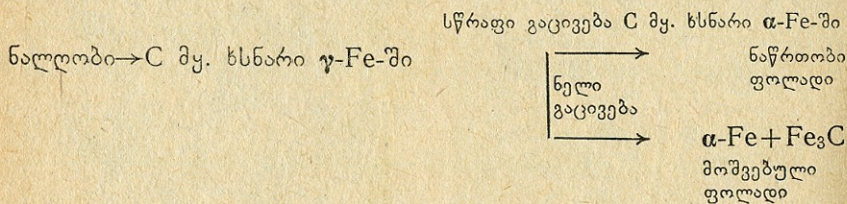
სურ. 49. ზემტყიცე თუჯი მიკროსკოპში.

ლებს, მიღებს. მისგან არის დამზადებული ლენინგრადში ცნობილი საზაფხულო ბადის მესერი. ურალელმა ოსტატებმა ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში მოიპოვეს მსოფლიო აღიარება თუჩისაგან ჩამოსხმული თავიანთი მხატვრული ნაკეთობებით.

ფორმებში ჩამოსხმის წინ თუჯში მაგნიუმის შერევით გრაფიტი გამოიყოფა არა ფირფიტების, არამედ სფეროსებრი ჩანართების სახით (სურ. 49). ასე მიიღება მაღალი სიმტკიცის, სიმყიფეს მოკლებული ჩვეულებრივი ნაცრისფერი თუჯი. მისგან შეიძლება დამზადდეს ისეთი დეტალები, როგორიცაა გემების ძრავების მუხლა ლილვები.

ამ მაგალითზე თქვენ გაეცანით შენადნობების თვისებების ცვლილებას შენადნობის შემადგენელი ნაწილების კრისტალების ფორმის, სიდიდისა და განლაგების შეცვლით. ამ ხერხს ეწოდება მოდიფიკაცია, ხოლო მოდიფიცირების გამომწვევ დანამატებს — მოდიფიკატორებს.

ფოლადი. ფოლადში ნახშირბადის მასური წილი 0,02-ზე ნაკლებია. ფოლადი იმდენ ნახშირბადს შეიცავს, რამდენიც შეიძლება γ -რკინაში შეკავდეს ჩანერგვის მყარი ხსნარის სახით. ამიტომ გამდნარი ფოლადების გამყარებისას გრაფიტი კი არ გამოიყოფა, არამედ ჯერ მიიღება ნახშირბადის უჯერი მყარი ხსნარი γ -რკინაში, შემდგომ კი დამოკიდებულია შენადნობის გაცივების სიჩქარეზე. ოთახის ტემპერატურამდე წელი გაცივებისას γ -რკინა გარდაქმნება α -რკინად, მაგრამ ვინაიდან α -რკინაში ნახშირბადი პრაქტიკულად უხსნადია, მყარი ხსნარი იშლება ნახშირბადისაგან თავისუფალ რკინად და რკინის კარბიდად. სწრაფი გაცივებისას (წითობისას) γ -რკინაც ასწრებს (თუმცა ნაწილობრივად) α -რკინად გარდაქმნას, მაგრამ ნახშირბადი არ გამოიყოფა კრისტალებისაგან. მიიღება ნახშირბადის ზენაჯერი მყარი ხსნარი α -რკინაში:



რკინის კრისტალებში შერჩენილი ნახშირბადის ატომები ნაწოთობ ფოლადს ანიჭებს მის დამახასიათებელ თვისებებს: დიდ სიმაგრეს, დრეკადობას, მაგრამ მასთან ერთად სიმყიფესაც. სიმყიფის შესამცირებლად ფოლადის ნაკეთობას მოუშვებენ. მას კვლავ გაახურებენ შედარებით დაბალ ტემპერატურამდე, რაც მყარ ხსნარს

ნაწილობრივ შლის ნახშირბადისაგან თავისუფალ რკინად და რკინის კარბიდად. ამ დროს სიმაგრე ცოტათი, ხოლო სიმყიფე ძალიან მცირდება.

ფოლადის წრთობისა და მოშვების მაგალითზე თქვენ გაეცანით შენადნობების შედგენილობის შეუცვლელად მათი თვისებების შეცვლის კიდევ ერთ ხერხს — თერმულ დამუშავებას.

ნაწრთობი ფოლადის თვისებები დამოკიდებულია მასში ნახშირბადის მასურ წილზე: რაც მეტია ნახშირბადი ფოლადში, მით უფრო მაგარია იგი. მრეწველობა აწარმოებს რბილ ფოლადებს, საშუალო სიმაგრის ფოლადებს და მაგარ ფოლადებს. რბილ ფოლადებსა და საშუალო სიმაგრის ფოლადებს იყენებენ მსუბუქი ავტომანქანების ძარების, საყოფაცხოვრებო მაცივრების, სარეცხი მანქანების, კონსერვის ქილების, სახურავის თუნუქისა და სხვ. დასამზადებლად, ხოლო მაგარ ფოლადებს — ხელსაწყო-იარაღების დასამზადებლად.

ლეგირებული ფოლადები. ფოლადებისათვის, ამა თუ იმ სპეციალური თვისებების მისანიჭებლად ფოლადების შედგენილობაში შეჰყავთ ზოგიერთი ელემენტი. ასეთ ფოლადებს ლ ე გ ი რ ე ბ უ ლ ი ეწოდება (ლათინური სიტყვისაგან „ლიგარე“ — შეკვრა, შეერთება), ხოლო დამატებულ ელემენტებს — მ ა ლ ე გ ი რ ე ბ ე ლ ი. დანამატებად იყენებენ მანგანუმს, ქრომს, ნიკელს, კობალტს, ვანადიუმს, მოლიბდენს, ვოლფრამს და სხვ.

ჩვეულებრივი ფოლადის ხელსაწყო — საჭრისები და ბურღები — ლითონის ჩქაროსნული დამუშავებისას გახურებას ვერ უძლებს: ფოლადი მოეშვება, სიმაგრეს კარგავს და ხელსაწყო სწრაფად ბლაგვდება. მაღალ ტემპერატურაზე მყარი ხსნარის მდგომარეობაში ნახშირბადის შესაკავებლად ფოლადებს ვოლფრამითა და ქრომით ალეგირებენ. ასეთი ლეგირებული ფოლადი წრთობას მაღალ ტემპერატურაზეც ინარჩუნებს და მას სწრაფმჭრელი ეწოდება.

ფართოდ ცნობილია უ ჟ ა ნ გ ა ვ ი ფ ო ლ ა დ ე ბ ი, რომლებიც კოროზიის მიმართ დიდი მდგრადობით ხასიათდება. ამ ფოლადების შედგენილობაში შედის ქრომი (მასური წილი 0,12—0,14), ნიკელი, სხვა მალეგირებელი დანამატები.

უჟანგავ ფოლადებს ფართოდ იყენებენ ქიმიურ, მანქანათმშენებლობის, კვებისა და მრეწველობის სხვა დარგებში. ყოფა-ცხოვრებაში უჟანგავი ფოლადები შემოვიდა ჩანგლების, დანების და ოჯახში სახმარი სხვა საგნების სახით. მბრწყინავი ვერცხლისფერი უჟანგავი ფოლადის ზოლები ამშვენებს მოსკოვის მეტროპოლიტენის სადგურ „მაიაკოვსკის“ თაღებს.

1. აღწერეთ: ა) თუჯის, ბ) ფოლადის შედგენილობა, შედგენილობას დაუკავშირეთ მათი თვისებები, ხოლო თვისებებს — პრაქტიკული გამოყენება.

2. რა გარდაქმნები ხდება ფოლადში: ა) წრთობის დროს, ბ) მოშვების დროს?
3. შენადნობების თვისებათა შეცვლის რომელი ხერხებია თქვენთვის ცნობილი შენადნობის ქიმიური შედგენილობის შეუცვლელად?
4. რას ნიშნავს ლეგირებული ფოლადები, სწრაფმჭრელი ფოლადი?

§ 70. ცნება მეტალურგიაში

თქვენ შეისწავლეთ ლითონთა საერთო თვისებები, უფრო დაწვრილებით გაეცანით ზოგიერთი მათგანის, კერძოდ, ნატრიუმის, კალიუმის, კალციუმის, მაგნიუმის, ალუმინის, ქრომისა და რკინის თვისებებს. ახლა განვიხილოთ, როგორ მიიღება მრეწველობაში ლითონები და მათი შენადნობები.

მეცნიერებას ლითონების მიღების სამრეწველო ხერხების შესახებ ეწოდება მეტალურგია. შესაბამის ქარხნებს — მეტალურგიული, მრეწველობის დარგსაც — მეტალურგიული ან უბრალოდ მეტალურგია.

მეტალურგიას ყოფენ შავ მეტალურგიად (რკინა და მისი შენადნობები) და ფერად მეტალურგიად (ფერადი ლითონები). ფერად ლითონებს მათი თვისებების შესაბამისად ყოფენ მსუბუქ, მძიმე, კეთილშობილ, იშვიათ და სხვა ლითონებად. მსუბუქ ლითონებს მიეკუთვნება ტიტანი, ალუმინი, მაგნიუმი, ტუტემიწა და ტუტე ლითონები. მძიმე ლითონებია სპილენძი, ტყვია, ნიკელი, თუთია, კალა; კეთილშობილია ოქრო, ვერცხლი, პლატინის ჯგუფის ლითონები.

რისგან იღებენ ლითონებსა და მათ შენადნობებს ქარხნებში?

ქიმიური ელემენტების დაგროვებას მარტივი ნივთიერებების ან ნაერთების სახით, რომელთაგან ტექნიკის მოცემულ დონეზე ეკონომიკურად მოზანშეწონილია ლითონთა, სათბობის, ქიმიური პროდუქტების, საშენ და სხვა მასალათა მიღება, ეწოდება სასარგებლო წიაღისეულის საბადოები, ხოლო ლითონთა საბადოებს — მადნეულის საბადოები. მიწის წიაღიდან სასარგებლო წიაღისეულს მოიპოვებს სამთო (სამთო-მოპოვებითი) მრეწველობა.

ლითონის მადნები, როგორც სხვა სასარგებლო წიაღისეული, ძვირფას ნივთიერებებთან ერთად ხშირად შეიცავს აგრეთვე ფუჭ ქანებს — მინარევებს, რომლებსაც პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს და მადნის გადამუშავებას აძნელებს. დროთა განმავლობაში გამოყენების მიხედვით მდიდარი მადნების (ე. ი. მადნების, რომლებშიც ფუჭი ქანები მცირეა) ბუნებრივი მარაგი ილევა და საჭირო ხდება ძვირფას ნივთიერებათა დაბალი შემცველობის ნედლეულის — ღარიბი მადნების გამოყენება. საჭირო ხდება ასეთი მადნების გამდიდრება, ე. ი. ფუჭი ქანის დიდი ნაწილის მოშორება. გამდიდრებას აწარმოებენ გამამდიდრებელ ფაბრიკებში.

მეტალურგიული წარმოების უმნიშვნელოვანესი სტადიაა ქიმიური მეთოდებით ლითონისა და შენადნობის მიღება მისი ნაერთებისაგან. ამ სტადიის ჩასატარებლად მადანს წინასწარ მოამზადებენ: მადნის მსხვილ ნატეხებს დააქუცმაცებენ, მტვრისებრს შეაცხოვენ.

მეტალურგია იკვლევს საწარმოო პროცესის ყველა ამ სტადიას. ამასთანავე იგი ემყარება ქიმიას, ფიზიკას, მინერალოგიას, გეოლოგიასა და სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს.

ამჟამად მანქანათმშენებლობაში უმთავრესად იყენებენ რკინის შენადნობებს — ფოლადებს. მათ წილად მოდის გამოყენებული ლითონების საერთო მასის 90%-ზე მეტი.

ფერად ლითონებს შორის წარმოების მასშტაბების მიხედვით პირველ ადგილს იკავებს ალუმინი.

ალუმინის მრეწველობის მძაფრი განვითარება პირველ რიგში იმით აიხსნება, რომ ალუმინის მცირე სიმკვრივე კარგად არის შეხამებული მის სხვა თვისებებთან — შენადნობების სიმტკიცესთან, კოროზიის მიმართ მედეგობასთან, კარგ სამსხმელო თვისებებთან.

ალუმინის ფართო გამოყენებას ხელს უწყობს ბუნებაში მისი საკმაოდ გავრცელებულობა, ტექნოლოგიის სრულყოფის სიჩქარე, ფერადი ლითონებიდან ალუმინი ყველაზე იაფია.

ალუმინთან ერთად დიდი მნიშვნელობა აქვს ორ სხვა მსუბუქ ლითონს — მაგნიუმსა და ტიტანს.

მაგნიუმი ალუმინთან წარმოქმნის ზემსუბუქ და იმავე დროს მტკიცე შენადნობებს. მაგნიუმის გამოყენების საფუძველზე მიღებულია შენადნობები, რომლებიც გამოირჩევა კოროზიის მიმართ მედეგობით და უძლებს მაღალ ტემპერატურას. მათ იყენებენ როგორც საკონსტრუქციო მასალებს თვითმფრინავების მშენებლობაში, ელექტრონული მოწყობილობის დამზადებისას.

ტიტანის საფუძველზე მსუბუქი შენადნობები სიმტკიცეს ინარჩუნებენ უფრო მაღალი ტემპერატურის დროს, ვიდრე ალუმინისა და მაგნიუმის შენადნობები. ამის შედეგად მათ იყენებენ რეაქტიული ძრავების ცალკეული ნაწილების დასამზადებლად. ტიტანოვანი შენადნობების მაღალმა კოროზიულმა მდგრადობამ მათ გზა გაუხსნა ქიმიური აპარატების მშენებლობაში.

დიდი მასშტაბებით აწარმოებენ აგრეთვე სპილენძსა და შენადნობებს მის საფუძველზე (ბრინჯაო, თითბერი).

ეს აიხსნება იმით, რომ სპილენძს აქვს მაღალი ელექტროლიტარობა და თბოგამტარობა, კოროზიისადმი მედეგობა, კარგი სამსხმელო თვისებები. იგი შესანიშნავი მასალაა ყოველგვარი ელექტროტექნიკური მოწყობილობის დასამზადებლად. ამ საჭიროებებზე ისარ-

ჯება სპილენძსადნობი ქარხნების მთელი პროდუქციის დაახლოებით ნახევარი. სპილენძის შენადნობებს იყენებენ როგორც საკონსტრუქციო მასალებს ქიმიურ მანქანათმშენებლობაში, ზუსტი ხელსაწყოების დასამზადებლად, საავტომობილო მრეწველობაში. მაგრამ სპილენძის დეფიციტური და ძვირია. ამიტომ ცდილობენ შეცვალონ იგი სხვა ლითონებით, ნაწილობრივ ალუმინით.

ტექნიკის ახალი — ატომური, რაკეტული, ელექტრონული — დარგებისათვის საჭირო აღმოჩნდა ბერილიუმი, ცირკონიუმი, ნიობიუმი, კადმიუმი და სხვა ლითონები.

?

1. რომელი სასარგებლო წიაღისეული საბადოები მოიპოვება თქვენს ოლქში, მხარეში, რესპუბლიკაში? არის თუ არა ლითონური მადნების საბადოები და რომლისა?

▲

2. რომელ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს ემყარება მეტალურგია? თქვენი პასუხი დაასაბუთეთ.

3. რას შეისწავლის მეტალურგია როგორც მეცნიერება?

4. შეადგინეთ ცხრილი მსუბუქი ლითონების თვისებებისა და მათი გამოყენების სფეროების შესახებ.

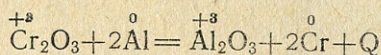
§ 71. ლითონთა სამრეწველო მიღების ხერხები

თანამედროვე მეტალურგია მოიცავს რამდენიმე ათეული სუფთა ლითონისა და ნადნობის წარმოებას. მათი სამრეწველო მიღების ხერხები მრავალრიცხოვანი და სხვადასხვანაირია. მაგრამ მეტალურგიის წინაშე ორი საერთო ამოცანა დგას: ლითონის აღდგენა მისი ოქსიდიდან ან რომელიმე სხვა ნაერთიდან და ლითონის გამოყოფა სხვა, იმავდროულად წარმოქმნილ ნივთიერებათაგან.

გზა მადნიდან ლითონამდე ხშირად ათეულობით თანამიმდევრულად განხორციელებული სხვადასხვანაირი მექანიკური და ქიმიური ოპერაციისაგან შედგება, დაწყებული მადნის გამდიდრებით და დამთავრებული ლითონის გასუფთავებით. როგორი ხერხით წყდება ძირითადი ამოცანა — ლითონის აღდგენა?

