

გამოყენებითი ქიმია და მასალათმცოდნეობის საფუძვლები

სალექციო რიდერი

1ლექცია

ნივთიერებათა თვისებები. აგრეგატული მდგომარეობა. მყარი, თხევადი და აირადი ნივთიერებები.

ატომი. მოლეკულა. იონი. კათიონი. ანიონი. ქიმიური ელემენტის ნიშნები. ვალენტობა. ქიმიური ფორმულა. ვალენტობის განსაზღვრა ქიმიური ფორმულის მიხედვით

შესავალი

ყველაფერი რასაც ვეხებით, გააჩნია გემო და სუნი, აქვს მასა და რისი დაკვირვებაც შესაძლებელია არის მატერია (ლათ. Materia-ნივთიერება).

მატერიალური სამყარო- ფიზიკური სუბსტანციაა და შედგება ფიზიკური ობიექტებისაგან.

ქიმია არის საბუნებისმეტყველო მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის ნივთიერებას, მის შედგენილობას, აღნაგობას, თვისებებს, მისი მიღებისა და გარდაქმნის მეთოდებს, ამ გარდაქმნათა თანხლებ მოვლენებს. ნივთიერების გარდაქმნას თან ახლავს მაგ.: სინათლის გამოსხივება, სითბოს გამოყოფა ან შთანთქმა და სხვ.

რასაც ვეხებით, რასაც აქვს გემო და სუნი ყველაფერი ნივთიერებაა.

ნივთიერება ეწოდება მატერიის კონკრეტულ ფორმას. ნივთიერება მოლეკულებისაგან შედგება.

მოლეკულა არის ნივთიერების უმცირესი ნაწილაკი, მისი დაყოფის ზღვარი, რომელსაც შენარჩუნებული აქვს ამ ნივთიერების შედგენილობა და ქიმიური თვისებები. მოლეკულები შედგება ატომებისაგან.

ატომი ელემენტის ელექტრონეიტრალური ნაწილაკია, რომელიც შედგება ატომბირთვისა და ელექტრონული გარსისაგან.

მატერია არის ყველაფერი, რასაც აქვს მასა და რისი დაკვირვებაც შესაძლებელია.

ფიზიკური და ქიმიური მოვლენები

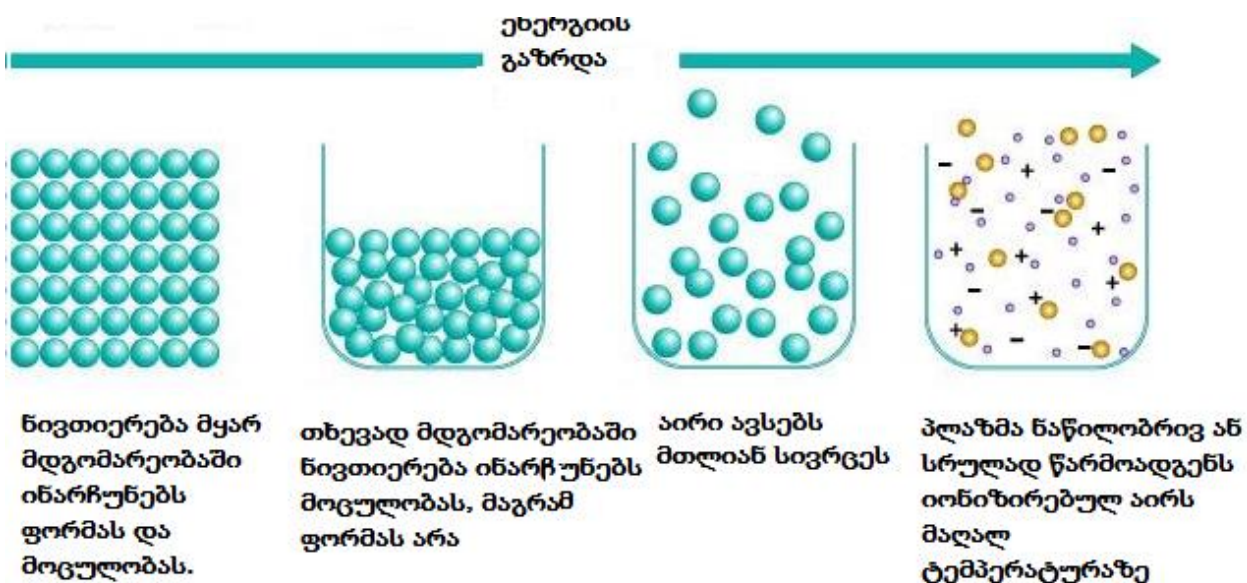
ყველა სახის ცვლილებას, გარდაქმნას, რაც ბუნებაში ხდება მოვლენა ეწოდება. არსებობს ფიზიკური და ქიმიური მოვლენა.

ფიზიკური მოვლენის დროს არ წარმოიქმნება ახალი ნივთიერება, მაგრამ იცვლება მისი აგრეგატული მდგომარეობა ან ფორმა (წყლის აორთქლება, წყლის გაყინვა, ყინულის დნობა და სხვ.). ნივთიერებები, რომლებიც განიცდიან ფიზიკურ ცვლილებებს, არ კარგავენ თავიანთ ქიმიურ იდენტურობას. ფიზიკური თვისებები ცვლადი სიდიდეებია, რომლებიც შეიძლება გავზომოთ ნივთიერების იდენტურობის შეცვლის გარეშე. მასა და სიმკვრივე ცნობილი ფიზიკური თვისებებია. ასევეა ფერი, სიბლანტე, სიმტკიცე და ტემპერატურა. ზოგიერთი სხვა ფიზიკური თვისება არის სითბოტევადობა, დუდილისა და ლღობის ტემპერატურები და აქროლადობა.

ქიმიური მოვლენის დროს ხდება ნივთიერების შედგენილობის შეცვლა. ამ დროს წარმოიქმნება ახალი ნივთიერება (ჰაერზე სპილენძის ფირფიტა გახურებით იფარება „შავი ნაფიფქით, მარმარილოს ნატეხის გახურებით მიიღება კირი და ნახშირორჟანგი). ქიმიური თვისებები დაკავშირებულია იმ ქიმიურ ცვლილებათა ტიპთან, რომლებსაც ნივთიერება განიცდის. ქიმიური თვისებები შეიძლება განისაზღვროს მხოლოდ იმით, თუ როგორ იცვლება ნივთიერების იდენტურობა ქიმიურ რეაქციებში.

ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა

ერთ-ერთი ყველაზე ჩვეულებრივი გზა მატერიაზე დაკვირვებისა არის მისი შეცვლა გარკვეული გზით. როდესაც მაკროსკოპულად ვაკვირდებით ქიმიურ რეაქციას, ჩვენ საქმე გვაქვს მატერიის ოთხ (ნახ.1) მდგომარეობასთან ან ფაზასთან: მყარ სხეულებთან, სითხეებთან, აირებთან და პლაზმასთან. მაკროსკოპულ დონეზე მყარი სხეულები მტკიცეა და არ იცვლიან თავიანთ ფორმას. სითხეები მაკროსკოპულად განსხვავდება მყარი სხეულებისგან, რადგან ისინი იღებენ იმ ჭურჭლის ფორმას, რომელშიც არიან მოთავსებული. აირები, რომლებიც მაკროსკოპულად განსხვავდებიან როგორც მყარი სხეულებისაგან, ასევე სითხეებისგან, პირველ რიგში კი, იმით, რომ აირი ფართოვდება და იკავებს ჭურჭლის მთელ მოცულობას. პლაზმა — აირი რომელიც მთლიანად ან ნაწილობრივ იონიზირებულია.



ნახ. 1 ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა

ყინული, წყალი და ორთქლი — ეს ერთიდაიგივე ნივთიერების მყარი, თხევადი და აირადი მდგომარეობაა.

ატომურ-მოლეკულური მოძღვრება

ნივთიერება მატერიის კონკრეტული გამოსახულებაა. ატომურ-მოლეკულური მოძღვრების განვითარებაში დიდი წვლილი მიუძღვით ცნობილ მეცნიერებს: ლომონოსოვს, ლავუაზიეს, პრუსტს, დალტონს, ავოგადროს, კანცაროს, ბერცელიუსს, მენდელეევს, ბუტლეროვს. ატომურ-მოლეკულური მოძღვრება, როგორც სამეცნიერო თეორია საბოლოოდ დამკვიდრდა XIX საუკუნის შუა ხანებში. მისი ძირითადი დებულებებია:

1. ნივთიერება იყოფა არა უსასრულოდ, არამედ მხოლოდ მოლეკულამდე;
2. მოლეკულა არის ნივთიერების უმცირესი ნაწილაკი, რომელსაც შენარჩუნებული აქვს ამ ნივთიერების შედგენილობა და ქიმიური თვისებები.
3. ფიზიკური მოვლენისას მოლეკულა არ იცვლება, ქიმიური მოვლენისას კი გარდიქმნება;
4. მოლეკულა შედგება კიდევ უფრო მცირე ნაწილაკებისაგან, რომლებსაც ატომები ეწოდება; ატომი ელექტრონეიტრალური ნაწილაკია, რომელიც შედგება ატომბირთვისა და ელექტრონული გარსისგან.
5. ქიმიური რეაქციის დროს ატომი არ იცვლება. ამ დროს ახალი მოლეკულები იმავე ატომებისგან წარმოიქმნება, რომლებისგანაც შედგებოდა საწყისი ნივთიერებების მოლეკულები;
6. ატომები და მოლეკულები განუწყვეტლივ და ქაოსურად მოძრაობენ. ქიმიური რეაქცია ატომთა მოძრაობის ერთ-ერთი ფორმაა.

ქიმიური ელემენტი

ატომის გარკვეულ სახე, რომელსაც ერთნაირი დადებითი ატომბირთვის მუხტი აქვს ქიმიური ელემენტი ეწოდება. დღეისათვის ცნობილია 118 ქიმიური ელემენტი. აქედან ბუნებაში გავრცელებულია მხოლოდ 94, დანარჩენი მიღებულია ხელოვნურად. თითოეულ ელემენტს თავისი სიმბოლო აქვს.

ქიმიური ელემენტის სახელწოდება მაგალითად:

ქართული	ლათინური	სიმბოლო
ჟანგბადი	ოქსიგენიუმ	O
წყალბადი	ჰიდროგენიუმ	H
ალუმინი	ალუმინიუმ	Al
ნახშირბადი	კარბონიუმ	C
აზოტი	ნიტროგენიუმ	N
ოქრო	აურუმ	Au
ვერცხლისწყალი	ჰიდრარგირუმ	Hg
სპილენძი	კუპრუმ	Cu
სილიციუმი	სილიციუმ	Si
ვერცხლი	არგენტუმ	Ag
რკინა	ფერუმ	Fe
თუთია	ცინკუმ	Zn
ტყვია	პლუმბუმ	Pb

ელემენტებს პირობითად ყოფენ ლითონებად და არალითონებად. ლითონს ახასიათებს: ბზინვარება, პლასტიკურობა (ჭედადობა, გრეხადობა, გლინვადობა და სხვ.), კარგი თბო- და ელექტროგამტარობა. ოთახის ტემპერატურაზე ვერცხლისწყლის გარდა ყველა ლითონი მყარ აგრეგატულ მდგომარეობაშია. სავალენტო შრე ერთიდან

ოთხამდე ელექტრონს შეიცავს ლითონია, არალითონის ატომის გარე სავალენტო შრეზე კი ოთხიდან რვა ელექტრონია.

არალითონთა უმეტესობა არ ბზინავს, არ ახასიათებს პლასტიკურობა, ელექტრულ დენს მხოლოდ ზოგიერთი მათგანი ატარებს. არალითონები ოთახის ტემპერატურაზე გვხვდება სამ აგრეგატულ მდგომარეობაში : აირადში (ინერტული აირი, ფთორი, ქლორი, წყალბადი, ჟანგბადი, აზოტი), თხევადსა (ბრომი) და მყარში (ბორი, ნახშირბადი, ფოსფორი და სხვ.).

არსებობს ელემენტები, რომლებიც ამჟღავნებენ როგორც ლითონის, ისე არალითონის თვისებებს. მათ ამფოტერული ელემენტები ეწოდება (Be, Zn, Al). არსებობს ელემენტები, რომლებსაც არ გააჩნიათ არც ლითონის და არც არალითონის თვისებები. ასეთი ელემენტებია ინერტული აირები.

მარტივი და რთული ნივთიერებები

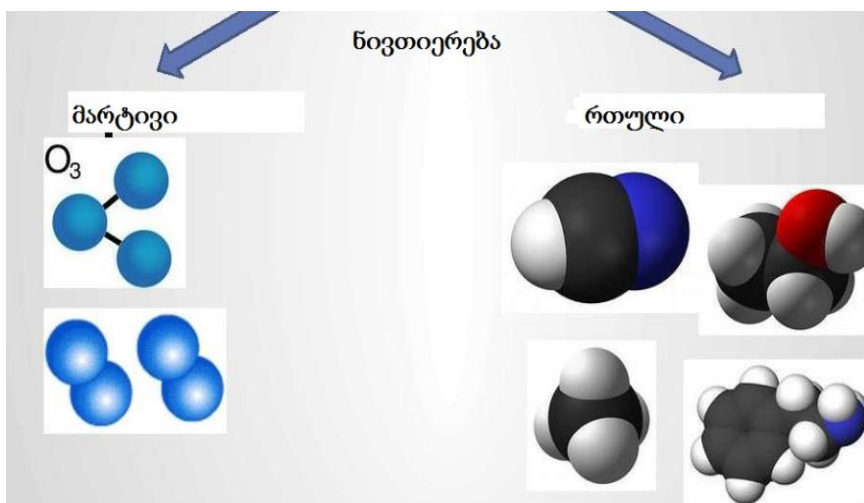
შედგენილობის მიხედვით ნივთიერებები იყოფა მარტივ და რთულ ნივთიერებად (ნახ.2).

მარტივია ნივთიერება, რომლის მოლეკულებიც შედგება ერთი და იმავე ელემენტის ატომებისაგან. მაგ., მარტივი ნივთიერებებია: ალუმინი, წყალბადი, ჟანგბადი, აზოტი და სხვ.

რთული ნივთიერებების მოლეკულები კი სხვადასხვა ელემენტის ატომებისაგან შედგება (მაგ., მარილმჟავა შედგება ელემენტ წყალბადისა და ელემენტ ქლორის ატომებისაგან, კალციუმის ქლორიდი -ელემენტ კალციუმისა და ელემენტ ქლორის ატომებისაგან და ა. შ.).

საჭიროა განვასხვაოთ ცნებები: მარტივი ნივთიერება და ქიმიური ელემენტი. მაგალითად: ნახშირი და ნახშირბადი. ნახშირბადი ელემენტია, რომელიც თავისუფალ მდგომარეობაში მარტივი ნივთიერებაა, რომელსაც ნახშირს ვუწოდებთ.

ქიმიური ელემენტისგან განსხვავებით მარტივი ნივთიერება ხასიათდება განსაზღვრული სიმკვრივით, ხსნადობით დუდილისა და დნობის ტემპერატურით. ელემენტი არ იცვლება ქიმიურ რეაქციებში. იგი ელემენტად რჩება. მარტივი ნივთიერება კი ქიმიური რეაქციების დროს გარდაიქმნება და რთული ნივთიერების კომპონენტი ხდება.



ნახ. 2 მარტივი და რთული ნივთიერება

ალოტროპია

ელემენტის თვისებას, წარმოქმნას რამდენიმე თვისებებით განსხვავებული მარტივი ნივთიერება, ალოტროპია ეწოდება.

ალოტროპია გამოწვეულია ორი მიზეზით:

1. მოლეკულაში ატომთა სხვადასხვა რიცხვით. მაგალითად: ელემენტი ჟანგბადი წარმოქმნის ორ მარტივ ნივთიერებას – ჟანგბადს (O_2) და ოზონს (O_3).

ჟანგბადი სიცოცხლისთვის აუცილებელი უფერო, უსუნო აირია. ხოლო ოზონიტოქსიკური, ცისფერი, დამახასიათებელი სუნის აირია.

2. განსხვავებული კრისტალური აგებულებით. მაგალითად: ელემენტინახშირბადი წარმოქმნის რამდენიმე ალოტროპიულ სახეცვლილებას: ალმასი, კარბინი, ფულერენი; გრაფიტი ნაცრისფერი, მყარი ფხვნილია, კრიალა ზედაპირით. რომელშიც ნახშირბადის ატომები იმყოფებიან sp^2 ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაში. ალმასი მტკიცე ნაერთია, რაც გამოწვეულია ნახშირბადის ატომების sp^3 ჰიბრიდიზაციით. კარბინი შავი ფერის ფხვნილია, სადაც თითო ნახშირბადის ატომი sp ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია.

სუფთა ნივთიერება და ნარევი

სუფთა ნივთიერებას აქვს მისთვის დამახასიათებელი მუდმივი ფიზიკური თვისებები. სუფთა ნივთიერება ლღვება და დუღს ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე. ასევე ახასიათებს სიმკვრივის განსაზღვრული მნიშვნელობა.

ნივთიერებათა უმრავლესობა ბუნებაში ნარევების სახით გვხვდება.

ორი ან მეტი ნივთიერების შერევით მიღებულ სისტემას, რომელშიც ყოველ კომპონენტს შენარჩუნებული აქვს თავისი თვისებები ნარევი ეწოდება. ნარევის კომპონენტებად დაყოფა შესაძლებელია ფიზიკური მეთოდებით (გაფილტვრა, გამოკრისტალება, გამოხდა და სხვ.).

არსებობს ორი სახის ნარევი - ერთგვაროვანი (ჰომოგენური) და არაერთგვაროვანი (ჰეტეროგენული).

ერთგვაროვანია ნარევი, თუ მისი თვისებები მთელ მასაში ერთნაირია. ერთგვაროვან ნარევიში მისი შემადგენელი ნივთიერებების დანახვა მიკროსკოპითაც კი შეუძლებელია (მაგ., ჰაერი).

არაერთგვაროვანია ნარევი, თუ მისი თვისებები მთელ მასაში ერთნაირი არ არის. არაერთგვაროვან ნარევიში მისი შემადგენელი ნივთიერებების დანახვა შესაძლებელია როგორც თვალთ, ისე მიკროსკოპითაც (მაგ., ცარცისა და სუფრის მარილის ნარევი).

ფარდობითი ატომური მასა – მასური რიცხვი

ატომთა მასები მეტისმეტად მცირეა, მაგრამ კვლევის თანამედროვე ფიზიკოქიმიური მეთოდები მათი დიდი სიზუსტით განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. მაგალითად, წყალბადის ატომის მასა შეადგენს $1.674 \cdot 10^{-27}$ კგ, ჟანგბადის – $2.667 \cdot 10^{-26}$ კგ, ნახშირბადის – $1.993 \cdot 10^{-26}$ კგ.

ქიმიაში ტრადიციულად სარგებლობენ ატომთა მასის არა აბსოლუტური, არამედ ფარდობითი მნიშვნელობით. 1961 წლიდან ფარდობითი ატომური მასის ერთეულად მიღებულია მასის ატომური ერთეული (შემოკლებულად მაე).

ქიმიური ელემენტის ფარდობითი ატომური მასა (მასური რიცხვი) ეწოდება რიცხვს, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ აღემატება მოცემული ატომის მასა ნახშირბადის იზოტოპის ^{12}C ატომის მასის $1/12$ ნაწილზე.

ელემენტთა ფარდობით ატომურ მასას აღნიშნავენ A_r ინდექსი r არის ინგლისური სიტყვის *relative* – ფარდობითი – საწყისი ასო. ჩანაწერი $A_r(\text{H})$ აღნიშნავს წყალბადის ფარდობით ატომურ მასას, $A_r(\text{O})$ – ჟანგბადის ფარდობით ატომურ მასას, $A_r(\text{C})$ – ნახშირბადის ფარდობით ატომურ მასას:

$$A_r(\text{H}) = \frac{1,674 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{\frac{1}{12} \cdot 1,993 \cdot 10^{-26} \text{ kg}} = 1,0079 \text{ mae}$$

$$A_r(\text{O}) = \frac{1,667 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}{\frac{1}{12} \cdot 1,993 \cdot 10^{-26} \text{ kg}} = 15,9994 \text{ mae}$$

ელემენტთა ატომური მასის მნიშვნელობები მოტანილია დ.ი.მენდელეევის ელემენტთა პერიოდულობის სისტემაში და წარმოადგენენ ქიმიური ელემენტის ერთ-ერთ ძირითად მახასიათებელს.

ფარდობითი მოლეკულური მასა

ფარდობითი მოლეკულური მასა (შემოკლებულად – მოლეკულური მასა) გამოიხატება მასის ატომურ ერთეულებში (მაე) და აღნიშნება M_r .

ფარდობითი მოლეკულური მასა ეწოდება რიცხვს, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ აღემატება მოცემული ატომის მასა ნახშირბადის იზოტოპის ^{12}C ატომის მასის $1/12$ ნაწილზე.

მოლეკულური მასა რიცხობრივად უდრის ნივთიერების მოლეკულის შემადგენლობაში მყოფი მყოფი ატომის ფარდობითი ატომური მასის ჯამს. მაგალითად, წყლის მოლეკულური მასა

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18$$

მაშასადამე, წყლის მოლეკულური მასა 18-ჯერ აღემატება ნახშირბადის იზოტოპის ^{12}C ატომის მასის $1/12$ ნაწილს. ფარდობითი მოლეკულური მასა ნივთიერების ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია.

მოლი. მოლური მასა

მოლი – არის ნივთიერების რაოდენობა, რომელიც შეიცავს იმდენ სტრუქტურულ ერთეულს – მოლეკულას, ატომს, იონს, ელექტრონს ან სხვა ნაწილაკს, რამდენ ატომსაც შეიცავს ნახშირბადის იზოტოპის ^{12}C ატომის 0.012 კგ.

ვიციტ რა 1 ატომი ნახშირბადის ^{12}C მასა ($1,993 \cdot 10^{-26}$ კგ), ადვილად გამოითვლება ატომთა რიცხვი – N_A 0.012 კგ ნახშირბადში.

$$N_A = \frac{0,012 \text{ kg/mol}}{1,993 \cdot 10^{-26} \text{ kg}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moli}^{-1}$$

რიცხვს $6,02 \cdot 10^{23}$ ეწოდება ავოგადროს მუდმივა და გვიჩვენებს ნებისმიერი ნივთიერების 1 მოლში სტრუქტურული ერთეულების რიცხვს.

ნივთიერების მასას, აღებულს 1 მოლის რაოდენობით მოლური მასა ეწოდება.

მოლურ მასას გამოსახვენ გ/მოლი-ში და ჩვეულებრივ აღბიშნავენ M ასოთი. ნივთიერების მოლური მასის გამოთვლა ადვილია, ვიცით რა მოლეკულის მასა. მაგალითად, თუ წყლის მოლეკულის აბსოლუტური მასა $3.0 \cdot 10^{-26}$ კგ-ის ტოლია, მაშინ მისი მოლური მასა:

$$M(H_2O) = m(H_2O) \cdot N_A = 3,0 \cdot 10^{-26} \text{ ru} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ vjkb}^{-1} = 0,018 \text{ ru/vjkb} = 18 \text{ u/vjkb}$$

ზოგადად, ნივთიერების მოლური მასა, გამოსახული გ/მოლი-ში, რიცხობრივად მისი ფარდობითი ატომური ან მოლეკულური მასის ტოლია. მაგალითად, C, Fe, O_2, H_2O -ს ფარდობითი ატომური და მოლეკულური მასები შესაბამისად ტოლია 12, 45, 32, 18 მავ და მათი მოლური მასები შეადგენს შესაბამისად 12 გ/მოლი, 56 გ/მოლი, 32 გ/მოლი, 18 გ/მოლი.

ნივთიერებათა მოლური მასა შეიძლება განვსაზღვროთ როგორც მოლეკულური, ასევე ატომური მდგომარეობისათვის. მაგალითად, წყალბადის ფარდობითი ატომური მასა $A_r(H)=1$, ხოლო წყალბადის ფარდობითი მოლეკულური მასა $M_r(H_2)=2$. ნივთიერების რაოდენობა (N_A), რომელიც განისაზღვრება სტრუქტურული ერთეულების რაოდენობით, ორივე შემთხვევაში ერთნაირია (1 მოლი). ამასთან, ატომური წყალბადის მოლური მასა 1 გ/მოლი-ს ტოლია, ხოლო მოლეკულური წყალბადის მოლური მასა 2 გ/მოლი-ია.

მოლური მასა არის სიდიდე, რომელიც ნივთიერების მასის ნივთიერების რაოდენობასთან ფარდობის ტოლია⁵

$$M = \frac{m}{n}$$

სადაც, m – ნივთიერების მასა, გ;

n – ნივთიერების რაოდენობა, მოლი.

თუ კი ცნობილია ნივთიერების სტრუქტურულ ერთეულთა რაოდენობა, მაშინ ამ ნივთიერების რაოდენობა შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

იონები. კათიონი. ანიონი

ატომში გარე ენერგეტიკული შრის ელექტრონები ყველაზე სუსტად არიან დაკავშირებული ბირთვთან. ატომიდან მათი მოწყვეტის შემდეგ ისინი უერთდებიან სხვა ატომებს და შედიან ამ უკანასკნელის გარე ენერგეტიკულ შრეში. ატომები, რომლებიც კარგავენ ერთ ან რამდენიმე ელექტრონს, იმუხტებიან. დადებითად დამუხტულ ნაწილაკებს კათიონები ეწოდება. და პირიქით, ატომები, რომლებიც იერთებენ ჭარბ ელექტრონებს, იმუხტებიან უარყოფითად. უარყოფითად დამუხტულ ნაწილაკებს ანიონები ეწოდება. წარმოქმნილ დამუხტულ ნაწილაკებს ზოგადად იონები ეწოდება.