მრეწველობაში რკინისა და მრავალი ფერადი ლითონის — თუთიის, ტყვიისა და სხვ. აღსადგენად — აღმდგენებად იყენებენ ქვანახშირის კოქსსა და ნახშირბად (II)-ის ოქსიდს და აგრეთვე მეთანს CH_4 . აღდგენა წარმოებს მაღალ ტემპერატურაზე, ხანდახან თან ახლავს ნახშირბადის გახსნა ლითონში და კარბიდების წარმოქმნა. მაგალითად, აღდგენილ რკინაში იხსნება ნახშირბადი და წარმოიქმნება რკინის კარბიდი Fe_3C . ანალოგიურად მიმდინარეობს მანგანუმის, ქრომის, ვანადიუმისა და ზოგი სხვა ლითონის ნახშირბადით აღდგენა.

ზოგ შემთხვევაში აღმდგენებად იყენებენ ალუმინს, კალციუმს, მაგნიუმს ან სილიციუმს. მაგალითად ქრომ (III)-ის ოქსიდიდან ქრომს აღადგენენ ალუმინოთერმიის მეთოდით:



მაღალ ტემპერატურაზე ლითონების აღდგენას მათი ნაერთებიდან სხვა ლითონებით ან სილიციუმით ლითონთერმიის ეწოდება.

ლითონთერმიულმა მეთოდებმა ფართო გამოყენება პოვა. ქრომის გარდა ასე იღებენ მანგანუმს, ტიტანსა და ზოგიერთ სხვა ლითონს.

ლითონები, რომლებიც დიდი ქიმიური აქტივობით გამოირჩევა, ქანგბადსა და სხვა ელემენტებთან წარმოქმნის ძლიერ მტკიცე ნაერთებს. ნახშირბადით აღდგენით მათი მიღება გართულებული ან შეუძლებელია ლითონთან ნახშირბადის ნაერთების წარმოქმნის გამო. ასევე ყოველთვის როდია შესაძლებელი და ხშირად არაეკონომიურიცაა ასეთი ლითონების მიღება ლითონთერმიული მეთოდით. მათ იღებენ ელექტროქიმიური ხერხით — ელექტროლიზით.

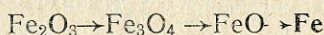
ელექტროქიმიურ ხერხს ფართოდ იყენებენ ალუმინის, მაგნიუმის, ბერილიუმის, ტუტე და ტუტემიწა ლითონების მისაღებად.

ელექტროქიმიურ ხერხს იყენებენ აგრეთვე სხვა მეთოდით მიღებული ლითონების გასაწმენდად, რაფინირებისათვის. მაგალითად, ნიკელისა და რკინის მინარევებით გაჭუჭყიანებული სპილენძისაგან ჩამოსახამენ ანოდებს. მათ ათავსებენ გოგირდმჟავასა და სპილენძ(II)-ის სულფატის შემცველ ელექტროლიტთან აბაზანაში. აბაზანაში მუდმივი ელექტრული დენის გავლისას კათოდზე (სპილენძის ფირფიტაზე) სუფთა სპილენძი დაილექება.

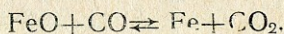
ასეთია მრეწველობაში გამოყენებულ ლითონთა აღდგენის ძირითადი მეთოდები. მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარე აღდგენის პროცესები პირობითაა ურთულესი და ჯგუფშია გაერთიანებული. ელექტროლიზის საშუალებით მადნის სასარგებლო კომპონენტების ხსნარში გადაყვანა და სუფთა სახით პროდუქტის გამოყოფა ჰიდრომეტალურგიაში პროცესებს მიეკუთვნება.

- ?
1. შეადგინეთ ლითონთა აღდგენის რეაქციების განტოლებები თქვენთვის ცნობილი ყველა ხერხით.
 2. როგორია ლითონთერმიის ტექნიკური და ეკონომიკური ღირსებები და ნაკლოვანებები ნახშირბადით ლითონების აღდგენასთან შედარებით?
 3. როგორ ახსნით, რომ ლითონთა მიღების ელექტროქიმიურ მეთოდებს ფართოდ იყენებენ მხოლოდ XX ს., თუმცა რეაქციები ცნობილი იყო ჯერ კიდევ XIX ს. დასაწყისში?

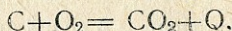
თუჯის წარმოებისათვის იყენებენ სპეციალურ ნაგებობებს — ბრძმედებს. განვიხილოთ როგორი რეაქციებით მიიღება თუჯი რკინის მადნიდან ბრძმედში. რკინა (III)-ის ოქსიდიდან რკინის ალდგენისას ჯერ წარმოიქმნება რკინა (II, III)-ის ოქსიდი, შემდეგ რკინა (II)-ის ოქსიდი და ბოლოს რკინა:



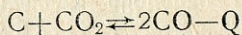
აღმდგენად იყენებენ ნახშირბად (II)-ის ოქსიდს:



იგი წარმოიქმნება ბრძმედში ქვანახშირის კოქსისაგან. კოქსი კი იწვის ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის წარმოქმნით:

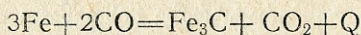


რომელიც ურთიერთქმედებს გავარვარებულ კოქსთან ნახშირბად (II)-ის ოქსიდის წარმოქმნით:



რკინის ოქსიდები რეაგირებს აგრეთვე უშუალოდ კოქსთან, მაგრამ ვინაიდან მყარ აღმდგენთან რკინის ოქსიდების შეხების ზედაპირი მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე აირთან. ამიტომ რკინის ალდგენაში ძირითად როლს ასრულებს ნახშირბად (II)-ის ოქსიდი.

მაღალი ტემპერატურის დროს რკინა ნაწილობრივ რკინის კარბილში გადადის:



რკინის კარბილი და ნახშირბადი იხსნება რკინაში, წარმოიქმნება შედარებით ადვილდნობადი შენადნობი (4,3% ნახშირბადის შემცველი შენადნობის დნობის ტემპერატურაა 1140°C მაშინ, როდესაც სუფთა რკინისა — 1540°C).

რა ემართება რკინის მადანსა და ქვანახშირის კოქსში არსებულ მინარევებს?

სილიციუმი, მაგნიუმი, ფოსფორი და გოგირდი მათი ოქსიდებიდან ნაწილობრივ აღდგება, იხსნება და რკინასთან რეაგირებს, წარმოიქმნება თხევადი თუჯი — რკინის შენადნობი ნახშირბადთან, სილიციუმთან, მაგნიუმთან, ფოსფორსა და გოგირდთან.

კალციუმის, სილიციუმისა და ალუმინის ოქსიდები მოცემულ პირობებში არ აღდგება და არ დნება, მაგრამ ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნის ადვილდნობად სილიკატებს, ალუმინოსილიკატებსა და სხვ. გოგირდის დიდი ნაწილი კალციუმის სულფიდად გარდაიქმნება. ეს ნაერთები თხევად თუჯში არ იხსნება. ისინი წარმოქმნიან წიდას.

ადვილდნობადი წილის მისაღებად მადნებს ამატებენ ფლიუსს (მდნობს) — კირს ან კირქვას, რომელიც ბრძმედში კირის წარმოქმნით იშლება. კირი CaO რეაგირებს ფუჭი ქანის შედგენილობაში შემავალ ისეთ ძნელდნობად ნივთიერებასთან, მაგალითად, სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდთან. და გარდაქმნის მას შედარებით ადვილდნობად კალციუმის სილიკატად. წილის ლღობის ტემპერატურაა დაახლოებით 1000°C .

განვიხილოთ პირობები, რომლებიც აუცილებელია იმისათვის, რომ განხილული რეაქციები სწრაფად მიმდინარეობდეს და ბრძმედის წარმადობა შესაბამისად მაღალი იყოს.

თქვენ იცით, რომ ქიმიური რეაქციების სიჩქარე იზრდება მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციების გადიდების, მათი შეხების ზედაპირის გადიდებისა და ტემპერატურის აწევის დროს.

როგორ გავზარდოთ რკინის ოქსიდების კონცენტრაცია?

რკინის მადნებს უმეტეს შემთხვევაში ამდიდრებენ, ე. ი. აცალკევებენ კონცენტრატად — რკინის ოქსიდების მეტი შემცველობის პროდუქტად, და კუდებად, რომლებიც ფუჭი ქანისაგან შედგება.

მორეაგირე ნივთიერებათა შეხების ზედაპირის ფართობის გასადიდებლად სადნობი მასალები (მადნები, კოქსი, ფლიუსები) მცირე ზომის ნატეხებისაგან უნდა შედგებოდეს. სასურველია, რომ ისინი სიმსხოთი ძალიან არ განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან, ვინაიდან პროცესი თანაბრად მიმდინარეობს მხოლოდ ამ პირობის დაცვით.

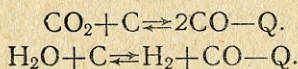
ამიტომ კონცენტრატებს, რომლებიც მიიღება წვრილი მარცვლების სახით, წვრილმარცვლოვან მადნებსა და წვრილმანებს, რომლებიც წარმოიქმნება მადნის მსხვილი ნატეხების დაქუცმაცებისას, წინასწარ შეაცხობენ. ამისათვის მათ შეუთრევენ ნახშირს, რომლის წვის დროს იქმნება აუცილებელი ტემპერატურული პირობები. შეცხობის პროცესს აგლომერაცია ეწოდება.

ნახშირბად (II)-ის ოქსიდის კონცენტრაციის გასადიდებლად ლუმელში მისაწოდებელ ჰაერს ქანგბადით ამდიდრებენ. ამის წყალობით წარმოქმნილი აირის ნარევი აზოტის კონცენტრაცია მცირდება, ხოლო კოქსის წვისა და ნახშირბად (II)-ის ოქსიდის წარმოქმნის სიჩქარე დიდდება.

მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციებს აღიღებენ აგრეთვე ბრძმედში მეთანის შემცველი ბუნებრივი აირის მიწოდებით. მეთანი იწვის:



ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი და წყლის ორთქლი რეაგირებს გავარვარებულ კოქსთან:



და ბრძმედის აირი მდიდრდება აღმდგენებით: CO და H₂.

ამრიგად, ჟანგბადისა და ბუნებრივი აირის გამოყენებით რეაქციების სიჩქარე და ბრძმედის წარმადობა იზრდება და ძვირფასი მეტალურგიული კოქსი იზოვება.

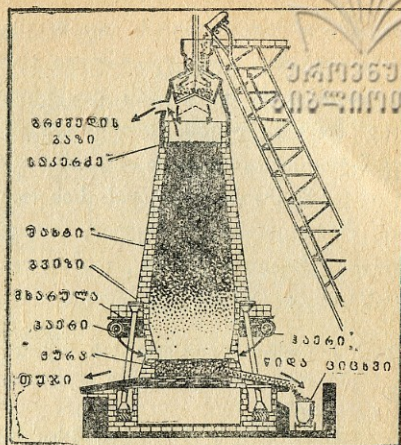
თუ ვიხელმძღვანელებთ ტემპერატურაზე რეაქციების სიჩქარეების დამოკიდებულებით, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბრძმედში მიმდინარე მრავალრიცხოვანი რეაქციისაგან თითოეული უნდა ჩავატაროთ რაც შეიძლება მაღალ ტემპერატურაზე, ბრძმედში ტემპერატურის ასაწევად მასში მიწოდებულ ჰაერს წინასწარ ახურებენ 1300°C ტემპერატურაზე და მეტად.

ეგზოთერმული რეაქციების სითბო ასე გამოიყენება: ცხელი აირი გაივლის ქვევიდან ზევით თხევად თუჯსა და წილაში და შემდეგ სადნობ მასალებში, რომლებიც გადაადგილდება ქვევიდან ზევით წინაღონით. სადნობი მასალების ტემპერატურა თანდათან აიწვეს, და იქმნება ოპტიმალური პირობები აღდგენითი რეაქციების მიმდინარეობისათვის, თუჯისა და წილის წარმოქმნისათვის, ხოლო ლუმელის ქვედა ნაწილში — ნახშირბად(II)-ის ოქსიდის წარმოქმნისათვის. რკინის აღდგენა იწყება დაახლოებით 300°C ტემპერატურაზე. ბრძმედის აირის ტემპერატურა ლუმელიდან გამოსვლისას არის დაახლოებით 100°C. თბოგადაცემით სითბო საკმაოდ სრულად გამოიყენება. ბრძმედის აირი ბევრ ნახშირბად(II)-ის ოქსიდს შეიცავს. მას იყენებენ ჰაერის შესათბობად როგორც სათბობს.

ბრძმედი უწყვეტი მოქმედების აპარატია. მას ისეთ ფორმას აძლევენ, რომ ძირს წარმოქმნილი აირები თანაბრად განაწილდეს როგორც ჰორიზონტალური კვეთის, ისე ლუმელის სიმაღლის მიხედვით, განუწყვეტლავ გარს უვლიდეს ზემოდან მოძრავ სადნობ მასალებს. ლუმელში მას ჩატვირთავენ სპეციალური ვაგონეტებით ან სატრანსპორტიო ლენტით ჩასაყრელი აპარატით (სურ. III). იგი ისეა მოწყობილი, რომ ლუმელის ჩატვირთვის დროს ბრძმედის აირები არ ამოვარდეს ატმოსფეროში. სადნობი მასალები ჯერ ზედა ქაბრში შედის,

მისგან კონუსის დაშვებისას — ქვედა ძაბრში და შემდგომ უკვე ღუმელში მოხვდება. ამ პერიოდში ატმოსფეროსთან კავშირი გაწყვეტილია ზედა ძაბრის კონუსით.

ჟანგბადით გამდიდრებულ, გახურებულ ჰაერს საქშენით ჩაბერავენ ღუმელის ქურის ზედა ნაწილში (სურ. 50). მაღალი ტემპერატურის წყალობით კოქსის წვა და ნახშირბად (II)-ის ოქსიდის წარმოქმნა ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს.



სურ. 50. ბრმედი (სქემა).

ჰაერი წინასწარ ხურდება ბრძმედის აირის წვის პროდუქტებით აბრატებში, რომლებსაც ჰაერსახურებელი ეწოდება. ისინი მაღალი კოშკებია, რომლებიც შიგნიდან ამოგებულია ცეცხლგამძლე აგურით და ამოვსებულია ხვრეტილებიანი აგურის საცმით. ბრძმედის აირი და მის დასაწვავად აუცილებელი ჰაერი შედის ჰაერსახურებლის შიგნით მოთავსებულ საწვავ კამერაში. წარმოქმნილი ცხელი აირი სითბოს გადასცემს საცმს. როდესაც საცმი გახურდება მაღალ ტემპერატურამდე, ბრძმედის აირისა და ჰაერის შეშვებას წყვეტენ ჰაერსახურებელში და ჰაერის გატარებას იწყებენ უკუმიმართულებით. როდესაც საცმი გაცივდება, ჰაერსახურებელს კვლავ ჩართავენ გასახურებლად. ბრძმედში ცხელი ჰაერი განუწყვეტლივ რომ შედიოდეს, თითოეულ ბრძმედს აუცილებელია ჰქონდეს ორი და მეტი ჰაერსახურებელი (სურ. III).

კაზმის მომზადების ყველა ოპერაცია, მისი აწონა, ბრძმედში ჩატვირთვა, წიდისა და თუჯის პერიოდული გამოშვება მექანიზებულია.

საბჭოთა კავშირში აგებულია დიდი ბრძმედები, რომელთა სასარგებლო მოცულობა (ე. ი. მოცულობა, რომელიც გავსებულია სადნობი მასალებითა და დნობის პროდუქტებით) აყვანილია 5000 მ³-მდე. ასეთი ღუმელი წელიწადში 4 მლნ. ტ-ზე მეტ თუჯს ადნობს.

ისეთი ნაგებობა რომ მართონ, როგორიცაა დიდი ბრძმედის საამქრო, აუცილებელია სრული, უტყუარი და დროული ინფორმაცია აირებისა და მყარი მასალების შედგენილობისა და მასის, ტემპერატურების წნევის შესახებ და ა. შ. მისი მიღება კი შეიძლება საამქროში დიდი რაოდენობით ავტომატური საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოების

დადგმით. მათ ჩვენებას გადასცემენ მართვის პულტს და დაამუშავებენ თანამედროვე ელექტრონული გამომთვლელი მანქანების დახმარებით. ბრძმედის მუშაობის ეფექტურობის დასახასიათებლად იყენებენ რიგ მაჩვენებლებს, რომელთაგან ძალიან მნიშვნელოვანია სასარგებლო მოცულობის გამოყენების კოეფიციენტი („სმგ“) — ღუმელის სასარგებლო მოცულობის კუბური მეტრების რაოდენობა, რომელიც მოდის 1 ტ თუჯზე დღე-ღამეში. თუ ღუმელი კარგად მუშაობს, დაბალია სმგ. ჩვენს ქვეყანაში ზოგი ღუმელის სმგ 0,5-ზე დაბალია.