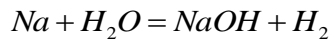
სიტყვა „იონი“ ბერძნული წარმოშობისაა და ნიშნავს მოხეტიალეს. იონები აღინიშნებიან იმავე სიმბოლოებით, რომლითაც აღინიშნება ატომები მარჯვნივ ზევით მათი მუხტის მითითებით: მაგალითად, ნიკელის დადებითი სამმუხტიანი იონი აღინიშნება Ni^{3+} , უარყოფითი ერთმუხტიანი ქლორის იონი – Cl^- .

იონებს გააჩნიათ უფრო მდგრადი ელექტრონული კონფიგურაცია ვიდრე ატომებს.

ატომის მიერ ელექტრონების დაკარგვა იწვევს მისი ეფექტური ზომების შემცირებას, ხოლო ჭარბ ელექტრონთა მიერთება – გაზრდას. ამიტომ დადებითი

იონების რადიუსი ყოველთვის ნაკლებია, ხოლო უარყოფითი იონის რადიუსი ყოველთვის მეტია შესაბამისი ელექტრონეიტრალური ატომის რადიუსზე. ასე მაგალითად, კალიუმის ატომის რადიუსი შეადგენს 0,236 ნმ, ხოლო K^+ იონის რადიუსი - 0,133 ნმ; ქლორის ატომისა და იონის რადიუსებია შესაბამისად 0,099 და 0,181 ნმ. ამასთან იონის რადიუსი მით უფრო მეტად განსხვავდება ატომის რადიუსისაგან, რაც უფრო მეტია იონის მუხტი. მაგალითად, ქრომის ატომის, Cr^{2+} და Cr^{3+} იონების რადიუსები შეადგენს შესაბამისად 0,127, 0,083 და 0,064 ნმ.

იონთა თვისებები განსხვავდება მათი წარმოქმნილი ატომების თვისებებისაგან. მაგალითად, მეტალური Na ატომები ენერგიულად შლიან წყლის მოლეკულებს წყალბადის წარმოქმნით:

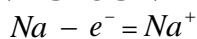


მაშინ, როდესაც ნატრიუმის Na^+ იონები წყალს ვერ შლიან. ქლორის ატომები ქმნიან ორატომიან მოლეკულას Cl_2 , რომელსაც მოყვითალო-მომწვანო ფერი და მკვეთრი სუნი გააჩნია, ხოლო ქლორ-იონები Cl^- - უფეროა და არ გააჩნია სუნი. წყალბადის იონები H^+ ლურჯ ლაკმუსს წითელ ფერს ანიჭებენ. მსგავსი თვისება წყალბადის ატომებს არ ახასიათებთ.

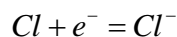
იონები შეიძლება შედგებოდნენ ერთი ატომებისაგან - ეს მარტივი იონებია (Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , Cl^- , F^-) ან რამდენიმე ატომისაგან - ეს რთული იონებია (NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ და ა.შ.).

მრავალი იონი შეფერილია. მაგალითად, MnO_4^- იონი ჟოლოსფერია, CrO_4^{2-} იონები - ყვითელი, Cu^{2+} - ცისფერი, Ni^{3+} - მწვანე, Na^+ და Cl^- იონები უფეროა.

მეტალთა ყველაზე დამახასიათებელ ქიმიურ თვისებას წარმოადგენს მათი ატომების მიერ გარე ენერგეტიკული შრის ელექტრონების ადვილი გაცემა. შედეგად ისინი გარდაიქმნებიან დადებითად დამუხტულ იონებად - კათიონებად:



არამეტალები, კი პირიქით, ხასიათდებიან ელექტრონების მიერთებით. შედეგად ისინი გარდაიქმნებიან უარყოფითად დამუხტულ იონებად - ანიონებად:



ვალენტობა

ყველა ატომი (გარდა ინერტული აირების ატომებისა) მიისწარფვის გარე ელექტრონული შრის დასრულებისაკენ. ამის მიღწევა შესაძლებელია ელექტრონების გაცემის ან მიღების გზით ქიმიური ბმის წარმოქმნის პროცესში.

რომელიმე ელემენტის ატომის თვისებას, მიიერთოს ან ჩაანაცვლოს ნაერთში მეორე ელემენტის ატომთა გარკვეული რაოდენობა, ვალენტობა ეწოდება.

ვალენტობის ერთეულად პირობითად მიჩნეულია წყალბადის ვალენტობა. ამის მიხედვით წყალბადის ატომთა რიცხვი, რომელსაც იერთებს ან ანაცვლებს რომელიმე ელემენტის ატომი, გამოსახავს მისი ვალენტობის სიდიდეს მოცემულ ნაერთში. მაგალითად: ნაერთებში HCl , H_2O , NH_3 , CH_4 ქლორი ერთვალენტიანია, ჟანგბადი - ორვალენტიანი, აზოტი - სამვალენტიანი, ხოლო ნახშირბადი - ოთხვალენტიანი.

ელემენტები წყალბადნაერთებში ამჟღავნებენ 1-დან 4-მდე ვალენტობას. წყალბადნაერთებში გამომჟღავნებულ ელემენტის ვალენტობას ეწოდება ვალენტობა წყალბადის მიმართ. ელემენტის ვალენტობა შეიძლება განისაზღვროს ჟანგბადის

ატომის ვალენტობის მიხედვითაც, რადგან ჟანგბადის ვალენტობა მიჩნეულია ორის ტოლად.

მაგალითად, ნაერთებში: N_2O_3 , CO_2 , P_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 აზოტი სამვალენტიანი, ნახშირბადი – ოთხვალენტიანი, ფოსფორი – ხუთვალენტიანი, გოგირდი – ექვსვალენტიანი, ხოლო ქლორი – შვიდვალენტიანი. ელემენტები ჟანგბადნაერთებში ამჟღავნებენ 1-დან 8-ის ჩათვლით ვალენტობას.

ელემენტის ვალენტობა მუდმივი რიცხვი არ არის. თუმცა ზოგიერთი ელემენტი ამჟღავნებს მუდმივ ვალენტობას. მაგალითად, წყალბადი 1- ვალენტიანია, ჟანგბადი – 2, ნატრიუმი – 1, კალციუმი – 2, ალუმინი – 3 ვალენტიანია და ა.შ.

ზოგიერთი ელემენტი ამჟღავნებს ცვალებად ვალენტობას. მაგალითად, ნახშირბადი ამჟღავნებს 2 და 4 ვალენტობას, გოგირდი – 2, 4, 6 ვალენტობას. ქლორი – 1, 3, 5, 7 ვალენტობას, რკინა – 2, 3 ვალენტობას, აზოტი – 1, 2, 3, 4, 5 ვალენტობას და ა.შ.

დ. მენდელეევი დაადგინა, რომ ელემენტის უმაღლესი ვალენტობა ჟანგბადის მიმართ უდრის ჯგუფის ნომერს, ხოლო ელემენტის ვალენტობა წყალბადის მიმართ ტოლია 8-ს გამოკლებული ჯგუფის ნომერი. მაგალითად, ფოსფორის უმაღლესი ვალენტობა ჟანგბადის მიმართ არის 5 (P_2O_5), ხოლო წყალბადის მიმართ არის $8-5=3$ (PH_3 .)

ყველა ნივთიერებას აქვს მუდმივი შედგენილობა, რადგან ატომები ერთმანეთს უკავშირდებიან მკაცრად განსაზღვრული რაოდენობით ვალენტობების შესაბამისად. ნივთიერების შედგენილობა გამოისახება ქიმიური ფორმულით, რომელშიც ჩანს თუ რამდენი ატომისა და რომელი ელემენტის ატომებისაგან შედგება ის. ფორმულის ჩასაწერად გამოიყენება ელემენტთა სიმბოლოები და ინდექსები (რიცხვები სიმბოლოს მარჯვენა ქვედა კუთხეში). ინდექსი გვიჩვენებს თუ მოცემული ელემენტის რამდენი ატომია კონკრეტულ ფორმულაში.

მაგალითად, წყლის მოლეკულური ფორმულაა: H_2O სადაც H და O ელემენტის სიმბოლოა (წყალბადი და ჟანგბადი), ხოლო ციფრი 2 ინდექსი.

არსებობს გრაფიკული ანუ სტრუქტურული ფორმულა, სადაც ელემენტთა ვალენტობები გამოსახულია სავალენტო ხაზებით და გვიჩვენებს ატომთა შერთების თანამიმდევრობას: $H-O-H$

რამდენი სავალენტო ხაზიც აქვს ელემენტის სიმბოლოს, იმდენ ვალენტიანია ის ამ ნაერთში.

ნივთიერების ფორმულა რომ სწორად შევადგინოთ, უნდა ვიცოდეთ მასში შემავალი ელემენტების ვალენტობები. ვალენტობას ფორმულაში მიუთითებენ რომაული ციფრებით ელემენტის ქიმიური სიმბოლოს თავზე. ფორმულაში ერთი ელემენტის ვალენტობის და ინდექსის ნამრავლი ტოლი უნდა იყოს მეორე ელემენტის ვალენტობისა და ინდექსის ნამრავლისა.

მაგალითად, შევადგინოთ ფოსფორის ჟანგბადთან ნაერთის ფორმულა, თუ ვიცით, რომ ფოსფორი ამ ნაერთში V ვალენტიანია:

1. ვწერთ ელემენტთა სიმბოლოებს P_xO_y

2. თავზე ვაწერთ თავიანთ ვალენტობებს:

V II

P_xO_y

3. ვპოულობთ 5-ის და 2-ის უმცირეს საერთო ჯერადს, ესაა 10, და ინდექსების საპოვნელად ვყოფთ თითოეული ელემენტის ვალენტობაზე P_xO_y

$X = 10:5 = 2$

$Y = 10:2 = 5$

4. მიღებულ რიცხვებს ვუწერთ ელემენტებს ინდექსებად: P_2O_5

შესაძლებელია უცნობვალენტური ელემენტის ვალენტობის დადგენა თუ ცნობილია მეორე ელემენტის ვალენტობა ფორმულაში. მაგალითად: SO_3

ამ ფორმულაში გოგირდის ინდექსია 1, რადგან ერთი არ იწერება, მაგრამ იგულისხმება (თუ სიმბოლოს ინდექსი არ უწერია, იგულისხმება, რომ მისი ინდექსია ერთი). რადგან ერთი ელემენტის ინდექსისა და ვალენტობის ნამრავლი ტოლი უნდა იყოს მეორე ელემენტის ინდექსისა და ვალენტობის ნამრავლისა, ამიტომ :

$$X \cdot 1 = 2 \cdot 3$$

$$X = 6$$

მაშასადამე, გოგირდის ვალენტობა ამ ნაერთში არის VI.

2 ლექცია.

ქიმიური რეაქცია. მასის მუდმივობის კანონი. ქიმიურ რეაქციათა ძირითადი ტიპები არაორგანულ ნაერთთა ძირითადი კლასები (ოქსიდები, ფუძეები, მჟავები და მარილები)

ქიმიური რეაქციების კლასიფიკაცია

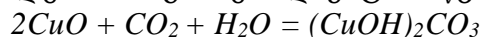
ქიმიური მოვლენები, რომელთა მიმდინარეობა დაკავშირებულია ნივთიერების შემადგენლობის ცვლასთან ეწოდება ქიმიური რეაქცია.

ქიმიური მოვლენა ქიმიური განტოლებით – რეაქციით ჩაიწერება.

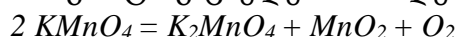
ქიმიური რეაქციების კლასიფიკაციას ახდენენ განსხვავებული ნიშნების მიხედვით.

1. მორეაგირე და პროდუქტი ნივთიერებების რიცხვის ცვლილების ნიშნის მიხედვით განასხვავებენ რეაქციის ოთხ ტიპს: **შეერთების, დაშლის, ჩანაცვლებისა და მიმოცვლის რეაქციებს.**

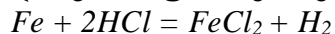
- ქიმიურ რეაქციებს, რომელთა დროს რამდენიმე მარტივი ან რთული ნივთიერებებისგან ერთი რთული ნივთიერება მიიღება, **შეერთების რეაქციები** ეწოდება. მაგალითად, სპილენძის საგანზე მალაქიტის მწვანე ნაფიფქის წარმოქმნა:



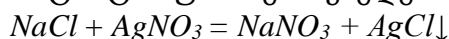
- ქიმიურ რეაქციებს, რომელთა დროს ერთი რთული ნივთიერებისგან რამდენიმე სხვა, მარტივი ან რთული ნივთიერება მიიღება, **დაშლის რეაქციები** ეწოდება. მაგალითად, კალიუმის პერმანგანატი გაცხელებით იშლება:



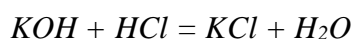
- ქიმიურ რეაქციება მარტივ და რთულ ნივთიერებებს შორის, რომელთა დროს მარტივი ნივთიერების შემადგენელი ატომები ჩაენაცვლებიან რთული ნივთიერებების შემადგენელ ერთ-ერთი ელემენტის ატომებს, **ჩანაცვლების რეაქციები** ეწოდება. მაგალითად, რკინის ურთიერთქმედება მარილმჟავასთან:



- რეაქციას ორ რთულ ნივთიერებას შორის, რომლის დროს მათი შემადგენელი ნაწილები მომოიცვლებიან, **მიმოცვლის რეაქცია** ეწოდება. მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდისა და ვერცხლის ნიტრატის ურთიერთქმედება:



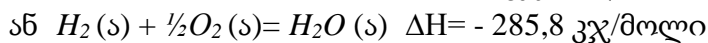
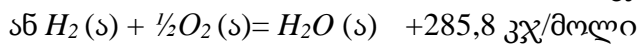
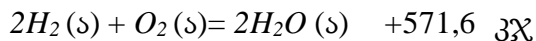
მიმოცვლის რეაქციებს მიეკუთვნება აგრეთვე ნეიტრალიზაციის რეაქცია, რომელიც წარმოადგენს ურთიერთქმედებას მჟავასა და ფუძეს შორის მარილისა და წყლის წარმოქმნით:



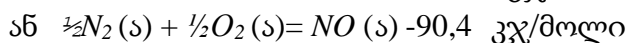
2. სითბოს შთანთქმის ან გამოყოფის ნიშნის მიხედვით განასხვავებენ **ეგზოთერმულ და ენდოთერმულ რეაქციებს.**

ნებისმიერი ქიმიური რეაქცია დაიყვანება საწყის ნივთიერებებში ქიმიური კავშირების გაწყვეტასა და რეაქციის პროდუქტებში ახალი კავშირების დამყარებამდე, ვინაიანდ კავშირების წარმოქმნისას ხდება ენერგიის გამოყოფა, ხოლო კავშირების გაწყვეტისას ენერგიის შთანთქმა. ქიმიურ რეაქციებს თან ახლავს ენერგეტიკული ეფექტები. თუ კი საწყისი ნივთიერებების კავშირები ნაკლებმტკიცეა, ვიდრე წარმოქმნილ რეაქციის პროდუქტებში, მაშინ ენერგია გამოიყოფა და პირიქით. ჩვეულებრივ ენერგია შთანთქმდება ან გამოიყოფა სითბოს სახით. სითბოს შთანთქმის ან გამოყოფის მიხედვით განასხვავებენ ეგზოთერმულ და ენდოთერმულ რეაქციებს.

ეგზოთერმულია რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით. მაგალითად, თხევადი წყლის წარმოქმნის ეგზოთერმულ რეაქციას შემდეგი სახე აქვს:



ენდოთერმულია რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს გარემოდან სითბოს შთანთქმით. მაგ. აზოტისა და ჟანგბადისაგან აზოტ(II)-ის ოქსიდის წარმოქმნის რეაქცია მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურაზე (ელექტრული რკალის ტემპერატურა 3000-4000°C):



რეაქციის მიმდინარეობისას შთანთქმული ან გამოყოფილი სითბოს რაოდენობას ქიმიური რეაქციის ენერგეტიკული ეფექტი ეწოდება. ქიმიური რეაქციის განტოლებას სითბური ეფექტების მითითებით თერმოქიმიური განტოლება ეწოდება. თერმოქიმიურ განტოლებებში აღნიშნავენ ნივთიერებათა მდგომარეობას: კრისტალური (კ), თხევადი (თ), აირადი (ა), ხსნარი (ხს) და სხვ.

ავოგადროს კანონი

ავოგადროს კანონის თანახმად, ნებისმიერი იდეალური აირის ერთიდაიგივე მოცულობა ერთნაირ წნევასა და ტემპერატურაზე (ანუ ერთნაირ პირობებში) შეიცავს მოლეკულების ერთნაირ რაოდენობას. დადგენილია, რომ ნორმალურ პირობებში ($T=273K$ და $P=101.3 \cdot 10^3$ კპა) ერთი მოლი აირი იკავებს 22.4 ლ მოცულობას და შეიცავს $6.02 \cdot 10^{23}$ მოლეკულას. ამ სიდიდეებს შესაბამისად უწოდებენ მოლურ მოცულობას და ავოგადროს რიცხვს.

აირის მოცულობა ნივთიერების რაოდენობისა და მოლური მოცულობის ნამრავლის ტოლია (ნორმალურ პირობებში):

$$V = V_M \cdot n$$

სადაც, V_M – მოლური მოცულობაა და 22.4 ლ შეადგენს;

n – ნივთიერების რაოდენობა, მოლი.

მასის მუდმივობის კანონი

ქიმიურ რეაქციაში მუდმივი რჩება, როგორც ნივთიერების საერთო მასა, ისე მასში შემავალი თითოეული ელემენტის მასაც. შესაბამისად შეიძლება ჩამოვყალიბოთ

ელემენტთა მუდმივობის კანონი: ქიმიური რეაქციის დროს არ ხდება ქიმიურ ელემენტთა ურთიერთ-გარდაქმნა და მათი ბუნება უცვლელი რჩება.

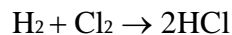
მასის მუდმივობის კანონი აღმოაჩინეს რუსმა მეცნიერმა ლომონოსოვმა და ფრანგმა ქიმიკოსმა ლავუაზიემ. ეს კანონი დამტკიცებულია ექსპერიმენტულად.

ქიმიურ რეაქციაში შესული ნივთიერებების მასა რეაქციის შედეგად მიღებულ ნივთიერებათა მასის ტოლია.

ატომურ-მოლეკულური მოძღვრების თვალსაზრისით ნივთიერების მუდმივობის კანონის არსი არის ის, რომ ქიმიური რეაქციის დროს ატომები არ ქრება და არ წარმოიქმნება არაფრისგან – რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ მათი რაოდენობა უცვლელი რჩება. ვინაიდან ატომებს აქვს მუდმივი მასა და მათი რაოდენობა რეაქციის შედეგად არ იცვლება, ნივთიერების მასა რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ ტოლია.

მასის მუდმივობის კანონი ნივთიერებებს შორის მიმდინარე რეაქციების შესწავლის საფუძველია. მისგან გამომდინარე, შეიძლება შევადგინოთ ქიმიური განტოლებები და ვაწარმოოთ გაანგარიშებანი.

მაგალითად: მოლეკულა H_2 შედგება ორი ატომი H-საგან, რომლებიც ბმულია ერთმანეთთან. მოლეკულა Cl_2 ერთმანეთთან ბმულ Cl -ის ატომებისგან შედგება:



რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება HCl , სადაც ერთი ატომი წყალბადი ერთ ქლორის ატომთანაა ბმული. H -სა და Cl -ის ატომთა საერთო რიცხვი რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ ერთნაირი უნდა იყოს. ვინაიდან, რეაქციაში შესული ნივთიერებების მასა უდრის რეაქციის შედეგად მიღებულ ნივთიერებათა მასას.

მასის მუდმივობის კანონის გარდა ლომონოსოვმა აღმოაჩინა ენერგიის მუდმივობის კანონიც:

ენერგია არ იქმნება არაფრისაგან და არც იკარგება უკვალოდ, ერთი სახის ენერგია გარდაიქმნება სხვა სახის ენერგიად.

ა. აინშტაინმა დაამტკიცა, რომ სხეულის მასას (m) და მის ენერგიას (E) შორის არსებობს კავშირი, რომელიც გამოისახება განტოლებით:

$$E = mc^2 ,$$

სადაც c არის სინათლის გავრცელების სიჩქარე ვაკუუმში ($3 \cdot 10^8$ მ/წმ);

M – მასა გრამებით

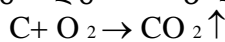
E – ენერგია ჯოულებით.

მასის მუდმივობის კანონი რაოდენობითი ქიმიური ანალიზის საფუძველია.

ნივთიერების შედგენილობის მუდმივობის კანონი

1799 წელს ფრანგმა მეცნიერმა ჟოზეფ ლუი პრუსტმა აღმოაჩინა კანონი, რომლის მიხედვით, ყოველ ქიმიურად სუფთა ნივთიერებას აქვს ერთი და იგივე წონითი შედგენილობა, მიუხედავად იმისა, თუ რა გზით არის მიღებული ეს ნივთიერება.

მაგალითად, CO_2 – ნახშირორჟანგი, შეიძლება მრავალი ხერხით მივიღოთ



და სხვ. მაგრამ ნახშირბადის მასის (წონის) ფარდობა ჟანგბადის მასასთან CO_2 -ში მუდამ 3 : 8-ის ტოლია.

წვიმის წყალი, წყაროს წყალი, თოვლის დნობით მიღებული წყალი, ზღვის წყალი პოლუსთან და ეკვატორთან რომ გამოვიკვლიოთ, დავრწმუნდებით, რომ მისი თვისებრივი შედგენილობა მუდმივია და გამოისახება ფორმულით H_2O . ამასთან, წყალბადის მასური წილი (წყალბადის მასის შეფარდება წყლის ფარდობით მოლეკულურ მასასთან) პროცენტობით

$$\omega\% (H) = m(H)/M(H_2O) \cdot 100\% = 2/18 \cdot 100\% = 11,11\%$$

ხოლო ჟანგბადის მასური წილი პროცენტობით

$$\omega\% (O) = m(O)/M(H_2O) \cdot 100\% = 16/18 \cdot 100\% = 88,89\%$$

(რაოდენობრივი შედგენილობა)

შედგენილობის მუდმივობის კანონს შეიძლება შემდეგი ფორმულირება მივცეთ: **მოცემული ნაერთის თვისებრივი და რაოდენობრივი შედგენილობა მუდმივია.**

არაორგანულ ნივთიერებათა ძირითადი კლასები

ქიმიური ნივთიერებები იყოფიან მარტივ და რთულ ნივთიერებებად.

მარტივი ნივთიერება – ეს არის ნივთიერება, რომელიც წარმოდგენილია მხოლოდ ერთი ელემენტის ატომებისაგან. მაგალითად, მარტივი ნივთიერება – ჟანგბადი – შედგება ელემენტ ჟანგბადის ატომებისაგან (O_2); მარტივი ნივთიერება – აზოტი – ელემენტ აზოტის ატომებისაგან (N_2).

რთული ნივთიერება ანუ ქიმიური ნაერთი – ეს არის ნივთიერება, რომელიც წარმოდგენილია სხვადასხვა ელემენტის ატომებისაგან. მაგალითად, რთული ნივთიერება – წყალი – შედგება ელემენტების, წყალბადისა და ჟანგბადის ატომებისაგან (H_2O); სპილენძ(II)-ის ოქსიდი – სპილენძისა და ჟანგბადის ატომებისაგან (CuO).

მარტივი ნივთიერებები მოიცავს მეტალებსა და არამეტალებს.

მეტალები გამოირჩევიან მეტალური ბზინვარებით, პლასტიკურობით (დარტყმისას ფორმის შეცვლა, თხელ ფურცლად გაგლინვა და მავთულად გაწელვა), ახასიათებს კარგი სითბო და ელექტროგამტარებლობა. ოთახის ტემპერატურაზე ყველა მეტალი (ვერცხლისწყლის გარდა) იმყოფება მყარ მდგომარეობაში.

არამეტალებს არ ახასიათებთ მეტალებისათვის დამახასიათებელი ბზინვარება, ძალიან ცუდად ატარებენ ელექტრულ დენსა და სითბოს. ზოგიერთი მათგანი ჩვეულებრივ პირობებში აირია.

რთული ნივთიერებები იყოფიან ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებად: ნახშირბადის ნაერთებს ორგანულ ნივთიერებებს უწოდებენ, მაგრამ ნახშირბადის ისეთი უმარტივესი ნაერთები, როგორცაა ოქსიდები – CO და CO_2 , ნახშირმჟავა – H_2CO_3 და კარბონატები, ციანმჟავა – HCN და ციანიდები, კარბიდები და ზოგიერთი სხვა ნაერთები განიხილებიან არაორგანულ ქიმიაში; ყველა დანარჩენ ნივთიერებებს არაორგანულ ანუ მინერალურ ნივთიერებებს უწოდებენ.

არაორგანული ნაერთების უმნიშვნელოვანეს კლასებს წარმოადგენენ: ოქსიდები, მჟავები, ფუძეები და მარილები.