- ?
1. რომელი ელემენტების ოქსიდები არ აღდგება ბრძმედში? რატომ?
 2. რომელი რეაქტივების შედეგად წარმოიქმნება ბრძმედში ნახშირბადის ოქსიდები?
 3. რა როლს ასრულებს მასალათა წინაღონით მოძრაობა ბრძმედის პროცესში?
 4. რა რეაქციები მიმდინარეობს ბრძმედში: ა) აირებსა და მყარ სხეულებს შორის; ბ) მყარ სხეულებს შორის?
 5. ჩამოთვალეთ ბრძმედში მიმდინარე რეაქტივების სიჩქარეთა გადიდების ყველა ხერხი.
 6. რა საშუალებით აღწევენ კოქსის ხვედრითი ხარჯების შემცირებას?
 7. რატომ არ შეიძლება ბრძმედში ჩატვირთონ დაფხვნილი მასალები?
 8. რით აიხსნება, რომ ერთ ბრძმედს, როგორც წესი, ერთდროულად სამი ჰაერსახურებელი ემსახურება?
 - 9*. ბრძმედის სასარგებლო მოცულობა არის 2700 მ³, სმგ — 0,60, როგორია ბრძმედის სადღეღამისო მწარმოებლურობა?

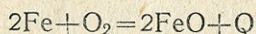
§ 78. ფოლადის წარმოება

ფოლადის გამოსაღობ ნედლეულად იხმარება როგორც ბრძმედის საამქროდან შემოსული თხევადი, ისე მყარი თუჯი და რკინის ჯართი. თუჯს, რომელიც ფოლადად გადაამუშავებისათვის არის განკუთვნილი, გარდასამქმნელი თუჯი ეწოდება. მასში ბევრია ნახშირბადი (4,4%-მდე მასის მიხედვით), სილიციუმი, მანგანუმი, ფოსფორი და გოგირდი.

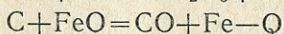
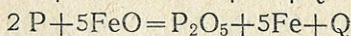
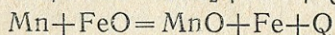
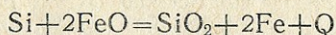
ფოლადსაღობ აგრეგატში ნახშირბადის შემცველობა ლითონში უნდა შევამციროთ 1,7%-მდე, ან უფრო დაბლა, სილიციუმისა და მანგანუმისა — პროცენტის მეათედ წილამდე, ჩვეულებრივი ხარისხის ფოლადებში დასაშვებია 0,04 — 0,05% გოგირდი, 0,05 — 0,08% ფოსფორი, ხოლო უმაღლესი ხარისხის ფოლადებში გოგირდისა და ფოსფორის შემცველობა კიდევ ნაკლები უნდა იყოს. ფოლადში გოგირდის არსებობა იწვევს წითელმეტეხობას, ე. ი. სიმყიფეს, მაღალი ტემპერატურის დროს, ხოლო ფოსფორის არსებობისას — ცივმეტეხობას, ე. ი. სიმყიფეს დაბალი ტემპერატურის დროს.

თუჯის გარდაქმნა ხორციელდება ჟანგვის რეაქციების საშუალებით, რომლებსაც მაღალ ტემპერატურაზე ატარებენ. ჟანგბადის წყაროდ ითვლება ჰაერი და რკინის ოქსიდები, რომლებსაც შეიცავს თუჯზე დასამატებელი ლითონის ნარჩენები და რკინის მადანი.

რკინა, რომელიც თუჯში ყველაზე მეტია, იჟანგება მაღალ ტემპერატურაზე რკინა (II)-ის ოქსიდად:

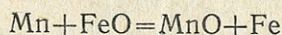


რკინა (II)-ის ოქსიდი, ნადნობთან შერევისას, ჟანგავს სილიციუმს, მანგანუმს, ფოსფორსა და ნახშირბადს:



ფოსფორისა და გოგირდის მოსაცილებლად ფოლადის დნობისას უმატებენ კირს — კალციუმის ოქსიდს CaO . ფოსფორ (V)-ის ოქსიდი უერთდება კალციუმის ოქსიდს, გოგირდი კი კალციუმის სულფიდად გადაიქცევა.

ჟანგვის რეაქციების დასრულების შემდეგ თხევადი შენადნობი კიდევ შეიცავს რკინა (II)-ის ოქსიდს, რომლისგანაც მისი გათავისუფლება აუცილებელია. ამის გარდა საჭიროა ფოლადში ნახშირბადის, სილიციუმისა და მანგანუმის დაყვანა დადგენილ ნორმებამდე. ამას აღწევენ ეგრეთ წოდებული განმჟანგავების, მაგალითად, ფერომანგანუმის (რკინის შენადნობი მანგანუმთან), ფეროსილიციუმის, ალუმინის დამატებით, მანგანუმი, მაგალითად, რეაგირებს რკინა (II)-ის ოქსიდთან:



ამრიგად, განმჟანგავი ასრულებს რკინის აღმდგენის როლს. განჟანგვის პროდუქტები: მანგანუმ (II)-ის ოქსიდი და სხვ. გადადიან წილაში, გარდაქმნის სიჩქარის გადიდებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰაერის გამდიდრებას ჟანგბადით ან ჰაერის სრულ შეცვლას ჟანგბადით. ამ დროს გასადნობი ლითონის ტემპერატურა აიწევს და გახსნილი აზოტის მოცულობა ლითონში მცირდება. (რაც უფრო მცირეა აზოტი ფოლადში, მით უკეთესია ის). თუჯის ფოლადად გადამუშავება მიზანშეწონილია ჩატარდეს შეძლებისდაგვარად მაღალ ტემპერატურებზე იმისთვის, რომ დავაჩქაროთ მყარი საწყისი მასალების გაღობა და დავაჩქაროთ ყველა რეაქცია.

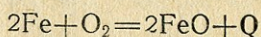
მრეწველობაში ფოლადი სამი ხერხით მიიღება.

პირველი ხერხით — ჟანგბადურ-კონვერტერული ხერხით — პირველი ცესი მიმდინარეობს სითბოს გარე წყაროს გამოყენების გარეშე, მაგ., რამ გადასამუშავებელი ლითონის შედგენილობაში შემავალი ჟანგის კომპონენტების ეგზოთერმული რეაქციების სითბოს ხარჯზე; მეორე — მარტენის ხერხით — ლითონის გასათბობად გამოიყენება უპირატესად სითბობის წვის სითბო, ბოლოს — მესამე ხერხით ფოლადს ადნობენ ელექტროლუმელებში.

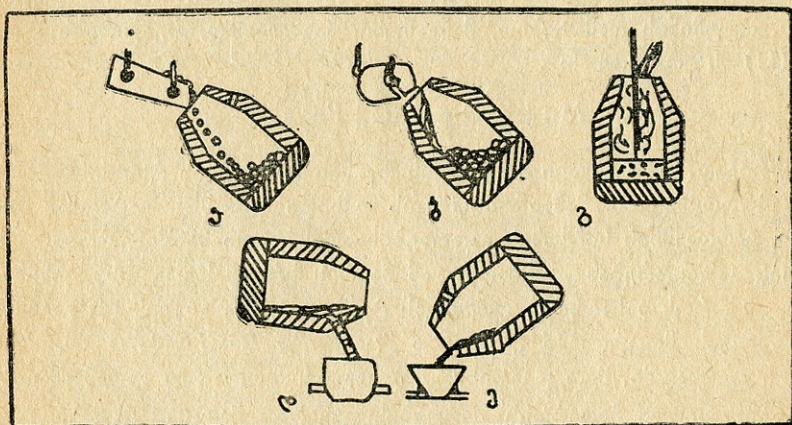
ჟანგბადურ-კონვერტერული ხერხი. ჟანგბადიანი კონვერტერი (სურ. IV) არის აპარატი, რომელიც აგებულია ერთმანეთთან შედუღებული ფოლადის ფურცლებისაგან და შიგნიდან ამოგებულია ცეცხლგამძლე აგურით.

ეს არის პერიოდული მოქმედების აპარატი. მასში ყელიდან ჩატვირთავენ ლითონის ჯართს, ჩაასხამენ თხევად თუჯს, რის შემდეგ დაუშვებენ საქშენს, რომლითაც ჟანგბადს აწვდიან დაახლოებით 1 მეგაპასკალის წნევით.

ჟანგბადის ჩაბერვისას თხევად ლითონში რკინის ნაწილი იჟანგება რკინა (II)-ის ოქსიდამდე:



ჟანგბადის მონაწილეობით მიმდინარეობს სხვა ეგზოთერმული რეაქციებიც, და ამის შედეგად ლითონის ტემპერატურა აიწვევს 1600°C -მდე და ზევით. ასეთ ტემპერატურაზე სილიციუმი, მანგანუმი, ნახშირბადი და დანარჩენი მინარევეები სწრაფად იჟანგებიან და გადაიქცევიან წილად.



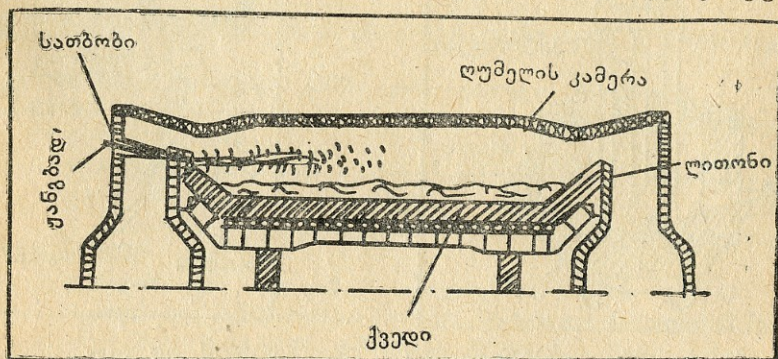
სურ. 51. ფოლადის ჟანგბადურ-კონვერტერული წარმოების სქემა. ა — ლითონის ჯართის ჩატვირთვა; ბ — თუჯის ჩაასხმა; გ — ჩაბერვა; დ — ფოლადის გამოშვება; ე — წილის გამოშვება.

გოგირდისა და ფოსფორის სრულად მოშორებისათვის კონვერტერში უმატებენ კირს CaO . მთელი პროცესი გრძელდება 30-40 წუთს. იგი სქემატურად ნაჩვენებია 51-ე სურათზე. ჟანგბადური კონვერტერი მაღალმწარმოებლური აპარატია. ერთ ჯერზე მისგან შეიძლება მივიღოთ 300 ტ ხარისხოვანი ფოლადი. ჩვენს ქვეყანაში უკანასკნელ ათწლეულებში ფოლადის წარმოება იზრდება უპირატესად ჟანგბადურ-კონვერტერული ხერხის გამოყენებით.

მარტენული ხერხი. რამდენადმე ნაკლებად მწარმოებლურ, მაგრამ დღემდე კიდევ გავრცელებულ საშუალებად ითვლება ფოლადის მიღების მარტენული ხერხი. მარტენის ღუმელში სითბოს ძირითად წყაროდ ითვლება აიროვანი ან თხევადი სათბობი (მაშუთი). ღუმელში სათბობის მიწოდების რეგულირებით შეიძლება თანაბრად ვცვალოთ ღნობის რეჟიმი და მივიღოთ სულ სხვადასხვა ხარისხის ფოლადი.

მარტენის ღუმელის საღნობი სიგრცე (სურ. 52) არის აბაზანა. რომელიც ცეცხლგამძლე აგურების თალითაა გადახურული. სათბობს წვავენ ღუმელის ზედა ნაწილში კაზმის ზემოთ — თუჯის, ლითონის ჭართის, მალევირებელი დანამატებისა და სხვა მასალების ნარევით. გამოყოფილი სითბო ახურებს კაზმს, გადაჰყავს იგი გაღობილ მდგომარეობაში. ზედაპირიდან თანდათანობით წარმოებს ნახშირბადის ამოწვა, სხვა ნარევების დაჟანგვა. პროცესი 6—8 საათს გრძელდება, მნიშვნელოვნად ხანგრძლივად, ვიდრე ჟანგბადურ კონვერტერში. თუმცა ერთ გამოღნობაზე მარტენის ღუმელში შეიძლება 900 ტ-მდე ფოლადის მიღება, მაინც მარტენის ღუმელების სადღელამისო მწარმოებლურობა ჩამორჩება ჟანგბადური კონვერტერების მწარმოებლურობას.

ფოლადის წარმოება ელექტროღუმელებში. ფოლადის წარმოებაში სითბოს წყაროდ ელექტრული ენერგიის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ღუმელებში შევინარჩუნოთ უფრო მაღალი ტემპერატურა,



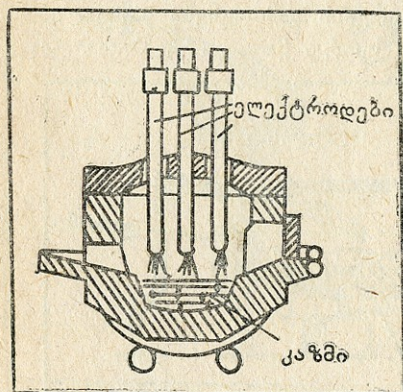
სურ. 52. მარტენის ღუმელი.

ზუსტად და ზომიერად ვარეგულიროთ ის, დნობა ჩავატაროთ აღმდგენ არეში ჟანგბადის გამოყენების გარეშე. ელექტროდნობამ განსაკუთრებული მნიშვნელობა მოიპოვა მაღალი ხარისხის ლეგირებული ფოლადების წარმოებისათვის. მალეგირებელი ელემენტების დანაკარგები ელექტროდუმელებში ნაკლებია, ვიდრე სხვა ღუმელებში. მათში შეიძლება გამოვადნოთ ფოლადები, რომლებიც შეიცავს ძნელღობად ლითონებს — ვოლფრამს, მოლიბდენსა და სხვ.

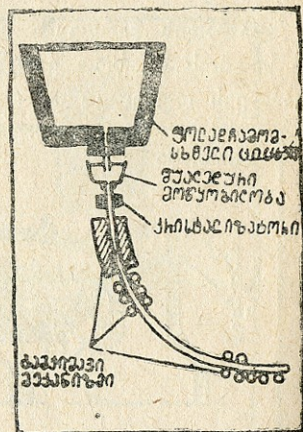
მრეწველობაში უბირატესად იყენებენ რკალურ ღუმელებს (სურ. 53), რომლებშიც სითბო მიიღება ელექტროდებსა და კაზმს შორის ელექტრული რკალის წარმოქმნის შედეგად. ასეთ ღუმელებში შეიძლება მივიღოთ 2500°C ტემპერატურას. ერთ გამოდნობაზე მათში ხერხდება 350 ტ-მდე ფოლადის მიღება.

ფოლადის ჩამოსხმა. ამა თუ იმ ხერხით ღუმელში გამოდნობილ ფოლადს ციცხვებში უშვებენ, ხოლო შემდეგ ასხამენ ყალიბებში — ლითონის ფორმებში, სადაც ფოლადი გარდაიქმნება ნამზადად — სხმულებად.

ჩვენი ქვეყნის მეტალურგებმა დაამუშავეს და დანერგეს ნამზადების მიღების პროგრესული ხერხი — ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმა. ამ შემთხვევაში ფოლადს ასხამენ ციცხვიდან წყლით ააცივებულ კრისტალიზატორში (სურ. 54). მისი ქვედა ნაწილიდან განუწყვეტლივ ჰიმავენ ნამზადს. გამყარების შემდეგ მას ჰკრიან სასურველი სიგრძის ნაჭრებად. ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმის ხერხი მნიშვნელოვნად ეკონომიურია, ვიდრე პერიოდული, რომელიც დაკავშირებულია ყალიბების გამოყენებასთან.



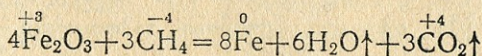
სურ. 53. რკალური ელექტროფოლად-საღნობი ღუმელი.



სურ. 54. ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმა.

ფოლადის გლინვა. კრისტალიზაციის დროს ფოლადი, თუჯისაგან განსხვავებით, არ ფართოვდება, არამედ იკუმშება. ამიტომ ფოლადის ზოდებში ბევრია ფუჭვილა, სიცარიელე. ზოდების ხარისხის ასამაღლებლად მათ გლინავენ — წნევით დაამუშავებენ მომჭიმ დგანებზე გამოწნევით მბრუნავ ლილვებს შორის. გლინვისას განიკვეთი მცირდება, ფუჭვილები და სიცარიელები ქრება.

ამჟამად მსოფლიოში ფოლადის წარმოებამ უდიდეს მაშტაბებს მიაღწია — 7000 მლნ. ტონაზე მეტს. მთელი ფოლადის დაახლოებით 1/5-ს აწარმოებენ ჩვენს ქვეყანაში. მეტალურგიის განვითარებას აფერხებს უპირველეს ყოვლისა კოქსვადი ნახშირების მარაგების შეზღუდვა. ამიტომ ამუშავებენ ფოლადის მიღების ხერხებს ბრძმედული პროცესების სტადიის გამორიცხვით, სადაც კოქსის მოხმარება განსაკუთრებით დიდია. ასეთ ხერხად ითვლება პრაქტიკაში უკვე დანერგილი ე. წ. რკინის პირდაპირი აღდგენის ხერხი. მისი არსი შემდეგში მდგომარეობს. გამდიდრებული რკინის მადნიდან ამზადებენ მცირე ზომის ბურთულებს — გუნდებს. გუნდებს ტრანსპორტიორით განუწყვეტლივ აწვდიან ღუმელში, სადაც აღმდგენის, მაგალითად, ბუნებრივი აირის — მეთანის CH_4 მოქმედებით ხდება რკინის აღდგენა:



რეაქცია მიმდინარეობს რკინის დნობის ტემპერატურაზე უფრო დაბალი ტემპერატურის დროს. ამიტომ მიიღება ღრუბლისებრი გუნდები, რომლებიც 93%-მდე რკინას შეიცავს. მათ შემდგომ იყენებენ ფოლადის წარმოებისათვის, მაგალითად, მარტენის ხერხით.

- ?
1. როგორი ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობს თუჯის ფოლადად გადაამუშავებისას?
 2. რატომ უმატებენ კაჟში კირს ფოლადის მიღებისას?
 3. როგორი პროცესები უზრუნველყოფენ სითბოს მიღებას ჟანგბადურ კონვერტერში? მარტენის ღუმელში? ელექტრულ ღუმელში?
 4. რა უპირატესობა აქვს ჟანგბადურ-კონვერტერული ხერხით ფოლადის მიღებას მარტენის ხერხთან შედარებით?
 5. როგორია ელექტროღუმელებში ფოლადის მიღების ძირითადი თავისებურებანი?
 6. რატომ არის აუცილებელი ფოლადის ნამზადების გლინვა?
 7. თუჯს იყენებენ ჩამოსხმის მეთოდით მხატვრული ნაკეთობების მისაღებად. ამ მიზნით რატომ არ გამოდგება ფოლადი?
 8. რაში მდგომარეობს გუნდებად რკინის „პირდაპირი“ აღდგენის უპირატესობანი?

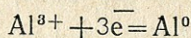


ალუმინი აღმოაჩინეს და თავისუფალ მდგომარეობაში პირველად მიიღეს 1825 წ. კალიუმისა და ალუმინის ქლორიდის უთბიეროქმედებით, ე. ი. ლითონთერმიული მეთოდით. 1854 წ. დაიწყო მისი სამრეწველო მიღება აღმდგენად ნატრიუმის გამოყენებით. მაგრამ ამ ხერხით მიიღებოდა მეტად ძვირადღირებული პროდუქტი.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში დაამუშავეს და მრეწველობაში დანერგეს ალუმინის წარმოების ელექტროლიზური ხერხი. მისი გამოყენების დროს ალუმინს იღებენ ალუმინის ოქსიდისაგან. ეს ნივთიერება 2000°C -ზე მაღალ ტემპერატურაზე დნება. ამიტომ ელექტროლიზს განიცდის ალუმინის ოქსიდის ხსნარი გამდნარ კრიოლიტში Na_3AlF_6 . ასეთი ელექტროლიტი შედარებით ადვილდნობადია და მაღალი ელექტროგამტარობა აქვს. ოპტიმალურ ტემპერატურაზე, 950°C -მდე, ელექტროლიტში ალუმინი მცირედ იხსნება, ტემპერატურის აწვევისას ალუმინის ხსნადობა სწრაფად დიდდება, რაც ლითონის დიდ დანაკარგებს იწვევს.

ალუმინის მიღების სამრეწველო ხერხის დამუშავებაში დიდი წვლილი შეიტანა რუსმა ქიმიკოს-ტექნოლოგმა პ. პ. ფედოტიევმა (1864—1934).

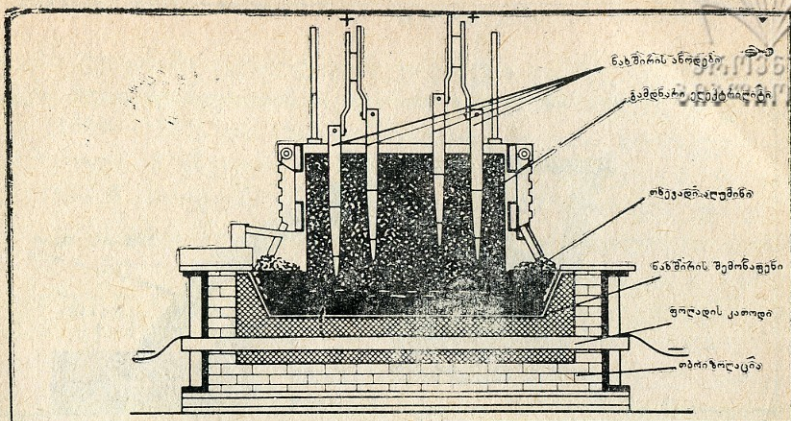
Al_2O_3 -ის ხსნარის შემცველი Na_3AlF_6 -ის ნაღობის ელექტროლიზის დროს კათოდზე თხევადი ალუმინი გამოიყოფა:



ანოდებად ჩვეულებრივ ნახშირის ღეროები იხმარება. ელექტროლიზის დროს ანოდის ზედაპირზე წარმოიქმნება ნახშირბადის ოქსიდები CO და CO_2 . ამიტომ ანოდის მასალა განუწყვეტლივ იხარჯება და ანოდი მუდმივად უნდა განახლდეს.

ელექტროლიზისათვის გამოსადეგია მხოლოდ სუფთა ალუმინის ოქსიდი, რომელიც თავისუფალია რკინისა და სილიციუმის ოქსიდების მინარევებისაგან, ვინაიდან რკინა და სილიციუმი ალუმინთან წარმოქმნის მისი პლასტიკური თვისებებისა და კოროზიისადმი მედეგობის დამაქვეითებელ ნაერთებს. ამიტომ ალუმინის ოქსიდს ასუფთავებენ, რკინის ოქსიდებისა და სილიციუმ (IV)-ის ოქსიდისაგან ალუმინის ოქსიდის გასუფთავება რთული პროცესია, რომელიც მოიცავს საწყისი მასალის ტუტე შეღობას, შეღობის პროდუქტების წყალში გახსნას, ხსნარიდან სილიციუმმჟავასა და რკინა (III)-ის ოქსიდის გამოყოფას, ალუმინის ჰიდროქსიდის დალექვასა და გავარგარებას.

ალუმინის ოქსიდის წარმოებისათვის მნიშვნელოვანი ნედლეულია ბოქსიტები. საბჭოთა კავშირში ბოქსიტების დიდი საბადოებია ლე-

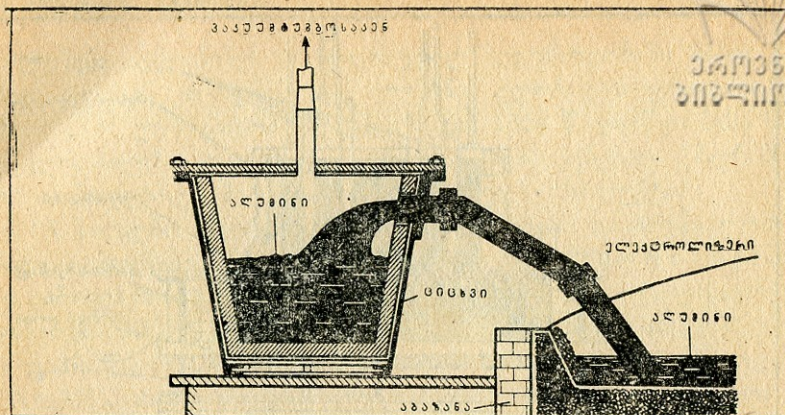


სურ. 55. ალუმინის გამოსადნობი სამრეწველო ელექტროლიზერი.

ნინგრადის ოლქის ტიხვინის რაიონში, ურალსა და ჩრდილოეთ ყაზახეთში. ჩვენს ქვეყანაში შეიქმნა აგრეთვე ალუმინის წარმოება ნეფელინისაგან, ნეფელინის საბადოები სსრ კავშირში არსებობს კოლის ნახევარკუნძულზე, კრასნოიარსკის მხარესა და კემეროვოს ოლქში. კოლის ნახევარკუნძულზე ნეფელინი შედის აპატიტ-ნეფელინისა და ქანების შედგენილობაში. მას ამდიდრებენ აპატიტის — ფოსფორიანი სასუქების წარმოებისათვის ნედლეულის მიღების მიზნით. ნარჩენებისაგან გამოყოფენ ნეფელინის კონცენტრატს, რომლის გადამამუშავებითაც მიიღება ალუმინის ოქსიდი, სოდა, პოტაში და ცემენტი.

ალუმინის სამრეწველო მიღებისათვის გამოსაყენებელი ელექტროლიზერი (სურ. 55) სწორკუთხედის ფორმის ფოლადის აბაზანაა, რომელიც შიგნიდან ამოგებულია ცეცხლგამძლე აგურითა და ნახშირის მასის ბლოკებით. ქვედა ბლოკებში ჩაწყობილია ფოლადის ღეროები, რომელთა ბოლოები აბაზანიდან გარეთ არის გამოსული. აბაზანის ფსკერზე დაგროვილი თხევადი ალუმინი კათოდის როლს ასრულებს. თხევადი ალუმინის ფენის თავზე არის გამდნარი ელექტროლიტი, რომელშიც ზევიდან ჩაშვებულია ნახშირის ანოდი. ანოდი თანდათან იწვის, ამიტომ ალუმინისაგან დამზადებული ანოდის გარსაცმში ჩატვირთავენ ნახშირბადოვან მასას. ზემოდან და გვერდითი კედლებიდან გარემომცველი ჰაერით გაცივების გამო ელექტროლიტი შესქელდება და წარმოიქმნება მთლიანი ქერქი.

ელექტროლიზერი განუწყვეტლივ მუშაობს, მაგრამ ალუმინის ოქსიდს აბაზანაში ულუფებად ტვირთავენ. დაახლოებით 2—3 დღე-ღამეში დაგროვილ ალუმინს ასხამენ ციცხვში (სურ. 56), საიდანაც ჰაერს წინასწარ ამოტუმბავენ. თხევადი ალუმინი მილით შეიწოვება ციცხვში, შემდეგ კი ყალიბებში ჩამოისხმება.



სურ. 56. ვაკუუმიანი ციხვი აბაზანიდან ალუმინის გადსასხმელად.

ალუმინის წარმოებისათვის დიდძალი ელექტროენერგიაა საჭირო — საუკეთესო დანადგარებზე 1 ტ ალუმინზე იხარჯება 15000 კვტ.ს. ელექტროლიზერების სიმძლავრის გადიდებით გარემომცველ ატმოსფეროში სითბოს დანაკარგები მცირდება, შესაბამისად ენერგიის ხარჯიც მცირდება, ადვილია წარმოების ცალკეული სტადიის მექანიზება, მაღალია შრომის ნაყოფიერება.

სსრ კავშირში ალუმინის მრეწველობის შექმნა დაკავშირებულია ვ. ი. ლენინის ხელმძღვანელობით შემუშავებული ელექტრიფიკაციის გეგმის განხორციელებასთან. არნახულ მოკლე ვადებში აიგო და საექსპლოატაციოდ გადაეცა საბჭოთა ალუმინის მრეწველობის პირმოშოები — ს. მ. კიროვის სახელობის ვოლხოვის ალუმინის ქარხანა (ვოლხოვის ჰესის ბაზაზე) და დნებრის ალუმინის ქარხანა (დნებრჰესის ბაზაზე). 1932 და 1933 წწ. მათ დაიწყეს საბჭოთა ალუმინის გამოშვება.

ფართოდ გამოიყენება ალუმინის სხვადასხვა შენადნობი: დურალუმი, სილუმი და სხვ. დურალუმინის მისაღებად ალუმინში შეჰყავთ მალევირებელი დანამატები: სპილენძი, მანგანუმი და მაგნიუმი. დურალუმინისაგან ამზადებენ ფურცლებს, მავთულს, მილებს. სილუმინს — ალუმინისა და სილიციუმის შენადნობს იყენებენ ჩამოსხმით სხვადასხვა დეტალის დასამზადებლად.

1. რა მოთხოვნებს უნდა პასუხობდეს ელექტროლიტი, რომელსაც ალუმინის წარმოებისთვის იყენებენ?

2*. შეადგინეთ გარდაქმნების სქემა, რომელიც შეესაბამება რკინისა და სილიციუმის მინარევებისაგან ალუმინის ოქსიდის გაწმენდის პროცესებს.

3. 1 ტ ალუმინის წარმოებაზე დაიხარჯა 1,92 ტ ალუმინის ოქსიდი. როგორია ალუმინის ოქსიდის დანაკარგები წარმოებაში?

ჩვენს ქვეყანაში მეტალურგიის უძველესი და მტკიცე ტრადიციები აქვს. რუსი მეცნიერების პ. პ. ანოსოვის (1799—1851), დ. კ. ჩერნოვის (1839—1921) და სხვათა შრომებით ჩაეყარა საძირკველი მეტალურგიული მრეწველობის მეცნიერულ საფუძვლებს. პ. პ. ანოსოვმა 1833 წ. პირველმა გამოიყენა მიკროსკოპი ფოლადის აღნაგობისა და თვისებების შესასწავლად. მისი შრომების წყალობით გაიხსნა ე. წ. ბულატური ფოლადის წარმოების საიდუმლოება. დ. კ. ჩერნოვის — „რკინის მეტალოგრაფიის მამამთავრის“ — გამოკვლევებმა სათავე დაუდო მეცნიერებას ფოლადის თვისებების, მის შედგენილობაზე დამოკიდებულების, ჩამოსხმის, მექანიკური და თერმული დამუშავების პირობების შესახებ. 1913 წ. რუსეთს მსოფლიოში მეხუთე ადგილი ეკავა თუჩისა და ფოლადის წარმოების მიხედვით.

დიდი ოქტომბრის რევოლუციის შემდეგ მეტალურგია ჩვენს ქვეყანაში მძლავრად განვითარდა. სსრ კავშირს პირველი ადგილი უკავია მსოფლიოში თუჩისა და ფოლადის წარმოებისა და ლითონის წარმოების ზრდის ტემპების მიხედვით. შექმნილია მძლავრი ფერადი მეტალურგია. მეტალურგიულ მრეწველობას აქვს ნედლეულის უმდიდრესი მარაგი. სსრ კავშირში მეტალურგიის განვითარება მეცნიერებისა და ტექნიკის უახლეს მიღწევებს ემყარება.

სკკბ გადაწყვეტილებებში დასახულია უახლოეს წლებში მიავლწით ლითონებისა და შენადნობების ხარისხის ყოველმხრივ ამაღლებას, შავი და ფერადი მეტალურგიის საწარმოების მიერ პროდუქციის გამოშვების ზრდას. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ფოლადის წარმოების გადიდებას მოწინავე ტექნოლოგიის გამოყენებით — ჟანგბადურ კონვერტერებსა და ელექტროღუმელებში. დაგეგმილია საგრძნობლად გაიზარდოს ფოლადის ნამზადების წილი უწყვეტი ჩამოსხმის დანადგარებზე. ჩვენს ქვეყანაში წლიდან წლამდე იზრდება ალუმინის, სპილენძისა და სხვა ფერადი ლითონების წარმოება. პართიულ დოკუმენტებში მუდმივად ექცევა ყურადღება შავი და ფერადი ლითონების ჯართის შეგროვების გადიდებისა და გადამუშავების მნიშვნელობას. ამ საქმეში მონაწილეობის მიღება ყოველი საბჭოთა მოსწავლის ვალია.

არაორგანული ქიმიის კურსის შესწავლით თქვენ გაეცანით ძველ-ვერობასა და სოფლის მეურნეობაში მისი ზოგიერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი გამოყენების სფეროებს, ქიმიის როლს კომუნისტური საზოგადოების მატერიალური ბაზის შექმნაში. გაეცანით აგრეთვე ქიმიური წარმოებისა და მთლიანად მატერიალური წარმოების ზოგიერთ ზოგად პრინციპს.