ორი ელემენტისაგან შემდგარ რთულ ნივთიერებებს, რომელთაგან ერთ-ერთი ელემენტი ჟანგბადია ოქსიდი ეწოდება.

განასხვავებენ ფუძე, მჟავურ და ამფოტერულ ოქსიდებს.

ფუძე ოქსიდები ეწოდება ისეთ ოქსიდებს, რომელთაც შეესაბამება ფუძეები. მაგალითად, Na_2O , CaO , FeO , NiO წარმოადგენენ ფუძე ოქსიდები, ვინაიდან მათ

შეესაბამებათ ფუძეები – $NaOH$, $Ca(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Ni(OH)_2$. ფუძე ოქსიდები მიიღებიან მხოლოდ მეტალებისაგან.

მჟავური ოქსიდები ექოდება ისეთ ოქსიდებს, რომელთაც შეესაბამება მჟავები. მაგალითად, CO_2 , P_2O_5 , SO_2 , SO_3 – მჟავური ოქსიდებია, ვინაიდან მათ შეესაბამებათ მჟავები: H_2CO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_3 , H_2SO_4 . მჟავური ოქსიდები წარმოიქმნიან არამეტალებისაგან და ზოგიერთი მეტალისაგან, რომელიც ამჟღავნებს დაჟანგულობის მაღალ ხარისხს. მაგალითად, ოქსიდ Mn_2O_7 -ს პასუხობს მანგანუმჟავა $HMnO_4$.

ამფოტერული ოქსიდები ეწოდება ისეთ ოქსიდებს, რომლებიც პირობებისაგან დამოკიდებულებით ამჟღავნებენ ფუძე და მჟავურ თვისებებს, ე.ი. გააჩნიათ ორმაგი თვისებები. მათ მიეკუთვნებათ მეტალთა ზოგიერთო ოქსიდები: Al_2O_3 , ZnO , Cr_2O_3 .

3 ლექცია

ატომის აღნაგობა. ბირთვის აგებულება. დ. ი. მენდელეევის პერიოდული სისტემა. ქიმიური ბმები

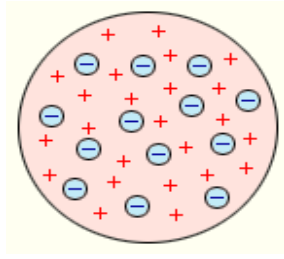
ხსნარები. მათი ზოგადი დახასიათება. წყალი. მისი აგებულება. წყლის სიხისტე

ატომის აღნაგობა

ჯერ კიდევ 2500 წლის წინ ბერძენმა ფილოსოფოსებმა იცოდნენ, რომ ნივთიერებები შეიძლება უმცირეს, თვალის უხილავ ნაწილაკებად „დავაქუცმაცოთ“, გავყოთ. ამ უმცირეს ნაწილაკებს აქვთ ფორმა, ზომა, ისინი მოძრაობს და ურთიერთქმედებს, ასეთ ნაწილაკებს დემოკრიტემ „ატომი“ უწოდა, რაც განუყოფელს ნიშნავს.

XIX საუკუნის ბოლომდე ატომი ითვლებოდა განუყოფელ ნაწილაკად, მაგრამ მოგვიანებით ცდებით დაგროვილი მონაცემების საფუძველზე დადგინდა იქნა ატომების რთული აღნაგობა. 1897 წ. ტომსონმა აღმოაჩინა ელექტრონი, თუმცა ელექტრონის მასისა და მუხტის განსაზღვრა მოხდა 1911 წ. მასა შეადგენს $9.1 \cdot 10^{-31}$ კგ მოგვიანებით 1914 წ. აღმოჩენილ იქნა პროტონები, ხოლო 1932 წ. ჩედვიკის მიერ – ნეიტრონები.

დაგროვილი ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე ატომის მოდელის პირველი მცდელობა **ჯოზეფ ტომსონს** ეკუთვნის (1903 წ.). ის თვლიდა, რომ ატომი 10^{-10} მ-ს რადიუსის მქონე სფეროს ფორმის ელექტრონიტრალურ სისტემას წარმოადგენდა. ატომის დადებითი მუხტი თანაბრად იყო განაწილებული ატომის მთელ მოცულობაში, ხოლო უარყოფითად დამუხტული ელექტრონები მის შიგნით მდებარეობენ (ნახ. 3). ატომის გამოსხივების ხაზოვანი სპექტრის ასახსნელად ტომსონი ცდილობდა განესაზღვრა ატომში ელექტრონების განლაგება და მათი წონასწორული მდებარეობის მიმართ რხევის სიხშირის გათვლა. მაგრამ ეს მცდელობა წარმატებით ვერ დამთვრდა. რამდენიმე წლის შემდეგ დიდი ინგლისელი ფიზიკოსის **ერნესტ რადერფის** ცდებით იქნა დამტკიცებული, რომ ტომსონის მოდელი არ იყო სწორი.



ნახ. 3 ატომის ტომსონის მოდელი

1911 წ. რეზერფორდმა წარმოადგინა ატომის აღნაგობის ბირთვული მოდელი(ნახ.4). ამ მოდელის თანახმად ატომი შედგება მასიური, მაგრამ ზომით ძალიან პატარა დადებითად დამუხტული ბირთვისაგან. ბირთვში თავმოყრილია ატომის თითქმის მთელი მასა. ბირთვის ირგვლივ მასგან მნიშვნელოვან მანძილზე მოძრაობენ ელექტრონები, რომლებიც ქმნიან ატომის ელექტრონულ ღრუბელს. ატომის დიამეტრი 10^{-8} სმ რიგისაა, ხოლო ბირთვის დიამეტრი $10^{-13} - 10^{-12}$ სმ რიგისაა. ე.ი. ზომის მიხედვით ბირთვი ატომზე 100000-ჯერ მცირეა.

ატომის პლანეტარული მოდელი

1. ატომი შედგება დადებითად დამუხტული გულისაგან. გულში თავმოყრილია ატომის თითქმის მთელი მასა.

2. გულის გარშემო მოძრაობენ ელექტრონები, რომლებიც ქმნიან ელექტრონულ ღრუბელს.

ნახ.4 ატომის პლანეტარული მოდელი

ატომის ბირთვული მოდელი შენარჩუნებულია თანამედროვე წარმოდგენებშიც.

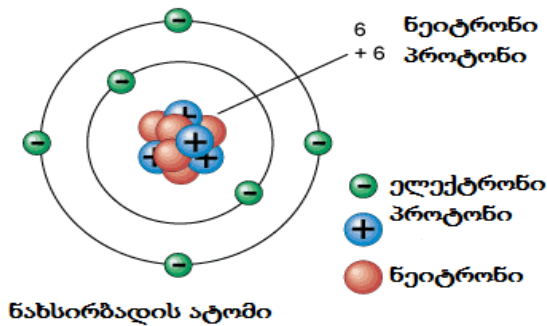
ატომი მთლიანობაში ელექტრონეიტრალურია, ამიტომ ელექტრონების ჯამური მუხტი ბირთვის მუხტის ტოლია.

დღეისათვის ბირთვში აღმოჩენილია ელემენტარულ ნაწილაკთა დიდი რიცხვი, ამასთან უმნიშვნელოვანესია პროტონები (სიმბოლო p) და ნეიტრონები (სიმბოლო n) ელემენტარული ნაწილაკები ხასიათდებიან გარკვეული მასითა და მუხტით. პროტონს გააჩნია მასა 1,0073 მაე (მასის ატომური ერთეული; შეესაბამება $1.67 \cdot 10^{-27}$ კგ) და +1 მუხტი, ნეიტრონის მასა 1,0087 მაე, ხოლო მუხტი ნულის ტოლია (ელექტრონეიტრალური ნაწილაკია). შეიძლება ითქვას, რომ პროტონისა და ნეიტრონის მასები თითქმის ერთნაირია.

1932 წ. ივანენკომ და გაპონმა წამოაყენეს ატომის ბირთვის აგებულების პროტონულ-ნეიტრონული თეორია. ამ თეორიის თანახმად ყველა ატომის ბირთვი წყალბადის ატომის (მასური რიცხვით 1) ბირთვის გარდა, შესდგება Z პროტონებისა და $(A-Z)$ ნეიტრონებისაგან, სადაც A - მასური რიცხვია.

მასური რიცხვი A ბირთვის პროტონების Z და ნეიტრონების N რიცხვთა ჯამის ტოლია, ე.ი. (ნახ.5).

$$A=N+Z$$



ნახ.5 ატომის აგებულება

ბირთვის მასასთან შედარებით ელექტრონების მასა ძალიან მცირეა, ამიტომ მათ პრაქტიკულად უგულებელყოფენ.

ბირთვის თვისებითი უმთავრესად განისაზღვრება პროტონებისა და ნეიტრონების რიცხვით, ე.ი. ბირთვის შედგენილობით. მაგალითად, კალიუმის ატომის ბირთვში არის 19 პროტონი და $39-19=20$ ნეიტრონი. ეს შემდეგნაირად ჩაიწერება: $K(19p, 20n)$.

ატომის ბირთვის მუხტი რიცხობრივად დ.ი.მენდელეევის ელემენტთა პერიოდულობის სისტემაში ელემენტის რიგობრივი ნომრის ტოლია. მაშასადამე, ბირთვში პროტონების რიცხვი, ასევე ბირთვის გარშემო მოძრავი ელექტრონების რიცხვი ელემენტის რიგობრივი ნომრის ტოლია.

ბუნებაში არსებობენ სხვადასხვა მასის მქონე ერთი და იგივე ელემენტის ატომები. ასე მაგალითად, გვხვდებიან ქლორის ატომები მასებით 35 და 37. ამ ატომთა ბირთვები შეიცავენ პროტონების ერთნაირ და ნეიტრონების სხვადასხვა რიცხვს.

ერთი ქიმიური ელემენტის სახესხვაობას, რომელთაც გააჩნიათ ბირთვის ერთნაირი მუხტი, მაგრამ სხვადასხვა მასური რიცხვები იზოტოპები ეწოდებათ.

ტერმინ „იზოტოპი“-თან ერთად სარგებლობენ ტერმინით „ნუკლიდი“. რადიოაქტიურ იზოტოპს რადიონუკლიდს უწოდებენ.

იზოტოპის ჩასაწერად სარგებლობენ შესაბამისი ელემენტების ქიმიური სიმბოლოებით, ამასთან მარცხნივ ქვევით ინდექსით მიუთითებენ ელემენტის რიგობრივ ნომერს (პროტონების რიცხვს), ხოლო მარცხნივ ზევით - მასურ რიცხვს. ქლორის იზოტოპებს აღნიშნავენ შემდეგნაირად: $^{35}_{17}Cl(17p, 18n)$ და $^{37}_{17}Cl(17p, 20n)$. წყალბადი ბუნებაში გვხვდება 3 იზოტოპის სახით: პროთიუმი $^1_1H(p)$, დეიტერიუმი $^2_1H(p, n)$ და ტრიტიუმი $^3_1H(p, 2n)$.

ქიმიური ელემენტი - ეს არის ატომთა სახე, ბირთვის (ატომგულის) ერთნაირი მუხტის სიდიდით.

ქიმიური რეაქციების დროს ატომის ბირთვი არ განიცდის ცვლილებებს, იცვლება მხოლოდ ატომთა ელექტრონული ღრუბელი, რომელთა აღნაგობა ხსნის ქიმიურ ელემენტთა მრავალ თვისებას. ელექტრონები ბირთვის ირგვლივ მოძრაობენ ენერგეტიკულ შრეებზე ანუ ენერგეტიკულ დონეებზე. ენერგეტიკული შრეების დანომრვა ხდება ბირთვიდან რიცხვებით 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

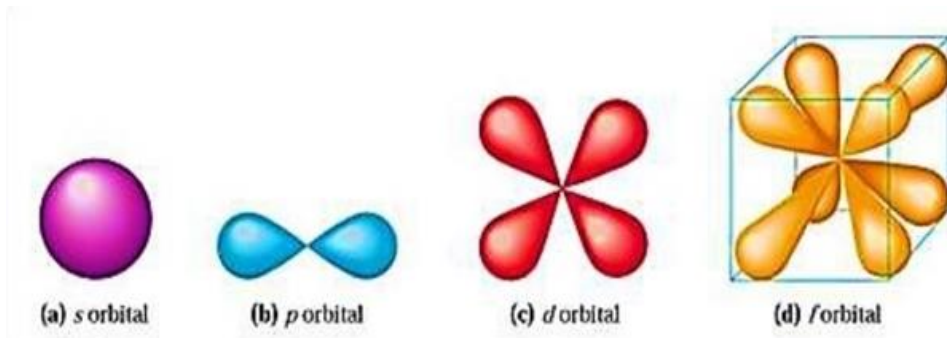
ატომში ელექტრონებით შევსებად ენერგეტიკულ შრეთა რიცხვი რიცხობრივად ემთხვევა პერიოდის ნომერს, რომელშიც იმყოფება ელემენტი.