თქვენი აქტიური მონაწილეობით გავაკეთოთ ზოგიერთი დასკვნა.

§ 76. მეცნიერებისა და წარმოების კავშირი

მრეწველობის განვითარების თანამედროვე ეტაპის თავისებურება იმაშია, რომ უკანასკნელ ათწლეულში ძველი საწარმოო პროცესების სრულყოფა და მეცნიერთა მიერ აღმოჩენილი პრინციპულად ახალი პროცესები წარმოებაში სწრაფად ინერგება. ეს აიხსნება მეცნიერებისა და წარმოების ურთიერთობის ძირეული ცვლილებებით. თუ ჯერ კიდევ ცოტა ხნის წინათ მრავალი სრულყოფა ინერგებოდა მრავალწლიანი ემპირიული ძიების შედეგად, ახლა მეცნიერებამ ისეთ სიმაღლეს მიაღწია და ისეთი ტექნიკით ვითარდება, რომ შესაძლებელია მატერიალური წარმოების სრულყოფა მეცნიერულ საფუძველზე. თანამედროვე მეცნიერულ-ტექნიკურ პროგრესს საფუძვლად უდევს თეორიული მეცნიერებების განვითარება, ახალი მოვლენებისა და ახალი კანონზომიერებების აღმოჩენა. თეორიული ქიმიის მიღწევები და ელექტრონულ-გამოთვლითი ტექნიკის ფართოდ გამოყენება არის ის საფუძველი, რომელსაც ეყრდნობა ქიმიური წარმოების განვითარება.

ქიმიური წარმოებისათვის თეორიული მეცნიერების მნიშვნელობის მკაფიო მაგალითია ქიმიური წონასწორობისა და ქიმიური კინეტიკის შესახებ მოძღვრების გავლენა.

თეორიული მიღწევები რომ საწარმოო მიღწევებად იქცეს, აუცილებელია ვიცოდეთ არა მარტო ნივთიერების აღნაგობა, არამედ ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობის კანონზომიერებანიც. ასევე საჭიროა ვიცოდეთ, უფრო მიზანშეწონილად როგორ განვახორციელოთ ესა თუ ის რეაქცია წარმოებაში, როგორ მივიღოთ საჭირო თვისებების პროდუქტი ნაკლები თვითღირებულებითა და მაღალი შრომის ნაყოფიერებით. პასუხი უნდა გავცეთ შემდეგ კითხვებს: რა ნედლეულისაგან და რომელი რეაქტივების საშუალებითაა მიზანშეწონილი მოცემული პროდუქტის წარმოება? როგორ პირობებში მიმდინარეობს პროცესი შესაძლო უფრო დიდი სიჩქარითა და უფრო მეტი პროდუქტის გამოსავლით? როგორი უნდა იყოს წარმოების ტექნოლოგიური სქემა, მანქანებისა და აპარატების კონსტრუქციები? როგორ მოვაწყოთ პროცესის კონტროლი, მათი მართვა? როგორ უზრუნველვყოთ ნებისმიერი, მათ შორის მავნე ნივთიერებებთან მუშაობის ჰიგიენური პირობები?

ეს კითხვები არის ამოცანა საინჟინრო მეცნიერებისა — ქიმიური ტექნოლოგიისა, რომელიც, თავის მხრივ, რიგ დამოუკიდებელ სამეცნიერო დისციპლინებს აერთიანებს. უკანასკნელ წლებში სწორედ ტექნოლოგიის განვითარების, ახალი ტექნოლოგიური კანონზომიერებებისა და მოვლენების აღმოჩენის წყალობით ხერხდება წარმოებაში თეორიულ მეცნიერებათა მიღწევების სწრაფად რეალიზება. ისეთი წარმოებების შექმნა, როგორიცაა, მაგალითად, ამიაკის სინთეზი, შესაძლებელი გახდა მხოლოდ ქიმიური ტექნოლოგიის საფუძველზე, რომელმაც აღმოაჩინა რეაქციის განხორციელების რაციონალური ხერხი ცირკულაციური მეთოდით, გადაწყვიტა ისეთი რთული ამოცანა როგორიცაა ამიაკის სინთეზის გიგანტური სვეტების კონსტრუირება დღე-ღამეში 1500 ტ ამიაკის მწარმოებლურობით.

წარმოებასთან მეცნიერების კავშირი ჩვენი საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე მოკლედ ხასიათდება ფორმულით. მეცნიერება გარდაიქმნება უშუალო მწარმოებლურ ძალად.

§ 77. ქიმიური ტექნოლოგიის ზოგიერთი კანონზომიერება

ისეთი მნიშვნელოვანი პროდუქტების, როგორიცაა გოგირდმჟავა, ამიაკი, აზოტმჟავა, მინერალური სასუქები, თუჯი, ფოლადი, ალუმინი, წარმოების გაცნობისას თქვენ შეგხვდათ ტექნოლოგიის ზოგადი კანონზომიერებანი. ახლა ამ წარმოებათა ურთიერთშედარებისას ძნელი არ არის მათი ჩამოყალიბება.

დიდი მნიშვნელობა აქვს ნედლეულის შერჩევას. ქიმიურ მრეწველობასა და მეტალურგიას შესაძლებლობა აქვს სხვადასხვა სახის

ნედლეული გადაამუშავოს ერთსა და იმავე პროდუქტად. მრეწველობაში ნედლეულის გადასამუშავებლად იყენებენ მომზადების სხვადასხვა ხერხს: ნედლეულის გამდიდრებას, გაწმენდას და სხვ. ნედლეულის პრობლემის გადაჭრაში ძირითადი მნიშვნელობა აქვს ნედლეულის კომპლექსური გამოყენების ამოცანას.

- ▲ 1. ჩამოთვალეთ თქვენს მიერ შესწავლილ მეტალურგიულ და ქიმიურ წარმოებებში გამოყენებული ნედლეულის სახეები.
2. რით საბუთდება თქვენს მიერ შესწავლილი წარმოებებისათვის ნედლეულის შერჩევა?
3. რა მნიშვნელობა აქვს ნედლეულის კომპლექსურ გამოყენებას?
4. მოიყვანეთ ქიმიურ წარმოებაში ნედლეულის მომზადების: გამდიდრების, დაქუცმაცების, შეცხოებისა და ა. შ. მაგალითები.

ქიმიური წონასწორობის შესახებ მოძღვრების საფუძველზე ტექნოლოგია განსაზღვრავს პროდუქტის წონასწორობი, ე. ი. მაქსიმალურად შესაძლებელი გამოსავლის დამოკიდებულებას მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციაზე, ტემპერატურასა და წნევაზე, ამის გამო, ჯერ ერთი, იხსნება ამოცანის გადაჭრის უწყალო ძიებანი ქიმიური წონასწორობის მდგომარეობით აკრძალულ სფეროში, და მეორეც, ნათელი ხდება პირობები, რომელთა დროსაც თეორიულად შესაძლებელია მივიღოთ საჭირო პროდუქტი.

- ▲ 1. დაახასიათეთ ძირითადი მიზეზი, თუ რატომ არ ხერხდებოდა ას წელზე მეტი ხნის განმავლობაში ლაბორატორიებშიც კი წარმატებით განხორციელებულიყო ერთი შეხედვით ისეთი მარტივი რეაქცია, როგორიცაა ამიაკის სინთეზი?
2. ამასთან დაკავშირებით ჩამოაყალიბეთ პროდუქტის მაღალი გამოსავლის მიღების პრინციპი. იმ შემთხვევებში, როცა მისი წონასწორობი გამოსავალი დიდი არ არის.

პირველი და აუცილებელი, მაგრამ პასაკმარისია იმის ცოდნა, რეაქცია შექცევადია თუ შეუქცევი, როგორც დამოკიდებული წონასწორობი გამოსავალი მის განმსაზღვრელ პირობებზე. კიდევ აუცილებელია მონაცემები პროცესის სიჩქარის შესახებ. მოძღვრება ქიმიური კინეტიკის შესახებ ძირითად მონაცემებს გვაძლევს რეაქციების ჩატარების ოპტიმალური პირობების შერჩევისა და აპარატების გამოთვლისათვის.

- ❓ 1. განიხილეთ, რით ხელმძღვანელობენ მორეაგირე ნივთიერებათა ოპტიმალური კონცენტრაციების შერჩევისას; ა) გოგირდ (IV)-ის ოქსიდის შთანთქმის დროს; ბ) ამიაკის სინთეზის დროს.

▲ 2. შედარეთ თქვენ მიერ შესწავლილი საწარმოო პროცესები, რომლებშიც მორეაგირე ნივთიერებათა შეხების ზედაპირის დიდი ფართობის შექმნისკენ მიისწრაფვიან. რა მეთოდებს იყენებენ ზედაპირის ფართობის გასაღებდელად?

3. რის საფუძველზე განისაზღვრება: ა) გოგირდ (IV)-ის ოქსიდის დაჟანგვის, ბ) ამიაკის სინთეზის, გ) აზოტის ოქსიდებიდან აზოტმჟავას წარმოქმნის, დ) ფოლადის გამოდნობის ოპტიმალური ტემპერატურა?

4. რით განისაზღვრება წნევის შერჩევა: ა) ამიაკის სინთეზის დროს, ბ) აზოტმჟავას მიღების დროს?

5. კატალიზური რეაქციების ჩატარების რომელი კანონზომიერებებია თქვენთვის ცნობილი? განიხილეთ სამი რეაქცია: გოგირდ (IV)-ის ოქსიდის დაჟანგვა, ამიაკის სინთეზი და ამიაკის დაჟანგვა.

მხოლოდ რამდენიმე წარმოების გაცნობით თქვენ ნახეთ რა სხვადასხვანაირია ქიმიურ წარმოებაში ტექნოლოგიური სქემები და აპარატურა. ეს, რასაკვირველია, დაკავშირებულია გადასამუშავებელი ნედლეულის თვისებებთან, ქიმიური ხერხებით გადამამუშავების პირობების უდიდეს მრავალფეროვნებასთან. მრავალრიცხოვანი კითხვისაგან ჩვენ აქ მხოლოდ სამი საკითხის დასმით შემოვიფარგლებით:

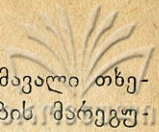
? 1. შედარეთ ერთმანეთს შესწავლილი პერიოდული და უწყვეტი პროცესები, აღნიშნეთ მათი უპირატესობანი და ნაკლოვანებანი.

▲ 2. რატომ მიაჩნიათ მიზანშეწონილად დიდი სიმძლავრის აპარატების გამოყენება მეტალურგიაში?

3. რას გვაძლევს წინააღმდეგობის გამოყენება?

შრომის ნაყოფიერების ასამაღლებლად და პროდუქტის თვითღირებულების შესამცირებლად ქიმიური წარმოებები მექანიზებული ხდება.

თანამედროვე ქიმიური საწარმოები ალჭურვილია საზომი ხელსაწყოებით, რომელთა მაჩვენებლებით მსჯელობენ ტემპერატურისა და წნევის შესახებ, აპარატებზე ნივთიერებების მასისა და მოცულობის და სითხეების დონის შესახებ, აპარატებში მასალების მოძრაობის სიჩქარის შესახებ, საწყისი ნივთიერებების შედგენილობის, რეაქციის მსვლელობის, მიღებული პროდუქტების თვისებებისა და სხვ. შესახებ. ხელსაწყოთა მონაცემების მოხერხებულად დაკვირვებისათვის ისინი გადაეცემა საერთო ფარზე. ფარზე დგამენ ხელსაწყოებს, რომლებიც განუწყვეტლივ იწერენ გაზომვათა მაჩვენებლებს და გვაძლევენ სისტემატურ მონაცემებს ყველა ცვლილების შესახებ პროცესების მსვლელობაში. ფარზე გამოჰყავთ აგრეთვე ყრველგვარი მექანიზმი, რომელთა დახმარებითაც მართავენ პროცესის მსვლელობას, მაგალი-



თად, ვენტოლები, რომლებიც ემსახურება აპარატებში შემავალი თხევადი და აირივანი ნივთიერებების ცვლილებას, გახურების მარეგულირებელი ხელსაწყოები და ა. შ. კონტროლისა და მართვის სისტემა რალიზაციის საშუალებით აღვილდება პროცესების მიმდინარეობაზე დაკვირვება და აპარატების მუშაობის მოცემული რეჟიმის შენარჩუნება.

დიდია გამომთვლელი ელექტრონული მანქანების როლი ქიმიურ რეაქციების ჩატარების ოპტიმალური პირობების შენარჩუნებაში. მათი დახმარებით შესაძლებელი გახდა ქიმიური წარმოების მართვის სრული ავტომატიზება. გამომთვლელი ელექტრონული მანქანები მყისვე რეაგირებენ ხელსაწყოების მაჩვენებლებზე და უზრუნველყოფენ ტემპერატურის, წნევის, კონცენტრაციისა და ა. შ. შენარჩუნებას მოცემულ ფარგლებში. ასეთი ავტომატიზებული სისტემების მუშაობაზე კონტროლი მოითხოვს ქიმიურ საწარმოთა მუშაკებისაგან ქიმიის, ფიზიკის, მათემატიკის ღრმა ცოდნას.

მართვის ავტომატიზაციით იზრდება შრომის ნაყოფიერება, ხოლო წარმოების რეჟიმი იძენს განსაკუთრებულ მდგრადობას, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს პროდუქტის გამოსავლისა და მისი ხარისხის ამაღლებისათვის. ამჟამად სსრ კავშირში მრავალი ქიმიური ქარხანა მთლიანად ავტომატიზებულია.

- ?**
1. რა ნიშნების საფუძველზე შეარჩევენ ნედლეულს მოცემულ რაიონში მოცემული წარმოებისათვის?
 2. რა მნიშვნელობა აქვს ტექნოლოგიისათვის: ა) ქიმიურ განტოლებებს, ბ) თერმოქიმიურ განტოლებებს?
 3. ქიმიური რეაქციების მსვლელობის როგორ პირობებს ეწოდება წარმოებაში ოპტიმალური?
 4. რით განისაზღვრება ოპტიმალური ტემპერატურის შერჩევა: ა) ალმადანის გამოწვევისათვის, ბ) გოგირდ (IV)-ის ოქსიდის დაჟანგვისათვის, გ) გოგირდ (VI)-ის ოქსიდის შთანთქმისათვის?
 5. რომელ კატალიზატორს შეიძლება ეწოდოს ოპტიმალური?
 6. რით განსხვავდება უწყვეტი პროცესი და უწყვეტი მოქმედების აპარატი პერიოდული პროცესისა და პერიოდულად მოქმედი აპარატისაგან? მოიყვანეთ ორივე ტიპის პროცესისა და აპარატის მაგალითები, დაუმატეთ ცნობები ლაბორატორიული ცდების მიხედვითაც.
 7. მოიყვანეთ წარმოებაში წინაღედნის გამოყენების მაგალითები და ახსენით მისი მნიშვნელობა.
 8. შთანთქმედი კოშკებს რატომ ავსებენ საცმით, რა არის იგი?
 9. როგორ იყენებენ ქიმიური რეაქციების სითბოს? მოიყვანეთ მაგალითები.
 10. მოკლედ დაახასიათეთ ქიმიური წარმოების მართვაში მზმ-ის როლი.

1. მიმოცვლის რეაქციები ელექტროლიტების ხსნარებს შორის

ცდა 1. 2—3 მლ რკინა (III)-ის ქლორიდის ხსნარს დაასხით ასეთივე მოცულობის ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციების სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

ცდა 2. 1—2 მლ ნატრიუმის სულფიტის ხსნარს დაასხით ასეთივე მოცულობის გოგირდმჟავას ხსნარი და ოდნავ შეათბეთ. გამოყოფილ აირს ფრთხილად უყნოსეთ (რომელი აირია ეს?) და სინჯარის თავზე დაიკავეთ სველი, ლურჯი ლაკმუსის ქაღალდი. როგორ შეიცვალა ქაღალდის ფერი? რატომ? დაწერეთ რეაქციების სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

ცდა 3. სინჯარაში 2—3 მლ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარს დაუმატეთ 2—3 წვეთი ფენოლფთალეინის ხსნარი. როგორი შეფერილობა გაჩნდა და რატომ? შემდეგ მცირე ულუფებით დაუმატეთ გოგირდმჟავას ხსნარი და ურიეთ გაუფერულვამდე. რატომ გაუფერულდა ხსნარი? დაწერეთ რეაქციების სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

ცდა 4. ისარგებლეთ მაგიდაზე დალაგებული რეაქტივებით და მიიღეთ: ა) სპილენძი (II)-ის ჰიდროქსიდი, ბ) ბარიუმის სულფატი. დაწერეთ ჩატარებული რეაქციების სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

2. მარილების ხსნარების შემოწმება ინდიკატორით

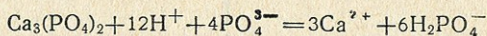
ერთ სინჯარაში ჩაასხით ალუმინის ქლორიდის, მეორეში — ნატრიუმის კარბონატის, მესამეში — ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარები (თითო მლ რაოდენობით). გამოხდით წყლიან ჭიქაში გარეცხეთ მინის წკირი და მისი დახმარებით თითოეული ხსნარის წვეთი გადაიტანეთ ლურჯ და წითელ ლეკმუსის ქაღალდებზე. აღნიშნეთ, როგორ შეფერადდება ლეკმუსის ქაღალდი მასზე თითოეული მითითებული ხსნარის მოქმედებით. რატომ? დაწერეთ რეაქციის სრული და შემოკლებული განტოლებები.

3. ამონიუმის მარილების ურთიერთქმედება ტუტეებთან

სინჯარაში ჩაასხით 2—3 მლ ამონიუმის სულფატის ხსნარი და დაუმატეთ იმდენივე ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი, სინჯარაში გააცხელეთ სითხე აღულებამდე და გამოყოფილ აირს ფრთხილად უყნოსეთ. სინჯარის პირთან მიიტანეთ წყლიან დასველებული წითელი ლეკმუსის ქაღალდი. როგორ შეიცვალა ლეკმუსის ქაღალდის შეფერილობა? რატომ? დაწერეთ რეაქციის განტოლება.

4. ორთოფოსფორმეცას, ფოსფატებისა და ჰიდროფოსფატების თვისებების გაცნობა

ცდა 1. ჭიქაში ჩაასხით 10—15 მლ კირიანი წყალი, განუწყვეტლივ ურჩეთ და წვეთობით დაუმატეთ ორთოფოსფორმეცას (1 : 20) ხსნარი. წყალში უხსნადი კალციუმის ფოსფატის წარმოქმნის შედეგად ჩნდება სიმღვრივე. სიმღვრივე ქრება წყალში ხსნადი კალციუმის დიჰიდროფოსფატის წარმოქმნის შედეგად:



ცდა 2. ერთ სინჯარაში ჩაყარეთ $1/4$ ჩაის კოვზი კალციუმის ფოსფატი, მეორეში — კალციუმის ჰიდროფოსფატი და მესამეში — კალციუმის დიჰიდროფოსფატი. ყველა სინჯარაში ჩაასხით 5—5 მლ წყალი და მოურიეთ. რას ამჩნევთ? ახსენით ეს მოვლენები.

5. აზოტიანი და ფოსფორიანი სასუქების გაცნობა.

თვისებითი რეაქციები ამონიუმის იონსა და ნიტრატ-იონზე

ცდა 1. დაათვალიერეთ თქვენთვის მოცემული მინერალური სასუქების ნიმუშები. ყურადღება მიაქციეთ მათ სხვადასხვა ფერს, სასუქების უმრავლესობის კრისტალურ აღნაგობას.

სინჯარებში ჩაყარეთ თითოეული სასუქი $1/4$ ჩაის კოვზი, თითოეულ სინჯარაში ჩაასხით 5—5 მლ გამოსხილი წყალი და მოურიეთ. ერთნაირია თუ არა თქვენთვის მოცემული სასუქების ხსნადობა? დაკვირვებათა შედეგები ჩაწერეთ ცხრილში.

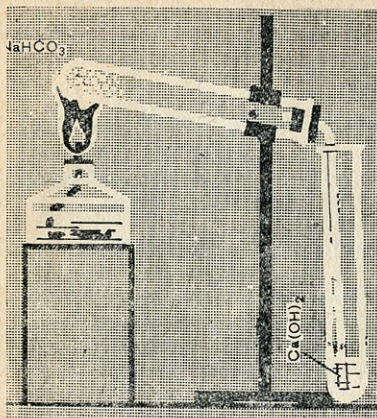
სასუქის სახელწოდება	ქიმიური ფორმულა	გარეგნული სახე	წყალში ხსნადობა ჩვეუ- ლებრივ ტემპერატურაზე

ცდა 2. ჩაატარეთ რეაქცია, რომელიც ამტკიცებს ამონიუმის გვარჯილის თვისე-
ბით შედგენილობას. სინჯარაში ჩაყარეთ $1/4$ ჩაის კოვზი ამონიუმის გვარჯილა და
ამდენივე სპილენძის ნაქლიბი. (ფრთხილად) დაასხით რამდენიმე წვეთი კონცენტ-
რირებული გოგირდმეცავა. რას ამჩნევთ? ამონიუმის გვარჯილაში რომელი იონების
არსებობას ადასტურებს ჩატარებული რეაქცია? დაწერეთ რეაქციის განტოლებება.

მეორე სინჯარაში ჩაასხით თქვენ მიერ მომზადებული ამონიუმის გვარჯილის
2—3 მლ ხსნარი და ჩაატარეთ მე-3 სამუშაოში აღწერილი ცდა (გვ. 203).

6. კარბონატებისა და ჰიდროკარბონატების თვისებების გაცნობა. თვისებითი რეაქცია კარბონატ-იონზე

ცდა 1. სამ სინჯარაში ჩაყარეთ ცოტ-ცოტა (მხოლოდ სინჯარის ფსკერი რომ
დაფაროს) ნატრიუმის კარბონატი, მაგნიუმის კარბონატი და ნატრიუმის ჰიდროკარ-
ბონატი. ყველა სინჯარაში ჩაასხით თითო მლ განზავებული მარილმეცავა. რას ამ-
ჩნევთ? თითოეულ სინჯარაში შეიტანეთ ანთებული კვარი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ
კარბონატებსა და მარილმეცავას შორის რეაქციების (სრული და შეკვეცილი) იონუ-
რი განტოლებები.



სურ. 57. ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის დასაშლელი ხელსაწყო.

რეთ. რა ნივთიერებები წარმოიქმნა ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის გავარგარებისას? რომელი რეაქცია ხდებოდა კირიან წყალში ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის გატარებისას? დაწერეთ რეაქციების განტოლებები.

ცდა 3. სინჯარაში ჩაასხით 1 მლ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი და დაუმატეთ იმდენივე ბარიუმის ქლორიდის ხსნარი. რა შეიმჩნევა? დაწერეთ რეაქციების (სრული და შეკვეცილი) იონური განტოლებები. წარმოქმნილ ნალექს დაამატეთ დაახლოებით 1 მლ განზავებული მარილმჟავას ხსნარი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციების (სრული და შეკვეცილი) იონური განტოლებები.

ცდა 4. სინჯარაში ჩაასხით 1 მლ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი და დაუმატეთ ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის რამდენიმე წვეთი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციების (სრული და შეკვეცილი) იონური განტოლებები. წარმოქმნილ ნალექს დაასხით 0,5 მლ განზავებული აზოტმჟავა. რას ამჩნევთ? რომელი აირი გამოიყოფა? დაწერეთ რეაქციების (სრული და შეკვეცილი) იონური განტოლებები.

ცდა 5. თქვენ მოგცეს სამი სინჯარა: ქლორიდის, კარბონატისა და სულფატის ხსნარებით. ცდით განსაზღვრეთ, რომელ სინჯარაშია კარბონატი. დაწერეთ თქვენ მიერ ჩატარებული რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლება.

რა ნივთიერება შეიძლება გამოვიყენოთ რეაქტივად კარბონატ-იონზე?

7. კარბონატებისა და სილიკატების ხსნარების შემოწმება ინდიკატორით

ცდა 1. ერთ სინჯარაში ჩაასხით 1 მლ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი, მეორეში — იმდენივე ნატრიუმის სილიკატი.

მინის წკირი გარეცხეთ გამოხდილწყლიან ჭიქაში და მისი დახმარებით თითოეული ხსნარის წვეთი გადაიტანეთ წითელი ლაკმუსის ქაღალდებზე. აღნიშნეთ, როგორ შეფერადდება ლაკმუსის ქაღალდი თითოეული მითითებული ხსნარის მოქმედებით. რა შეიძლება ითქვას თქვენ მიერ ჩატარებული გამოკვლევის საფუძველზე

ნახშირისა და სილიციუმის მყავების ძალის შესახებ? დაწერეთ ცდაში მოთხოვნილი მარილების ჰიდროლიზის რეაქციების განტოლებები.

8. ლითონების ურთიერთქმედება მარილების ხსნარებთან

ცდა 1. ერთ სინჯარაში ჩაასხით დაახლოებით 2 მლ თუთიის ქლორიდის ხსნარი, ხოლო მეორეში — იმდენივე სპილენძი (II)-ის ქლორიდის ხსნარი. პირველში ჩაუშვით სპილენძის ნაჭერი, ხოლო მეორეში — თუთიის ნაჭერი. რას ამჩნევთ? რომელ სინჯარაში შეინიშნება ცვლილებები, რომლებიც ადასტურებს მიმდინარე რეაქციებს?

ცდა 2. ერთ სინჯარაში ჩაასხით სპილენძის სულფატის ხსნარი, ხოლო მეორეში იმდენივე რკინა (II)-ის სულფატის ხსნარი. პირველ სინჯარაში ჩაუშვით რკინის ნაჭლები, ხოლო მეორეში — სპილენძის ნაჭერი. ჩაატარეთ იგივე დაკვირვებანი, რაც 1-ლი ცდის შესრულებისას.

ამოწერეთ, რომელ მარილებთან შედიოდა რეაქციაში თუთია, რკინა. შეიძლება თუ არა მოხდეს ურთიერთქმედება რკინა (II)-ის სულფატსა და თუთიას შორის?

9. შენადნობების ნიმუშების გაცნობა

დაათვალიერეთ თქვენთვის მოცემული შენადნობების ნიმუშები. ყურადღება მიაქციეთ ბზინვას, შენადნობების ზედაპირის ფერს, შენადნობების ღილ სიმტკიცესა და სიმაგრეს, ვიდრე შენადნობების წარმოქმნელ ლითონებს.

10. ალის შეფერადება ნატრიუმისა და კალიუმის მარილებით. ნატრიუმისა და კალიუმის უმნიშვნელოვანესი მარილების ნიმუშების გაცნობა

ცდა 1. სინჯარაში ჩაასხით დაახლოებით 10 მლ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარი, ხოლო სხვა სინჯარაში — იმდენივე კალიუმის ქლორიდის ხსნარი.

რკინის მავთული ძლიერ გაავარგარეთ სანთურის ალში. იგი დაასველეთ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარიან სინჯარაში ჩაშვებით და შეიტანეთ სანთურის ალში. როგორ შეფერადდა ალი? მავთული მარილმჟავაში გარეცხეთ და კვლავ კარგად გაავარგარეთ. ახლა მავთული დაასველეთ კალიუმის ქლორიდის ხსნარით და შეიტანეთ სანთურის ალში. როგორ შეფერადდება ალი?

ცდა 2. დაათვალიერეთ თქვენთვის მოცემული ნატრიუმისა და კალიუმის სუფთა მარილების ნიმუშები და ავრეთვე ამ მარილების შემცველი მინერალების ნიმუშები. შეადარეთ მათი ფერი, კრისტალური აღნაგობა, გამოიტანეთ დასკვნები.

11. კალციუმის ბუნებრივი ნერთების ნიმუშების გაცნობა.

კალციუმის კარბონატის გარდაქმნა კალციუმის ჰიდროკარბონატად და ჰიდროკარბონატისა — კარბონატად

ცდა 1. დაათვალიერეთ თქვენთვის მოცემული კალციუმის ბუნებრივი ნერთების ნიმუშები. ყურადღება მიაქციეთ ამ ნერთების ფერს, მათ კრისტალურ თუ ამორფულ მდგომარეობას, ნივთიერებათა გამჭვირვალობას ან არაგამჭვირვალობას, სიმაგრეს.

ცდა 2. მოამზადეთ ხელსაწყო ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის მისაღებად. სინჯარაში ჩაასხით დაახლოებით 10 მლ კირიანი წყალი და მასში ამღვრეამდე გაატარეთ ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი: რა ნივთიერება წარმოიქმნება ხსნარში? განავრცეთ

ხსნარში ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის გატარება, სანამ ხსნარი გამჟღავნა ან გახდება. როგორი რეაქციები მიმდინარეობდა კირიან წყალში ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის ხანგრძლივი გატარების დროს? დაწერეთ ამ რეაქციათა განტოლებები.

ცდა 3. ჩაატარეთ რეაქციები წყლის სიხისტის მოსაცილებლად. ამისთვის მიღებული კალციუმის ჰიდროკარბონატის ხსნარი სამ სინჯარაში გადასხით. ერთ სინჯარაში დაუმატეთ კირიანი წყალი, მეორეში — ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი, ხოლო მესამე ადუღებამდე გააცხელეთ. რას ამჩნევთ სამივე სინჯარაში? ახსენით ეს მოვლენები. დაწერეთ რეაქციების შეკვეცილი იონური განტოლებები.

12. ალუმინისა და მისი შენადნობების ნიმუშების გაცნობა

დაათვალიერეთ თქვენთვის მოცემული ალუმინისა და მისი შენადნობების ნიმუშები. ყურადღება მიაქციეთ ლითონის ზედაპირს, მის პლასტიკურობას.

13. ალუმინის ჰიდროქსიდის მიღება და მისი თვისებების შესწავლა

ცდა 1. ორ სინჯარაში ჩაასხით 2—3 მლ ალუმინის მარილის ხსნარი და ორივე სინჯარას დაუმატეთ იმდენივე ამიაკის წყალხსნარი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციათა შეკვეცილი იონური განტოლებები.

ცდა 2. ალუმინის ჰიდროქსიდის ნალექიან ერთ სინჯარაში მცირე ულუფებით დაუმატეთ მარილმჟავას ხსნარი, სინჯარის შიგთავსი ანჯღრეთ. რას ამჩნევთ? ახსენით ეს მოვლენა. დაწერეთ რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლება.

ცდა 3. ალუმინის ჰიდროქსიდის ნალექიან მეორე სინჯარაში მცირე ულუფებით დაუმატეთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი, სინჯარის შიგთავსი ანჯღრეთ. რას ამჩნევთ? ახსენით ეს მოვლენა. დაწერეთ რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლება.

14. თუჯისა და ფოლადის ნიმუშების გაცნობა

დაათვალიერეთ თქვენთვის მოცემული თუჯისა და ფოლადის ნიმუშები, ყურადღება მიაქციეთ ამ შენადნობების ზედაპირის ფერს, ზნინვას, მაგნიტით მიზიდვის თვისებას.

15. რკინის ჰიდროქსიდების ურთიერთქმედება მჟავებთან

ცდა 1. მაგიდაზე დალაგებული რეაქტივების გამოყენებით მიიღეთ რკინა (II)-ის ჰიდროქსიდი და რკინა (III)-ის ჰიდროქსიდი. დაწერეთ რეაქციათა შეკვეცილი იონური განტოლებები.

ცდა 2. შეამოწმეთ მიღებულ რკინის ჰიდროქსიდებზე მჟავების მოქმედება. დაწერეთ რეაქციების შეკვეცილი იონური განტოლებები.

16. თვისებითი რეაქციები რკინის ორ- და სამმუხტიან იონებზე

ცდა 1. რკინა (III)-ის ქლორიდის ხსნარს დაუმატეთ კალციუმის როდანიდის KCNS (როდანწყალბადმჟავას HCNS მარილის) ხსნარი.

როგორ შეიცვალა ხსნარის შეფერილობა? დაწერეთ ამ რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლება, გაითვალისწინეთ, რომ რეაქციის ერთ-ერთი პროდუქტი რკინა (III)-ის როდანიდი $\text{Fe}(\text{CNS})_3$ იონებად მცირედ დისოცირდება.

ცდა 2. რკინა (II)-ის ქლორიდის ხსნარს დაუმატეთ სისხლის წითელი მარილის $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ხსნარი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ ამ რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლება, გაითვალისწინეთ, რომ ამ რეაქციის ერთ-ერთი პროდუქტი — ტურნბულის სილურჯე $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ ლურჯი ფერისაა და ნალექად გამოიყოფა.