ენერგეტიკულ შრეში ელექტრონების შესაძლო მაქსიმალური რაოდენობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$N = 2n^2$$

სადაც, n - ენერგეტიკული შრის ნომერია, N - ელექტრონების რიცხვი.

ენერგეტიკული შრეები შესდგებიან ქვედონეების ანუ ორბიტალებისაგან. n შრეში ორბიტალების რიცხვი n^2 ტოლია. განასხვავებენ s, p, d და f ორბიტალებს(ნახ.4).



ნახ. 4 s, p, d და f ორბიტალები

I შრე	$1s$
II შრე	$1s, 3p$
III შრე	$1s, 3p, 5d$
IV შრე	$1s, 3p, 5d, 7f$

ენერგეტიკულ შრეებსა და ორბიტალებზე ელექტრონების განაწილებას გამოხატავენ ელექტრონული ფორმულებით.

რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად ელექტრონები თავსდებიან ორბიტალებსა და შრეებზე ენერგიის ზრდის მიხედვით. შედეგად იქმნება ელექტრონებით ელემენტის ატომთა ორბიტალების შევსების თანმიმდევრული რიგი:

<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>
$1s$	$2s, 2p$	$3s, 3p$	$4s, 3d, 4p$	$5s, 4d, 5p$	$6s, 4f, 5d, 6p$	$7s, 5f, 6d, 7p$

ელექტრონული ფორმულის შესადგენად აღნიშნავენ ენერგეტიკული შრის ნომერს, ქვედონეს და ქვედონეზე არსებულ ელექტრონთა რიცხვს ინდექსის სახით მარჯვნივ ზევით. მაგალითად, ჟანგბადის ატომისათვის $1s^2 2s^2 2p^4$, ქლორის ატომისათვის $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$.

გარე შრეში არსებული ელექტრონების რიცხვი მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებისათვის ემთხვევა ჯგუფის ნომერს, რომელშიც ეს ელემენტი არის განთავსებული დ.ი.მენდელეევის ელემენტთა პერიოდულობის სისტემაში.

ქიმიური ბმა

ატომები ერთმანეთს უკავშირდებიან და წარმოქმნიან მოლეკულებსა და სხვა სტრუქტურულ ნაწილაკებს (იონებს, რადიკალებს, კრისტალებს...); კავშირს ატომთა შორის **ქიმიური ბმა** ეწოდება. ქიმიური ბმის წარმოქმნის დროს გამოიყოფა ენერგია, რის გამოც **ახალ სისტემას უფრო მცირე ენერგია აქვს**, ვიდრე საწყის ცალკეულ ატომებს, ე. ი. ენერგეტიკულად უფრო მდგრადია. ამ ენერგიას ქიმიური ბმის ენერგიას უწოდებენ.

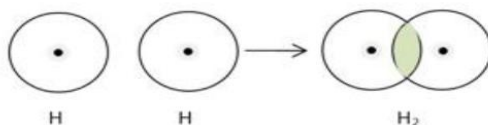
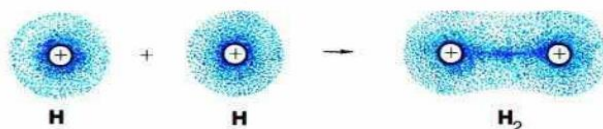
ბმის წარმოქმნას განაპირობებს ატომბირთვების მიერ მეზობელი ატომების ელექტრონების მიზიდვა. მაშასადამე, ქიმიურ ბმას ელექტრონული ბუნება აქვს. ქიმიური ბმა არის კოვალენტური (თავისთავად კოვალენტური არის პოლარული და არაპოლარული), იონური და ლითონური.

კოვალენტური ბმა

ყველა ატომი, გარდა ინერტული აირების ატომებისა, მიისწრაფვიან გარე ენერგეტიკული დონის ანუ შრის შევსებისაკენ, რომ მიიღონ დასრულებული რვაელექტრონიანი გარსი და გახდნენ ენერგეტიკულად მდგრადი სისტემები, ისევე, როგორც ინერტული აირების ატომები. ამისათვის ისინი თავიანთ გაუწყვილებელ ანუ სავალენტო ელექტრონებს უწყვილებენ სხვა ატომების სავალენტო ელექტრონებს. მიიღება ელექტრონული წყვილები, რომლებიც შეიძლება საზიარო იყოს საწყისი ატომებისთვის.

- საზიარო ელექტრონული წყვილით დამყარებულ ბმას კოვალენტური ბმა ეწოდება.

- განვიხილოთ წყალბადის ატომებს შორის ბმის წარმოქმნის მაგალითი(ნახ.7):

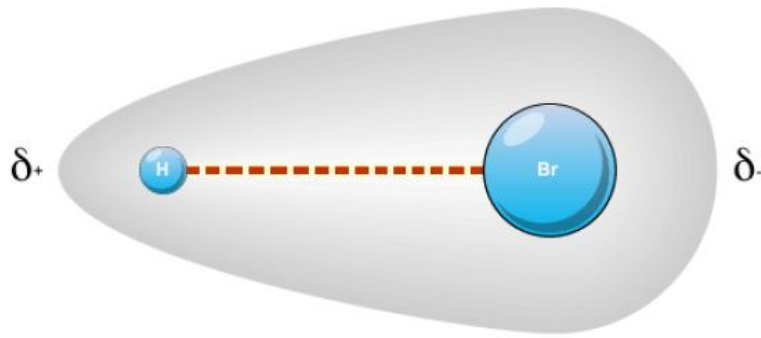


ნახ.7 წყალბადის ატომებს შორის ბმის წარმოქმნა

ესაა წყალბადის ატომებიდან წყალბადის ორატომიანი მოლეკულის წარმოქმნის სქემა, სადაც ჩანს, რომ ქიმიური ბმა მყარდება ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვით და საზიარო ელექტრონული წყვილის წარმოქმნით. ამ დროს გამოიყოფა 432 კჯ/მოლზე ენერგია. ამდენივე ენერგიაა საჭირო ამ ბმის გასაწყვეტად.

კოვალენტურ-არაპოლარული ბმა მყარდება მარტივი ნივთიერებების მოლეკულებში. ასეთებია, მაგალითად: H₂, O₂, Cl₂, Br₂, F₂, I₂, N₂.

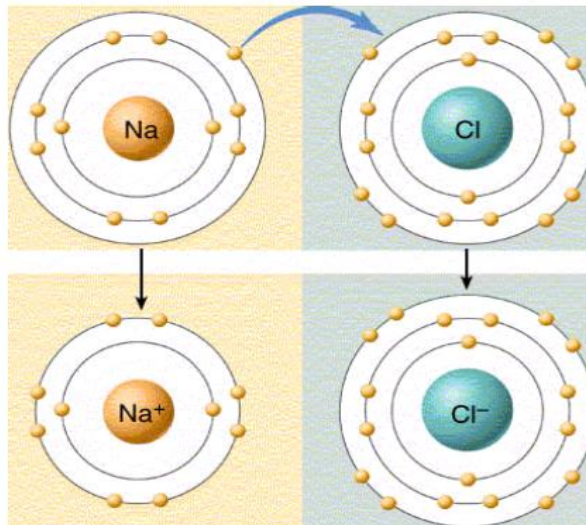
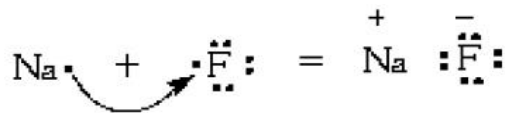
იმ შემთხვევაში, როცა ბმა მყარდება განსხვავებული ელემენტების ატომებს შორის, ბმის წარმოქმნელი საზიარო ელექტრონული წყვილი გადაწეულია უფრო დიდი ელექტროუარყოფითობის მქონე ატომისკენ, რის შედეგადაც ხდება დადებითი და უარყოფითი მუხტების გნცალეება. ერთი ატომი დაიმუხტება ნაწილობრივ დადებითად, რადგან მისი ბირთვის გარშემო შემცირდება ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე, ხოლო მეორე - ნაწილობრივ უარყოფითად, ელექტრონული სიმკვრივის გაზრდის გამო მისი ბირთვის ირგვლივ. წარმოიქმნება დადებითი და უარყოფითი პოლუსები და მოლეკულა ხდება პოლარული. ამიტომ ასეთ ბმას კოვალენტურ-პოლარული ბმა ეწოდება. მაგალითად, წყალბადისა და ბრომის ატომებს შორის ბმის წარმოქმნის დროს ელექტრონული სიმკვრივის გადანაწილება ხდება ასე(ნახ.8):



ნახ.8 წყალბადისა და ბრომის ატომებს შორის ბმა

იონური ბმა

იონური ბმა მყარდება თუ ორი ელემენტის ატომების ელექტროუარყოფითობა ძლიერ განსხვავებულია, მაგალითად ლითონისა და არალითონის ატომებს შორის. ამ დროს ელექტრონული ღრუბელი გადაინაცვლებს უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტისკენ იმდენად, რომ ერთი ატომი კარგავს თავის სავალენტო ელექტრონს და გარდაიქმნება დადებითად დამუხტულ იონად, ხოლო მეორე იძენს ამ ელექტრონს და გარდაიქმნება – უარყოფითად დამუხტულ იონად. მაგალითად, ნატრიუმსა და ფთორს შორის ან ნატრიუმსა და ქლორს შორის(ნახ.9).



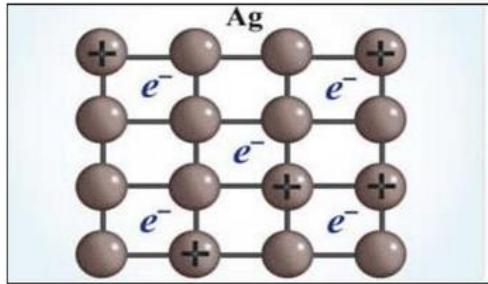
ნახ.9 ნატრიუმსა და ქლორს შორის იონური ბმა

ლითონური ბმა

ლითონური ბმა ეწოდება კრისტალურ მესერში ლითონის კატიონებს შორის თავისუფალი ელექტრონებით დამყარებულ ბმას(ნახ.10).

ლითონი იონური და კოვალენტური ნაერთებისაგან განსხვავებით ხასიათდებიან მაღალი სითბო და ელექტროგამტარობით, რაც მეტალის კრისტალურ მესერში თავისუფლად გადაადგილების უნარის მქონე ელექტრონების არსებობის დამადასტურებელია. ლითონის ატომებს გარე ელექტრონულ შრეზე აქვთ ელექტრონების მცირე რიცხვი (1, 2 ან 3), ამასთან ისინი

ხასიათდებიან იონიზაციის დაბალი ენერგიით, რის გამოც სავალენტო ელექტრონები ადვილად გადაადგილდებიან მეტალის მთელ მოცულობაში და სწორედ მათი თავისუფალი მოძრაობის შედეგია ლითონთა ელექტროგამტარობა. ლითონის კრისტალში სავალენტო ელექტრონების რიცხვი ორბიტალების რიცხვზე გაცილებით ნაკლებია.



ნახ.10 ლითონური ბმა

დ.ი. მენდელეევის პერიოდულობის კანონი და ელემენტთა პერიოდული სისტემა

XIX საუკუნის 60-იან წლებში უკვე ცნობილი იყო 63 ქიმიური ელემენტი. ელემენტების აღმოჩენასთან ერთად საჭირო გახდა მათი დაჯგუფება ანუ კლასიფიკაცია. ელემენტების დაჯგუფების ცდები იყო ადრეც – დ. მენდელეევამდე. ჯერ კიდევ ბერცელიუსმა დაყო ელემენტები ორ დიდ ჯგუფად: ლითონებად და არალითონებად (1818 წ). დ. მენდელეევის წინამორბედნი დებერეინერი, ნიულენდსი, მეიერი, შანკურტუა და სხვები ცდილობდნენ ელემენტთა კლასიფიკაციას თვისებების მიხედვით, მაგრამ მეცნიერულად დასაბუთებული კლასიფიკაციის ჩამოყალიბება წილად ხვდა დ. მენდელეევს, რომელმაც აღმოაჩინა ბუნების ერთ- ერთი ფუნდამენტური კანონი – პერიოდულობის კანონი (1869 წ).