სამუშაო 1. ექსპერიმენტული ამოცანების ამოხსნა თემაზე „ელექტროლი-
ტური დისოციაციის თეორია.“

ამოცანა 1. ჩაატარეთ რეაქციები ხსნარებს შორის:

1) Na_2CO_3 და HNO_3 , CuCl_2 და KOH ; NaOH და H_2SO_4 ;

2) Na_2SO_3 და HCl ; MgCl_2 და NaOH ; KOH და HNO_3 ;

3) K_2CO_3 და H_2SO_4 , CuSO_4 და KOH ; NaOH და HCl ;

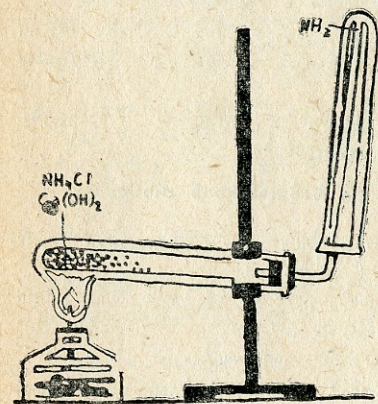
დაწერეთ რეაქციების იონური განტოლებები და ახსენით.

ამოცანა 2. სინჯარებში ჩაასხით თითო მლ: 1) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Na_2CO_3 , KCl ;
2) ZnSO_4 , Na_2S , NaNO_3 ; 3) AlCl_3 , K_2CO_3 , Na_2SO_4 -ის ხსნარები. თითოეული
ხსნარი ლაკმუსის ქაღალდით გამოიკვლიეთ. განმარტეთ მიღებული შედეგები და
დაწერეთ რეაქციების იონური განტოლებები.

ამოცანა 3. ჩაატარეთ რეაქციები: ა) მარილმჟავასა და თუთიას, ბ) კალიუმის
იოდიდის ხსნარსა და ქლორიან წყალს, გ) ნატრიუმის სულფიდის ხსნარსა და ბრტ-
მიან წყალს შორის. დაწერეთ რეაქციების (სრული და შეკვეცილი) იონური გან-
ტოლებები და უჩვენეთ, რა იჟანგება და რა აღდგება თითოეულ რეაქციაში.

ამოცანა 4. მოცემული რეაქტივების გამოყენებით მიიღეთ: ა) ბარიუმის სულ-
ფატი; ბ) რკინა (III)-ის ჰიდროქსიდი; გ) მაგნიუმის კარბონატი. დაწერეთ რეაქ-
ციათა (სრული და შეკვეცილი) იონური გან-
ტოლებები და ახსენით.

სამუშაო 2. ამიაკის მიღება და ცდე-
ბი მასზე. ამიაკის წყალხსნარის თვისე-
ბების გაცნობა



სურ. 58. ამიაკის მისაღები ხელსაწყო

ცდა 1. ააწყვეთ 58-ე სურათზე ნაჩვენე-
ნები ხელსაწყო. ქაღალდის ფურცელზე ან
ფაიფურის პატარა ჭიქაში (ანდა როდინში)
ჩაყარეთ ამონიუმის ქლორიდი და კალ-
ციუმის ჰიდროქსიდი ტოლი მოცულობე-
ბით — თითო კოვზი (ნავთიერების გამო-
საწვავი კოვზი), აუროთ მინის წკირით და
გადაიტანეთ მშრალ სინჯარაში, თავი
დაუტეთ აირგამყვანმილიანი საცობით და
შტატივის თათში დაამაგრეთ ისე, რომ
სინჯარის ძირი ცოტათი უფრო მაღლა იყოს,
ვიდრე პირი. ხელსაწყოს აირგამყვან მილზე
ჩამოაცვით მშრალი სინჯარა ამიაკის შესაგ-
როვებლად.

სინჯარა ამონიუმის ქლორიდისა და კალციუმის ჰიდროქსიდის ნარევით ჯერ მთლიანად შეათბეთ (ალის 2—3 მოძრაობით), ხოლო შემდეგ გაახურეთ იმ ადგილას, სადაც ნარევია მოთავსებული. ამიაკის აღმოსაჩენად გადმოპირქვევებულ სინჯარის პირთან მიიტანეთ დასველებული ფენოლფთალეინის ქაღალდი. რა შედეგს იწვევს ამიაკს, სინჯარის პირთან მიიტანეთ კონცენტრირებულ მარილმჟავაში დასველებული მინის წკირი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციის განტოლება.

ახლა შეწყვიტეთ ნარევის გახურება. სინჯარა, რომელშიც შეგროვილია ამიაკი, ნელა მოხსენით აირგამყვანი მილიდან გადმოპირქვევებულად და მილის ბოლო მაშინვე დახურეთ სველი ბამბის კოშკით. სწრაფად დააფარეთ ცერი თითი მოხსნა-ლი სინჯარის პირს და ჩაუშვით წყლიან ჭურჭელში, თითი მოაცილეთ წყლის ქვეშ. რას ამჩნევთ? რატომ აიწია წყალმა სინჯარაში? წყლის ქვეშ კვლავ დაუცეთ თითი სინჯარის პირს და ჭურჭლიდან ამოიღეთ.

უპასუხეთ კითხვებზე: 1. სინჯარა ნივთიერებათა ნარევით რატომ უნდა დავამაგროთ შტატივის თათში მოცემულ შემთხვევაში აწეული ძირით? თქვენს პასუხს გააადვილებს ამონიუმის ქლორიდისა და კალციუმის ჰიდროქსიდის შორის რეაქციის განტოლების დაწერა.

2. რატომ აგროვებენ ამიაკს გადმოპირქვევებულ სინჯარაში? რომელი აირები შეიძლება კიდევ ასე შევავსოთ?

3. რა შეიძლება შევამჩნიოთ, თუ მარილმჟავას ნაცვლად ამიაკიანი სინჯარის პირთან მივიტანთ კონცენტრირებულ აზოტმჟავაში დასველებულ მინის წკირს? დაწერეთ რეაქციის განტოლება.

4. როგორ დავამტკიცოთ, რომ ამიაკის წყალხსნარი შეიცავს ჰიდროქსიდ-იონებს?

ცდა 2. სინჯარაში ჩაასხით 4—5 მლ ამიაკის წყალხსნარი და მას დაუმატეთ 2—3 წვეთი ფენოლფთალეინი. როგორია ხსნარის ფერი? ეს ხსნარი გააცხელეთ ადუღებაამდე. როგორ შეიცვალა ხსნარის ფერი? რატომ?

ცდა 3. სინჯარაში ჩაასხით 4—5 მლ ამიაკის წყალხსნარი. მას დაუმატეთ 2—3 წვეთი ფენოლფთალეინის ხსნარი და წვეთობით დაუმატეთ გოგირდმჟავას ხსნარი ჟოლოსფერის გაქრობამდე. რატომ გაქრა შეფერილობა? დაწერეთ რეაქციის იონური (სრული და შეკვეცილი) განტოლებები.

ცდა 4. სინჯარაში ჩაასხით 2—3 მლ ალუმინის ქლორიდის ხსნარი და მას დაუმატეთ იმდენივე ამიაკის წყალხსნარი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციის იონური (სრული და შეკვეცილი) განტოლებები.

ს ა მ უ შ ა ო 3. მინერალური სასუქების გამოკვლევა

1. დაამზადეთ სასუქების გამოსარკვევი ცხრილი, რომელიც მოცემულია 213-ე გვერდზე (დახაზეთ გრაფები, ჩაწერეთ მათში სასუქების სახელწოდებები).

2. მასწავლებლისაგან მიიღეთ სასუქების ნაკრები დანამბრილი პაკეტებით.

3. თითოეულ სასუქზე ჩაატარეთ ცდები, რომელიც გათვალისწინებულია მე-13 ცხრილში და მიღებული შედეგები ჩაიწერეთ.

4. ჩაწერილი შედეგები შეადარეთ სასუქების გამოსარკვევი ცხრილის მონაცემებს და დაასახელეთ სასუქები.

ს ა მ უ შ ა ო 4. ამოცანების ექსპერიმენტული ამოხსნა თემაზე „აზოტის ქვეჯგუფი“

ამოცანა 1. ჩაატარეთ რეაქციები, რომლებიც დამახასიათებელია: ა) ამიაკისათვის, 2) აზოტმჟავასათვის, 3) ამონიუმის ნიტრატისათვის.

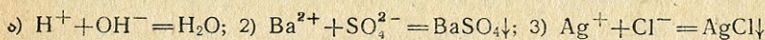
ამოცანა 2. ექსპერიმენტული გზით დამტკიცეთ, რომ ამონიუმის სულფატისა და ამონიუმის ნიტრატის შერევა კირთან არ შეიძლება ამ სასუქების ნიადაგში შეტანის წინ და ახსენით მიზეზი. დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები.

ამოცანა 3. ცდით დამტკიცეთ, რომ: ა) ამონიუმის ქლორიდის შედგენილობაში შედის ამონიუმის იონები NH_4^+ და ქლორის იონები Cl^- , ბ) ამონიუმის სულფატის შედგენილობაში შედის ამონიუმის იონები NH_4^+ და სულფატ-იონები SO_4^{2-} .

ამოცანა 4. მოცემული გაქვთ შემდეგი სასუქები: კალიუმის ქლორიდი, ამონიუმის გვარჯილა და სუპერფოსფატი. დამახასიათებელი რეაქციების საფუძველზე გაიგეთ, რომელ სინჯარაშია თითოეული მოცემული ნივთიერება.

ამოცანა 5. ამონიუმის ქლორიდის, ამონიუმის სულფატისა და ამონიუმის ნიტრატის ნარევიდან მიიღეთ ამიაკი.

ამოცანა 6. ჩაატარეთ რეაქციები, რომლებიც შემდეგი შეკვეცილი იონური განტოლებებით გამოისახება:



ამოცანა 7. მიიღეთ სპილენძ(II)-ის ნიტრატი სამი ხერხით.

ს ა მ უ შ ა ო 5. ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის მიღება და მისი თვისებების შესწავლა. კარბონატების გამოცნობა.

ცდა 1. სინჯარაში ან პატარა კოლბაში მარმარილოს ან ცარცის რამდენიმე ნატეხი მოათავსეთ, დაასხით მას განზავებული მარილმჟავა იმდენი, რომ ნატეხები დაიფაროს. სინჯარას ან კოლბას გაუყვითეთ საცობი აირგამყვანი მილით. გამოყოფილი აირი გაატარეთ სინჯარებში: ა) ლაკმუსით წითლად შეღებულ წყალში, ბ) კირიან წყალში, გ) კალციუმის ქლორიდის ხსნარში. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციათა განტოლებები.

ცდა 2. სინჯარაში ჩაასხით ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი 1 მლ მოცულობით და დაასხით მას იმავე მოცულობით ბარიუმის ქლორიდის ხსნარი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციათა იონური განტოლებები. (სრული და შეკვეცილი).

ცდა 3. სინჯარაში ჩაასხით ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი 1 მლ მოცულობით და დაუმატეთ მას ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის რამდენიმე წვეთი. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციათა იონური განტოლებები (სრული და შეკვეცილი).

წარმოქმნილ ნალექებს მიუმატეთ 0,5 მლ მოცულობის განზავებული აზოტმჟავა, რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციათა იონური განტოლებები (სრული და შეკვეცილი).

ს ა მ უ შ ა ო 6. ამოცანების ექსპერიმენტული ამოხსნა თემაზე „ტუტე ლითონები და კალციუმი“.

1. მოცემული გაქვთ სამი სინჯარა: ერთში ნატრიუმის კარბონატის ხსნარია, მეორეში — კალციუმის ქლორიდისა, მესამეში — კალციუმის ჰიდროქსიდისა. ცდით განსაზღვრეთ, რომელ სინჯარაში რომელი ხსნარია.

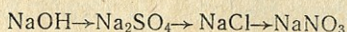
2. მოცემული გაქვთ სამი სინჯარა; ერთში ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალებია, მეორეში — კალიუმის ქლორიდისა, მესამეში — კალციუმის ქლორიდისა. ცდით განსაზღვრეთ, რომელ სინჯარაში რომელი მარილია.

3. ჩაატარეთ რეაქციები, რომლებიც საშუალებას იძლევა განხორციელდეს შემდეგი გარდაქმნები:



დაწერეთ რეაქციათა სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

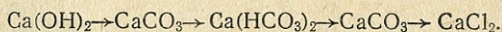
4. ჩაატარეთ რეაქციები, რომლებიც საშუალებას იძლევა განხორციელდეს შემდეგი გარდაქმნები:



დაწერეთ რეაქციათა სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

5. მოცემული გაქვთ კალიუმის კარბონატის, კალციუმის ჰიდროქსიდის, გოგირდმჟავას ხსნარები. მიიღეთ კალციუმის კარბონატის, კალციუმის სულფატის ნალექები. დაწერეთ რეაქციათა სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

6. მოცემული გაქვთ კირწყლიანი სინჯარა. ამ სინჯარაში ჩაატარეთ რეაქციები, რომლებიც საშუალებას იძლევა განხორციელდეს შემდეგი გარდაქმნები:



დაწერეთ რეაქციათა სრული და შეკვეცილი იონური განტოლებები.

ს ა მ უ შ ა ო 7. ალუმინი და მისი ნაერთები

ცდა 1. ორ სინჯარაში მოათავსეთ ალუმინის მავთულის ნაჭრები ან ბურბუშულა და ერთ მათგანს დაასხით მარილმჟავას ხსნარი, ხოლო მეორეს — გოგირდმჟავას ხსნარი 3—4 მლ მოცულობით. თუ რომელიმე სინჯარაში რეაქცია არ მოხდა, სინჯარის შიგთავსი ფრთხილად შეათბეთ სანთურის ალზე. რას ამჩნევთ? რომელი იონი გამოიყოფა? დაწერეთ რეაქციათა შეკვეცილი იონური განტოლებები და მიუთითეთ, რა იქანგება და რა აღდგება.

ცდა 2. სინჯარაში, რომელშიც მოათავსებულია ალუმინის 2—3 ნაჭერი, დაასხით ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ან კალიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი. თუ რეაქცია არ მოხდა, მაშინ სინჯარა ოდნავ შეათბეთ, რომელი იონი გამოიყოფა? დაწერეთ რეაქციის განტოლება.

ცდა 3. ლაკმუსით გამოიკვლიეთ ალუმინის სულფატის (ან ალუმინის ქლორიდის) ხსნარი, გამოკვლევის საფუძველზე გამოითქანეთ დასკვნა, ალუმინის ჰიდროქსიდის, როგორც ფუძის, ძალის შესახებ, დაწერეთ ალუმინის მარილის ჰიდროლიზის განტოლება.

ს ა მ უ შ ა ო 8. რკინა და მისი ნაერთები

ცდა 1. შეამოწმეთ რკინა (III)-ის ოქსიდზე მარილმჟავას, გოგირდმჟავასა და აზოტმჟავას ხსნარების მოქმედება. რას ამჩნევთ? დაწერეთ რეაქციათა შეკვეცილი იონური განტოლებები.

ცდა 2. მიიღეთ რკინა (II)-ის ჰიდროქსიდის მცირე ნალექი. მიაქციეთ ყურადღება ნალექის ფერს. დააკვირდით რკინა (II)-ის ჰიდროქსიდის ფერის ცვლილებას ჰაერთან მისი შესახების ადგილებში. ახსენით ეს მოვლენა და დაწერეთ რეაქციის განტოლება.

ცდა 3. რკინა (II)-ის ქლორიდის ხსნარი ჩაასხით სინჯარაში დაახლოებით 2 მლ მოცულობით და დაუმატეთ იმდენივე ქლორიანი წყალი. როგორ შეიცვალა ხსნარის ფერი? ახსენით მოვლენა. დაწერეთ რეაქციის შეკვეცილი იონური განტოლება. ამ რეაქციის დროს რა დაიქანა და რა აღდგა?

ცდა 4. ლაკმუსით გამოიკვლიეთ რკინა (II)-ის ქლორიდის ან რკინა (II)-ის სულფატის ხსნარი. გამოითქანეთ დასკვნა რკინა (II)-ის ჰიდროქსიდის, როგორც ფუძის, ძალის შესახებ. დაწერეთ რკინა (II)-ის მარილის ჰიდროლიზის რეაქციის განტოლება.

ს ა მ უ შ ა ო 9. ექსპერიმენტული ამოხსნა ამოცანებისა თემაზე „ლითონები“

ამოცანა 1. სინჯარებში მოცემულია ნატრიუმის, კალიუმისა და მაგნიუმის ქლო-
რიდები. ცდით განსაზღვრეთ, რომელ სინჯარაში რა ნივთიერებაა.

ამოცანა 2. განსაზღვრეთ, რომელ მოცემულ სინჯარაშია რკინა (II)-ის ქლორიდი,
კალციუმის ქლორიდი, ბარიუმის ქლორიდი.

ამოცანა 3. ცდით დაამტკიცეთ, რომელ მოცემულ სინჯარაშია: ალუმინის ქლო-
რიდის, რკინა(III)-ის ქლორიდის, ბარიუმის ქლორიდის, რკინა(II)-ის სულფატის
ხსნარი.

ამოცანა 4. ცდით დაამტკიცეთ, რომ რკინის აჯასპი, რომლის ნიმუში გაქვთ
მოცემული, შეიცავს რკინა(III)-ის სულფატის მინარევს.

ამოცანა 5. ცდით დაამტკიცეთ, რომ მოცემული ნივთიერება არის რკინა(III)-ის
ქლორიდი.

ამოცანა 6. ჩაატარეთ რეაქციები, რომლებიც დამახასიათებელია რკინის იონე-
ბისათვის ეანგვის +2 და + 3 ხარისხით.

ამოცანა 7. მიიღეთ ალუმინის ჰიდროქსიდი და ცდით დაამტკიცეთ, რომ ის
ამფოტერულია.

ამოცანა 8. მოცემული წყალი შეიცავს ნივთიერებებს, რომლებიც მას აძლევს
მუღმისა და დროებით სიხისტეს. ჩაატარეთ ცდები, რომლებიც გვიჩვენებს ასეთი
წყლის დარბილების ხერხებს.

ამოცანა 9. საწყის ნივთიერებად აიღეთ რკინა(III)-ის ქლორიდი და მიიღეთ
რკინა(III)-ის ოქსიდი.

ამოცანა 10. ალუმინისაგან მიიღეთ ნატრიუმის ალუმინატის ხსნარი.

ამოცანა 11. რკინისაგან მიიღეთ რკინა(II)-ის ქლორიდი.

ამოცანა 12. რკინის ლურსმანი ეანგვისაგან გაწმინდეთ ქიმიური ხერხით.

ვარსკვლავებით აღნიშნული

ამოცანების პასუხები

გვ. 15,5 მიმართეთ მჟავებისა და ტუტეების განმარტებებს.

გვ. 15,6 ყველაზე მეტია ნატრიუმის იონები, ყველაზე ნაკლები—წყალბადის იო-
ნები და ჰიდროქსიდ-იონები.

გვ. 15,7 უფრო ძლიერი მჟავას თანაობისას ინდიკატორის იონებად დისოციაცია
ჩერდება.

გვ. 23,5 ნატრიუმის სულფატი და კალიუმის ნიტრატი.

გვ. 51,4 ამონიუმის ჰიდროსულფატი.

გვ. 60,6 მარილი — ამონიუმის ნიტრატი.

გვ. 62,1 278 გ.

გვ. 62,2 2,24 კგ.

გვ. 63,5 ამონიუმის ნიტრატი

გვ. 71,6 დასაწყისში ტუტეა ჭარბად, ამიტომ მიიღება საშუალო ფოსფატი, რომე-
ლიც შემდგომ გადაღის მჟავე ფოსფატში.

გვ. 71,8 1 მოლი დიჰიდროფოსფატისა და 1 მოლი ჰიდროფოსფატის ნარევი.

გვ. 82,1 0,93.

გვ. 97,3 ნახშირბადი და ეანგბადი, ნახშირბად (II)-ის ოქსიდი, ნახშირბად (IV)-ის
ოქსიდი.

გვ. 99,4 აწონეთ, დაამუშავეთ მარილმჟავათი, გარეცხეთ, გამოაშრეთ და კვლავ
აწონეთ.

გვ. 105,5 x ნივთიერება ნატრიუმის ჰიდროქსიდია.

გვ. 105,6 დაწვით, ოქსიდი გახსენით ტუტის ხსნარში და მჟავით დალექეთ.

გვ. 105,7 გახსენით ტუტის ხსნარში, მჟავით დალექეთ, ნალექი გარეცხეთ, გამოაშ-
რეთ და გაავარჯერეთ.

გვ. 150,7 კალციუმის კარბონატი.

გვ. 188,9 4500 გ.

გვ. 196,2 საწყისი ნარევი შეადნეთ ტუტესთან ან სოდასთან.

მინერალური სასუქების გამოსარკვევი ცხრილი

ნომერი	სახელწოდება	გარეგნული სახე	ფაქტობრივი ანალიზი	მოცემული სასუქის ხსნარის ურთიერთქმედება				ალის შეფერვა
				გაფრთხილება- სა და სპი- ლენძთან	ბარიუმი ქლო- რიდსა და ქმარ- მეფას ხსნართან	ტუტე ხსნართან (გაცხელებისას)	ვერცხლის ნიტრა- ტის ხსნართან	
1	ამონიუმის გვარჯილა	თეთრი, კრისტალური, ზო- გჯერ ოდნავ მოყვითალო მასა ან გრანულები	კარგი	გამოიყოფა მურა ფერის აირი	—	იგრძნობა ამია- კის სუნი	—	ალი შეიფერება ყვითლად (მინა- რევეებისაგან)
2	ნატრიუმის გვარჯილა	მსხვილი უფერო კრისტა- ლები	კარგი	გამოიყოფა მურა ფერის აირი	ემჩნევა მცირე- დენი ამღვრევა (მინარევეებისაგან)	ამიაკის სუნი არ იგრძნობა	გამოიყოფა მცირე ნალექი (მინარე- ვეებისაგან)	ალი შეიფერე- ბა ყვითლად
3	ამონიუმის სულფატი	წვრილი ღია ნაცრისფერი კრისტალები	კარგი	მურა ფერის აირი არ გა- მოიყოფა	გამოიყოფა თეთრ ნალექი, რომელიც ქმარმეფაში არ იხსნება	გამოიყოფა ამი- აკი	ემჩნევა მცირე- დენი ამღვრევა	—
4	სუბერ- ფოსფატი	ღია ნაცრისფერი ფხვნი- ლი ან გრანულები	აწილ- ობრივ ხსნება	მურა ფერის აირი არ გა- მოიყოფა	გამოიყოფა თეთ- რი ნალექი, რომე- ლიც ქმარმეფა- ში ნაწილობრივ იხსნება	ამიაკის სუნი არ იგრძნობა	გამოიყოფა ყვი- თელი ნალექი	ალი შეიფერება ყვითლად (მინა- რევეებისაგან)
5	სილვინიტი	ვარდისფერი კრისტალები	კარგი	მურა ფერის აირი არ გა- მოიყოფა	—	ამიაკის სუნი არ იგრძნობა	გამოიყოფა თეთ- რი ნალექი	ალი შეიფერე- ბა ყვითლად, ლურჯ მინაში ალ- ზე დაკვირვებისას შეიმჩნევა იის- ფერი შეფერვა
6	კალიუმის მარილი	უფერო კრისტალები	კარგი	მურა ფერის აირი არ გა- მოიყოფა	—	ამიაკის სუნი არ იგრძნობა	გამოიყოფა თეთ- რი ნალექი	ალი შეიფერე- ბა ყვითლად, ლურჯ მინაში ალზე დაკვირვე- ბისას შეიმჩნე- ვა იისფერი შე- ფერვა



ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია

§ 1. ელექტროლიტები და არა-ელექტროლიტები	3
§ 2. მარილებისა და ფუძეების ელექტროლიტური დისოციაცია	5
§ 3. მჟავების ელექტროლიტური დისოციაცია	8
§ 4. მჟავების, ტუტეებისა და მარილების დისოციაციის განტოლებები	10
§ 5. ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხი, ძლიერი და სუსტი ელექტროლიტები	12
§ 6. ელექტროლიტების სხნართა თვისებები იონთა თვისებებზე	15
§ 7. იონური მიმოცვლის რეაქციები	18
§ 8. ზოგადი დასკვნები თემის „ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის“ მიხედვით	23
§ 9. მჟავების, ფუძეებისა და მარილების ქიმიური თვისებები ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის შუქზე	23
§ 10. მარილების ჰიდროლიზი	32

აზოტის ქვეჯგუფი

§ 11. აზოტის ქვეჯგუფის ქიმიური ელემენტების ზოგადი დახასიათება	36
აზოტი	
§ 12. აზოტის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები	38
§ 13. აზოტის ურთიერთქმედება წყალბადთან	40
§ 14. ამიაკის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები	43
§ 15. ამონიუმის მარილები	49
§ 16. ამიაკის წარმოება	51
§ 17. აზოტის ურთიერთქმედება ჟანგბადთან. აზოტის ოქსიდები	54
§ 18. აზოტმჟავა	57
§ 19. აზოტმჟავას წარმოებაში გამოყენებული ქიმიური რეაქციები	60
§ 20. ნიტრატები	62

§ 21. აზოტის მიმოქცევა ბუნებაში ფოსფორი	63
§ 22. ფოსფორის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები	66
§ 23. ფოსფორის ჟანგბადშემცველი ნაერთები	69
§ 24. ფოსფორის მიმოქცევა ბუნებაში	72

მინერალური სასუქები

§ 25. მინერალური სასუქების თვისებები	73
§ 26. ნიადაგების ქიმიური მელიორაცია	76
§ 27. აზოტიანი სასუქები	77
§ 28. ფოსფორიანი სასუქები	80
§ 29. კალიუმის სასუქები	83
§ 30. მინერალური სასუქების წარმოების განვითარება სსრ კავშირში. მინერალური სასუქების როლი სასურსათო პროდუქტის შესრულებაში	85

ნახშირბადის ქვეჯგუფი

§ 31. ნახშირბადის ქვეჯგუფის ელემენტების ზოგადი დახასიათება	86
--	----

ნახშირბადი

§ 32. ნახშირბადის ატომის ელექტრონული გარსის აღნაგობის თავისებურებანი. ნახშირბადის ალოტროპული სახეცვლილებანი. გრაფიტისა და ალმასის ფიზიკური თვისებები	88
§ 33. აღსორბცია	91
§ 34. ნახშირბადის მიერ წარმოქმნილ მარტივ ნივთიერებათა ქიმიური თვისებები	92
§ 35. ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი	94
§ 36. ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი ანუ ნახშირორჟანგი	96
§ 37. ნახშირმჟავა და მისი მარილები	97
§ 38. ნახშირბადის მიმოქცევა ბუნებაში	99

სილიციუმი

§ 39. სილიციუმის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები	101
§ 40. სილიციუმის ჟანგბადნაერთები	102

§ 41.	კოლოიდური ხსნარები . . .	105
§ 42.	სილიკატური მრეწველობა . . .	109
§ 43.	სხვადასხვა ჯგუფის არალი- თონების წყალბადნაერთების თვისებათა შედარება . . .	112

ლითონების საერთო თვისებები

§ 44.	ლითონების — მარტივი ნივ- თიერებების — აღნაგობა . . .	116
§ 45.	ლითონების ფიზიკური თვი- სებები	118
§ 46.	შენადნობები	121
§ 47.	ლითონების ქიმიური თვი- სებები	123
§ 48.	ლითონების ელექტროქიმიურ ძაბვათა მწკრივი	125
§ 49.	ელექტროლიზი	129
§ 50.	ელექტროლიზის პრაქტიკული გამოყენება	134
§ 51.	ლითონების კოროზია	135

ელემენტთა პერიოდული სისტემის მთავარი ქვეჯგუფის ლითონები

§ 52.	ტუტე ლითონები	140
§ 53.	ტუტე ლითონების ნაერთები ბუნებაში. მათი გამოყენება . . .	143
§ 54.	II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუ- ფის ელემენტებისა და მათ მიერ წარმოქმნილ მარტივ ნივთიერებათა ზოგადი დახა- სიათება	144
§ 55.	მაგნიუმი	145
§ 56.	კალციუმი	146
§ 57.	მაგნიუმისა და კალციუმის ნაერთები	147
§ 58.	მაგნიუმისა და კალციუმის ნაერთები ბუნებაში. მათი გამოყენება	151
§ 59.	წყლის სიხისტე და მისი აცი- ლების ხერხები	152
§ 60.	III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუ- ფის ელემენტების ზოგადი დახასიათება	154
§ 61.	ალუმინი	155

§ 62.	ალუმინის გამოყენება . . .	159
§ 63.	ალუმინის ოქსიდისა და ჰიდ- როქსიდის თვისებები . . .	160

ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის თანმხლები ქვეჯგუფების ლითონები

§ 64.	თანმხლები ქვეჯგუფების ლითონთა ატომების ელექ- ტრონული გარსის აღნაგობის თვისებებურებანი	164
§ 65.	თანმხლები ქვეჯგუფების ლითონთა ოქსიდებისა და ჰიდროქსიდების თვისებების დამოკიდებულება ქიმიური ელემენტების ჟანგვის ხა- რისხეზე	165
§ 66.	მანგანუმი	169
§ 67.	რკინა	172
§ 68.	რკინა(II)-ის ჰიდროქსიდი- სა და რკინა(III)-ის ჰიდ- როქსიდის თვისებები . . .	175
§ 69.	რკინის გამოყენება	177
§ 70.	ცნება მეტალურგიაზე	180
§ 71.	ლითონთა სამრეწველო მი- ლების ხერხები	182
§ 72.	თუჯის წარმოება	184
§ 73.	ფოლადის წარმოება	188
§ 74.	ალუმინის წარმოება	194
§ 75.	მეტალურგიული მრეწვე- ლობის განვითარება სსრ კავშირში	197
ქიმიური წარმოების ზოგადი მეცნიერული პრინციპები		
§ 76.	მეცნიერებისა და წარმო- ების კავშირი	198
§ 77.	ქიმიური ტექნოლოგიის ზო- გიერთი კანონზომიერება . . .	199
ლაბორატორიული ცდები		203
პრაქტიკული სამუშაოები		208
ვარსკვლავებით აღნიშნული ამო- ცანების პასუხები		212

Юрий Владимирович Ходаков
Давид Аркадьевич Эпштейн
Павел Александрович Глоризов



НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

учебник для 10 класса средней школы
(на грузинском языке)

მთარგმნელი დ. იმნაძე
რედაქტორები გ. გელაშვილი, თ. კობერიძე
სამხატვრო რედაქტორი ნ. ლაფაჩი
ტექნიკური რედაქტორი თ. მანჯგალაძე
კორექტორი ლ. შვანგირაძე

ИБ № 3452 Учебник для средней общеобразовательной школы.

გადეცა ასაწყობად 15.02.88. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 12.05.88. ქაღალდის
ზომა 60×90. საბეჭდი ქაღალდი №1. გარნიტურა ვენა. ბეჭდვის ხერხი მაღალი.
ნაბეჭდი თაბახი 13,5+0,25 ფ. ჩას.+0,35 ფორზ. საღებავგატარება 15,25. სააღრი-
ცხვო-საგამომცემლო თაბახი 11,88+0,32 ფ. ჩას.+0,35 ფორზ.
ტირაჟი 160.000. შეკვეთა № 2215.

ფასი 45 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, ორჯონიკიძის ქ. № 50.
Издательство «Ганатლება», Тбилиси, ул. Орджоникидзе, 50.

1988

საქართველოს სსრ გამომცემლობათა, პოლიგრაფიისა და
წიგნის ვაჭრობის საქმეთა სახელმწიფო კომიტეტის
ქუთაისის პოლიგრაფიული საწარმოო გაერთიანება,
ქ. ქუთაისი, ი. ჯავახიშვილის პროსპექტი, 33.

Кутаисское полиграфическое производственное объединение
Государственного комитета по делам издательств, полиграфии и
книжной торговли Грузинской ССР.
г. Кутаиси, пр. И. Чавчавадзе, 33.

მარილების, მჟავების და ფუფიების წყალში ხსნადობა

41954

იონები	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺
OH ⁻		ხ	ხ	ხ	-	ხ	მ	ყ	ყ	ყ	-	მ	ხ	ხ	ხ
NO ₃ ⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ
Cl ⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	ყ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	მ	ხ	ხ	ხ
S ²⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	ყ	-	-	-	ყ	ყ	ყ	ყ	ყ	ყ	ყ
SO ₃ ²⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	მ	მ	მ	მ	მ	-	-	ყ	მ	-	-
SO ₄ ²⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	მ	ყ	მ	ხ	ხ	ხ	-	მ	ხ	ხ	ხ
CO ₃ ²⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	მ	ყ	ყ	მ	-	-	ყ	ყ	ყ	-	-
SiO ₃ ²⁻	ყ	-	ხ	ხ	ყ	ყ	მ	-	ყ	-	-	ყ	ყ	-	-
PO ₄ ³⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	ყ	ყ	ყ	მ	ყ	ყ	ყ	ყ	ყ	მ	მ
CH ₃ COO ⁻	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ	ხ

ხ - ხსნადი (1 გ-ზე მეტი 100 გ წყალში); მ - მცირადახსნადი (0,001 გ-დან 1 გ-მდე 100 გ წყალში); ყ - უხსნადი (0,001 გ-ზე ნაკლები 100 გ წყალში); - - წყალში იშვიათად ან არ არსებობს.

45 კაპ.

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