დ. მენდელეევმა ელემენტთა კლასიფიკაციას საფუძვლად დაუდო ფარდობითი ატომური მასა, რადგან იგი თვლიდა, რომ „ნივთიერების მასა არის სწორედ მისი ისეთი თვისება, რომელზეც უნდა იყოს დამოკიდებული ყველა დანარჩენი თვისება. ამიტომ ბუნებრივია, ვეძებოთ დამოკიდებულება ელემენტების თვისებებსა და მსგავსებებს შორის, ერთი მხრივ და მათ ატომურ წონებს შორის, მეორე მხრივ.” დ. მენდელეევმა იმ დროისათვის ყველა ცნობილი ელემენტი განალაგა ფარდობითი ატომური მასის ზრდის მიხედვით. შეისწავლა მათი ოქსიდების და ჰიდროქსიდების თვისებები და დაადგინა, რომ ქიმიურად მსგავსი ელემენტები გვხვდება გარკვეული ინტერვალების შემდეგ, და, მაშასადამე, მათი ქიმიური თვისებები პერიოდულად მეორდება. ყოველივე ამან დ. მენდელეევს საშუალება მისცა მის მიერ აღმოჩენილი კანონის ფორმულირებისა: მარტივ ნივთიერებათა თვისებები, აგრეთვე ელემენტთა ნაერთების ფორმები და თვისებები პერიოდულ დამოკიდებულებაშია ელემენტთა ატომური მასების სიდიდესთან”.

ელემენტთა პერიოდული სისტემა

პერიოდულობის კანონის საფუძველზე დ. მენდელეევმა შეადგინა ელემენტთა პერიოდული სისტემა. პერიოდული სისტემა პერიოდულობის კანონის გრაფიკული გამოსახულებაა. არსებობს პერიოდული სისტემის რამდენიმე ვარიანტი. მათ შორის

ყველაზე მიღებულია მოკლე და გრძელპერიოდური ფორმები, რომლებიც ერთმანეთს ავსებენ.

პერიოდულ სისტემაში ელემენტი მოთავსებულია უჯრედში, რომელშიც მოცემულია მისი ქიმიური სიმბოლო (ამ ელემენტის ლათინური დასახელების პირველი ან პირველი და მომდევნო რომელიმე ასო), სახელწოდება, რიგითი ნომერი (Z) და ფარდობითი ატომური მასა (Ar).

დღეისთვის ცნობილია 118 ელემენტი. ორივე პერიოდულ სისტემაში ელემენტები განლაგებულია ჰორიზონტალურ მწკრივებში, რომელთაც პერიოდები ეწოდება და ვერტიკალურ მწკრივებში, რომელთაც ჯგუფები ეწოდება. პერიოდული სისტემის მოკლეპერიოდური ვარიანტი შედგება პერიოდების, რიგებისა და ჯგუფებისგან.

ქიმიური ელემენტის ჰორიზონტალურ მწკრივს, რომელიც იწყება ტუტე ლითონით (პირველი მწკრივი • წყალბადით) და მთავრდება ინერტული აირით პერიოდი ეწოდება.

პერიოდულ სისტემაში სულ 7 პერიოდია, აქედან 1, 2 და 3 მცირე პერიოდებია, 4, 5, 6 და 7 – დიდი პერიოდები. მცირე პერიოდები შედგება თითო-თითო რიგისგან, ხოლო დიდი პერიოდები – ორ-ორი რიგისგან. პირველი პერიოდი შედგება 2 ელემენტისგან. მე-2 და მე-3 პერიოდი – 8-8 ელემენტისგან. მე-4 და მე-5 პერიოდები – 18-18 ელემენტისგან, მე-6 და მე-7 პერიოდები – 32-32 ელემენტისგან (118 ელემენტის გათვალისწინებით). მე-6 პერიოდის პირველი რიგის 14 ელემენტი, რომლებიც ლანთანის (La) შემდეგაა განლაგებული, გამოტანილია სისტემის ქვემოთ ცალკე მწკრივად და ლანთანოიდები ეწოდება. ანალოგიურად მე-7 პერიოდის პირველი რიგის ელემენტი, რომლებიც აქტინიუმის შემდეგაა განლაგებული, გამოტანილია სისტემიდან ლანთანოიდების ქვემოთ ცალკე მწკრივად და აქტინოიდები ეწოდება.

პერიოდულ სისტემაში რვაწევრიანმა პერიოდებმა განაპირობა რვა ვერტიკალური ჯგუფის ჩამოყალიბება. ჯგუფებში განლაგებულია ერთგვარად მსგავსი თვისებების მქონე ელემენტები (ჯგუფს ნომრავენ რომაული ციფრით). პერიოდული სისტემა შედგება 8 ჯგუფისგან. ყოველი ჯგუფი იყოფა ორ ნაწილად: მთავარ და თანაურ ქვეჯგუფებად. მთავარ ქვეჯგუფს (A) ასოთი აღნიშნავენ, ხოლო თანაურს – (B)-თი. სვეტს, რომელიც შედგება მცირე და დიდი პერიოდის ელემენტებისგან მთავარი ანუ A ჯგუფი ეწოდება, ხოლო სვეტს, რომელიც შედგება მხოლოდ დიდი პერიოდის ელემენტებისგან – თანაური ანუ B ჯგუფი.

ზოგიერთი ჯგუფის ელემენტებს საერთო სახელწოდებაც აქვს, მაგალითად:

I A ჯგუფის ელემენტებს (Li – Fr) ტუტე ლითონები ეწოდება;

II A ჯგუფის ელემენტებს (Ca – Ra) – ტუტემიწათა ლითონები;

V A ჯგუფის ელემენტებს (N – Bi) – პნიკტოგენები (P და N სიმბოლოებიდან გამომდინარე);

VI A ჯგუფის ელემენტებს (S – Te) – ქალკოგენები;

VII A ჯგუფის ელემენტებს (F – At) – ჰალოგენები;

VIII A ჯგუფის ელემენტებს (He – Rn) – ინერტული ანუ კეთილშობილი აირები;

III B ჯგუფის ელემენტებს (La – Lu) – ლანთანოიდები;


III B ჯგუფის ელემენტებს (Ac – Lc) – აქტინოიდები;

VIII B ჯგუფის ელემენტებს (Fe, Co, Ni) – რკინის ოჯახი;

VIII B ჯგუფის ელემენტებს (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt) – პლატინის ოჯახი.

მთავარი და თანაური ქვეჯგუფის ელემენტები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ქიმიური თვისებებით. მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტები ქიმიური თვისებების მიხედვით ერთმანეთის მსგავსია და რადიკალურად განსხვავდებიან თანაური ქვეჯგუფის ელემენტებისგან. მაგალითად, I ჯგუფის მთავარ ქვეჯგუფში მოთავსებულია ყველაზე აქტიური ლითონი – ცეზიუმი (Cs), ხოლო I ჯგუფის თანაურ ქვეჯგუფში – ყველაზე პასიური ლითონი – ოქრო (Au). VII ჯგუფის მთავარ ქვეჯგუფს შეადგენენ არალითონები (F, Cl, Br, I, At) , ხოლო თანაურს –ლითონები (Mn, Tc, Re). მთავარ ქვეჯგუფებში ზევიდან ქვევით, რიგითი ნომრის ზრდასთან ერთად ლითონური თვისებები ძლიერდება და სუსტდება არალითონური თვისებები. ეს კანონზომიერება კარგად ჩანს VII A ჯგუფის ელემენტების თვისებების შედარებისას. ამ ჯგუფში მოთავსებულია აქტიური არალითონები – ჰალოგენები (F-დან At-მდე). რიგითი ნომრის ზრდასთან ერთად ზევიდან ქვევით არალითონური თვისებები სუსტდება და ძლიერდება ლითონური, რაც მჟღავნდება მათ ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებში. ფთორი (F), ქლორი (Cl) აირია, ბრომი (Br) თხევადია, იოდი (I) კი მყარი ნივთიერებაა, რომელიც ლითონს არა მარტო გარეგნულად (მუქი, ლითონური ბზინვარების მქონე კრისტალები), არამედ ქიმიური თვისებებითაც ჰგავს. თანაური ქვეჯგუფის ელემენტები კი მხოლოდ ლითონებია და მათი აქტიურობა იზრდება ქვევიდან ზევით. მანგანუმი (Mn) უფრო აქტიურია, ვიდრე რენიუმი (Re).

ამრიგად, პერიოდში ელემენტების რიგითი ნომრის ზრდასთან ერთად (მარცხნიდან მარჯვნივ) სუსტდება ლითონური თვისებები და ძლიერდება არალითონური თვისებები, ხოლო მთავარ ქვეჯგუფში ელემენტის რიგითი ნომრის ზრდასთან ერთად (ზევიდან ქვევით) ძლიერდება ლითონური თვისებები. პერიოდული სისტემის მთავარ ქვეჯგუფში დიაგონალის – Be, Al, Ge, Sb, Po (ამფოტერული ელემენტები) ქვევით მოთავსებულია ლითონები, ზევით კი –არალითონები. ყველაზე აქტიური ლითონებია I A ჯგუფის ლითონები, ყველაზე აქტიური არალითონებია VII A ჯგუფის არალითონები. ყველაზე აქტიური ლითონია ცეზიუმი (Cs). (ფრანციუმი (Fr) ცეზიუმის ანალოგიურია და ხელოვნურად არის მიღებული). ყველაზე აქტიური არალითონია ფთორი (F). რაც უფრო ძლიერია ელემენტის თვისებები მით უფრო მდგრადია მისი ჟანგბადნაერთი ($RxOy$) და რაც უფრო ძლიერია ელემენტის არალითონური თვისებები მით უფრო მდგრადია მისი წყალბადნაერთი (HnR).

		ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემა										VII		VIII				
I		II		III		IV		V		VI		(H)		2 He				
1	H ნახალკაზი																	
2	Li ლითიუმი	Be ბერილიუმი	5	B ბორი	6	C ნახშირბადი	7	N აზოტი	8	O ჟანგბადი	9	F ფთორი	10	Ne ნეონი				
3	Na ნატრიუმი	Mg მაგნიუმი	13	Al ალუმინი	14	Si სილიციუმი	15	P ფოსფორი	16	S ბოზორი	17	Cl ქლორი	18	Ar არგონი				
4	K პოტაშუმი	Ca კალციუმი	21	Sc სკანდიუმი	22	Ti ტიტანი	23	V ვანადიუმი	24	Cr ქრომი	25	Mn მანგანუმი	26	Fe რკინა	27	Co კობალტი	28	Ni ნიკელი
	29	Cu სპილენძი	30	Zn თუთია	31	Ga გალიუმი	32	Ge გერმანიუმი	33	As არსენი	34	Se სელენი	35	Br ბრომი	36	Kr კრიპტონი		
5	Rb რუბიდიუმი	Sr სტრონციუმი	39	Y იტრიუმი	40	Zr ციროკონიუმი	41	Nb ნიობიუმი	42	Mo მოლიბდენი	43	Tc ტექნეციუმი	44	Ru რუთენიუმი	45	Rh როდუმი	46	Pd პალადიუმი
	47	Ag პერსიხლი	48	Cd კადმიუმი	49	In ინდიუმი	50	Sn კალა	51	Sb სტიბიუმი	52	Te ტელური	53	I იოდი	54	Xe ქსენონი		
6	Cs ცეზიუმი	Ba ბარიუმი	57	La ლანთანი	72	Hf ჰაფნიუმი	73	Ta ტანტალი	74	W ვოლფრამი	75	Re რენიუმი	76	Os ოსმიუმი	77	Ir ირიდიუმი	78	Pt პლატინა
	79	Au ოქრო	80	Hg პრუსულანა	81	Tl თალიუმი	82	Pb ტყვი	83	Bi ბისმუტი	84	Po პოლონიუმი	85	At ასტატი	86	Rn რადონი	რიგითი ნომერი ქიმიური ნიშანი	
7	Fr ფრანციუმი	Ra რადიუმი	88	Ac აქტინიუმი	89	(Ku) კურკოვსკი	104	(Ns) ნეუსტრუმერი	105		106		107		79 Au ოქრო			

* ლანთანიდები

- s-ელემენტი
- d-ელემენტი
- p-ელემენტი
- f-ელემენტი

Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
ცერიუმი	პრომიტიუმი	ნეოდიმი	პრომიტიუმი	სამარიუმი	ევროპიუმი	გადოლინიუმი	თერბიუმი	დისპროსიუმი	ჰოლიმიუმი	ერბიუმი	თულმიუმი	იბერიუმი	ლუთეციუმი

** აქტინიდები

Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	(No) 102	(Lr) 103
თორიუმი	პრომიტიუმი	ურანი	ნეპტუნიუმი	პლუტონიუმი	ამერიციუმი	კურეუმი	ბერკლიუმი	კალიფორნიუმი	აინსტაინიუმი	ფერმიუმი	მადონა-დელ-კარე	ნობელიუმი	ლორენსიუმი

ხსნარები

ხსნარები (solutions). ხსნართა კონცენტრაციის გამოსახვის ხერხები

ხსნარები – ერთგვაროვანი (ჰომოგენური) სისტემებია, რომლებიც შესდგებიან ორი ან მეტი კომპონენტისა და მათი ურთიერთქმედების პროდუქტებისაგან. ასე მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდის $NaCl$ (სუფრის მარილი) წყალხსნარი შედგება გამხსნელის – წყალი (პირველი კომპონენტი), გახსნილი ნივთიერების – ნატრიუმის ქლორიდი (მეორე კომპონენტი) და მათი ურთიერთქმედების პროდუქტებისაგან – Na^+ და Cl^- ჰიდრატირებული იონები.

ბუნებაში, ტექნიკასა და ყოფა-ცხოვრებაში ხსნარებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ. მცენარეები ითვისებენ ნივთიერებებს ხსნარების სახით. საკვების ათვისება დაკავშირებულია მკვებავი ნივთიერებების წყალში გადასვლასთან. ყველა ბუნებრივი წყალი აგრეთვე ხსნარია. ხსნარებად ითვლება უმნიშვნელოვანესი ფიზიოლოგიური სითხეები – სისხლი, ლიმფა და სხვა. მრავალი ქიმიური რეაქცია ხსნარში მიმდინარეობს.

აგრეთვე მდგომარეობის მიხედვით ხსნარები არიან თხევადი, მყარი და აირადი. პირველის მაგალითია მარილთა წყალხსნარები; მეორის – ნიკელისა და სპილენძის ან ვერცხლისა და ოქროს შენადნობი; მესამეს – აირის ნარევები, ჰაერი. განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვთ თხევად ხსნარებს (წყალხსნარებს).

ნებისმიერი ხსნარის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს მისი შემადგენლობა, რომელიც კონცენტრაციით გამოისახება.

ხსნარის კონცენტრაციას უწოდებენ გახსნილი ნივთიერების რაოდენობას, რომელსაც შეიცავს ხსნარის ან გამხსნელის განსაზღვრული რაოდენობა. ხსნარის კონცენტრაციის მიახლოებითო გამოსახვისათვის იყენებენ ტერმინებს – კონცენტრირებული და განზავებული ხსნარები. კონცენტრირებული ხსნარი შეიცავს გახსნილი ნივთიერების ისეთ რაოდენობას, რომელიც შესაძარია გამხსნელის რაოდენობასთან. მაგალითად, თუ 100 გ წყალში გახსნილია 30 გ სუფრის მარილი ეს არის კონცენტრირებული ხსნარი. განზავებული ხსნარი შეიცავს ძალიან მცირე რაოდენობით გახსნილ ნივთიერებას გამხსნელთან შედარებით. მაგალითად, თუ 100 გ წყალში გახსნილია 0.3 გ სუფრის მარილი ეს არის განზავებული ხსნარი. კონცენტრირებულ და განზავებულ ხსნარებს შორის საზღვარი მეტად პირობითია.

არსებობს ხსნართა კონცენტრაციის ზუსტი გამოსახვის სხვადასხვა ხერხები: პროცენტული (მასური წილი), მოლური, ნორმალური.

პროცენტული კონცენტრაცია ანუ მასური წილი (ω) გამოისახება გახსნილი ნივთიერების გრამების რაოდენობით, რომელსაც შეიცავს 100 გ ხსნარი. მაგალითად, ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 5 %-იანი წყალხსნარის ყოველი 100 გ შეიცავს 5 გ ნატრიუმის ჰიდროქსიდს, ანუ ხსნარში 5 გ ნატრიუმის ჰიდროქსიდზე მოდის $(100-5)=95$ გ წყალი.

$$\omega = \frac{m}{m + m_1} \cdot 100\%$$

სადაც, ω – პროცენტული კონცენტრაცია ანუ მასური წილი;

m – გახსნილი ნივთიერების მასა, გ;

m_1 – გამხსნელი ნივთიერების მასა, გ.

მოლური კონცენტრაცია ანუ მოლურობა (C_M) გამოისახება გახსნილი ნივთიერების მოლთა რიცხვით 1 ლ ხსნარზე. ხსნარს, რომლის 1 ლ შეიცავს გახსნილი ნივთიერების 1 მოლს, მოლური ხსნარი ეწოდება.

$$C_M = \frac{m}{M \cdot V}$$

სადაც, C_M – მოლური კონცენტრაცია ანუ მოლურობა;

m – გახსნილი ნივთიერების მოლების რიცხვი, მოლი;

M – გახსნილი ნივთიერების მოლური მასა, გ;

V – ხსნარის მოცულობა, ლ.

ხსნარის მოლურობის ანუ მოლური კონცენტრაციის ერთეული ჩვეულებრივ აღინიშნება M (მოლი/ლ) ასოთი. მაგალითად, ჩანაწერი $1M NaOH$ აღნიშნავს ნატრიუმის ჰიდროქსიდის მოლური ხსნარი; ასეთი ხსნარის 1 ლ შეიცავს 40 გ $NaOH$; $0.1M NaOH$ – დეციმოლური ხსნარია. მისი 1 ლ შეიცავს 4 გ $NaOH$ -ს; $0.01M NaOH$ – სანტიმოლური ხსნარია. მისი 1 ლ შეიცავს 0.4 გ $NaOH$ -ს. იმისათვის, რომ მოვამზადოთ $0.2M NaOH$ ხსნარი უნდა ავწონოთ 0.2 მოლი ე.ი. $(0.2 \cdot 40)=8$ გ ნატრიუმის ჰიდროქსიდი, მოვათავსოთ ლიტრიან საზომ კოლბაში, დავამატოთ წყალი ნივთიერების სრულ გახსნამდე და შემდეგ ხსნარი შევავოთ ჭედმდე წყლით.

ნორმალური კონცენტრაცია ანუ ნორმალობა (C_N) გამოისახება ნივთიერების ექვივალენტების რიცხვით, რომელსაც შეიცავს 1 ლ ხსნარი. ხსნარს, რომლის 1 ლ

შეივაცს გახსნილი ნივთიერების ერთ ექვივალენტს (ექვ) ეწოდება ნორმალური.

$$C_N = \frac{m}{M_E \cdot V}$$

სადაც, C_N – ნორმალური კონცენტრაცია ანუ ნორმალობა;

m – გახსნილი ნივთიერების მოლების რიცხვი, მოლი;

M_E – გახსნილი ნივთიერების ექვივალენტური მასა, გ;

V – ხსნარის მოცულობა, ლ.

ნაერთის ექვივალენტი ეწოდება მის ისეთ რაოდენობას, რომელიც მოცემულ რეაქციაში ურთიერთქმედებს წყალბადის 1 ექვივალენტთან. ექვივალენტური მასა – ეს არის 1 ექვივალენტის მასა (გ.მოლი).

თუ 1 ლ ხსნარში არსებობს ნივთიერების 0.1 ექვ, მაშინ ის იწოდება დეცინორმალურად, 0.01 ექვ – სანტინორმალურად, 0.001 ექვ – მილინორმალურად. ნორმალობა ჩვეულებრივ აღინიშნება ასოთი N (ან n), ასე მაგალითად, $1N H_2SO_4$ – გოგირდმჟავას ნორმალური ხსნარია, ასეთი ხსნარის 1 ლ შეიცავს 1 ექვ-ს, ე.ი. $(98/2)=49$ გ H_2SO_4 -ს; $0.01N NaOH$ – ნატრიუმის ჰიდროქსიდის სანტიმოლური ხსნარია. მისი 1 ლ შეიცავს 0.01 ექვ, ე.ი. $(40/100)=0.4$ გ $NaOH$ -ს და ა.შ. ნორმალური ხსნარი მზადდება მოლური ხსნარის მსგავსად.

მაგალითი 1. 500 გ ხსნარი შეიცავს 25 ნატრიუმის კარბონატს Na_2CO_3 . როგორია აღნიშნული ხსნარის პროცენტული და ნორმალური კონცენტრაციები, თუ კი ხსნარის სიმკვრივე $\rho=1.03$ გ/სმ³?

ამოხსნა: ვინაიდან ხსნარის მასა $m_{xs} = \rho \cdot V_{xs} = 500 \cdot 1.03 = 515$ გ, ხსნარის პროცენტული კონცენტრაცია

$$\omega = \frac{25}{515} \cdot 100\% = 4.76\%$$

ნატრიუმის კარბონატს Na_2CO_3 ექვივალენტური მასა $M_E = \frac{M}{2} = \frac{106}{2} = 53$ გ/მოლი

ნორმალური კონცენტრაცია $C_N = \frac{m}{M_E \cdot V} = \frac{25}{53 \cdot 0.5} = 0.945$.

ნივთიერების ხსნადობა წყალში

ხსნადობა – ეს არის წყალში ან სხვა გამხსნელში ნივთიერების გახსნის უნარი. წყალში შეიძლება გაიხსნას მყარი, თხევადი და აირადი ნივთიერებები.

წყალში ხსნადობის მიხედვით ნივთიერებებს ყოფენ სამ ჯგუფად: 1) კარგად ხსნადი; 2) მცირედ ხსნადი; 3) პრაქტიკულად უხსნად ნივთიერებებად. უკანასკნელს აგრეთვე უხსნად ნივთიერებებს უწოდებენ. მაგრამ უნდა აღვნიშნოთ, რომ აბსოლუტურად უხსნადი ნივთიერებები არ არსებობს. თუ წყალში ჩავუშვებთ მინის ღეროს, ვერცხლის ან ოქროს ნაჭერს, ისინი უმნიშვნელო, მცირე რაოდენობით მაინც იხსნებიან წყალში. ეს ფაქტი იმითაც დასტურდება, რომ ვერცხლისა და ოქროს ხსნარებს ბაქტერიციდული თვისებები ახასიათებთ.

ხსნადობა უწინარეს ყოვლისა დამოკიდებულია ნივთიერების ბუნებაზე, იგი აგრეთვე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და წნევაზე. თვით გახსნის პროცესი განპირობებულია გახსნილი და გამხსნელი ნივთიერებების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედებით, ეს თვითნებური პროცესია.

მყარი ნივთიერების სითხეებში გახსნის პროცესი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ: გამხსნელის გავლენით მყარი ნივთიერების ზედაპირიდან თანდათანობით წყდება იონები ან მოლეკულები და თანაბრად ნაწილდებიან ხსნარის მთელ მოცულობაში. თუ გამხსნელი ხსნის ნივთიერების დიდ რაოდენობას, რამდენიმე ხანში ხსნარი ნაჯერი ხდება. ნაჯერი ეწოდება ისეთ ხსნარს, რომელიც დინამიურ წონასწორობაში იმყოფება ჭარბ გახსნელ ნივთიერებასთან. ნაჯერი ხსნარი მოცემულ ტემპერატურაზე შეიცავს გახსნილი ნივთიერების მაქსიმალურ რაოდენობას. ნაჯერ ხსნარში გამხსნელის დამატებით წარმოიქმნება უჯერი ხსნარი.

რაოდენობრივად ხსნადობას ყველაზე ხშირად გამოსახავენ ნაჯერი ხსნარის კონცენტრაციით, ე. ი. ნივთიერების გრამების მაქსიმალური რაოდენობით, რომელიც შეიძლება გაიხსნას მოცემულ ტემპერატურაზე 100 გ გამხსნელში. ამ რაოდენობას ხსნადობის კოეფიციენტი ანუ ნივთიერების ხსნადობა ეწოდება. ასე მაგალითად, 18 °C - ის დროს 100 გ წყალში იხსნება 51.7 გ ტყვიის ნიტრატი $Pb(NO_3)_2$. ე.ი. ამ მარილის ხსნადობა 18 °C -ზე შეადგენს 51.7 გ.

როდესაც ნივთიერების ხსნადობაზე ვსაუბრობთ, ყოველთვის უნდა მივუთითოთ ტემპერატურა. როგორც წესიმ მყარ ნივთიერებათა ხსნადობა ტემპერატურის გაზრდით აზრდება. ეს თვალსაჩინოდ გამოისახება ხსნადობის მრუდის დახმარებით (იხ. ნახ. 1. მაგრამ არსებობენ ნივთიერებები, რომელთა ხსნადობა ტემპერატურის გაზრდით მატულობს უმნიშვნელოდ, მაგალითად, $NaCl$, $AlCl_3$ ან მცირდება კიდეც. მაგალითად, $Ca(OH)_2$, Li_2SO_4 , $Ca(CH_3COOH)_2$.

ცხრილი 2. აირების ხსნადობა წყალში

აირი	აირის ხსნადობა 100 გ წყალში, მლ		აირი	აირის ხსნადობა 100 გ წყალში, მლ	
	0 °C -ზე	20 °C -ზე		0 °C -ზე	20 °C -ზე
წყალბადი	2,15	1,8	ნახშირორჟანგი	171	87,8
ჟანგბადი	4,9	3,1	ქლორი	461	236
აზოტი	2,35	1,5	მეთანი	5,5	3,3

ტემპერატურის დაცემისას ხსნარიდან ნივთიერების გამოყოფას კრისტალიზაცია ეწოდება. ამ დროს მიიღება სუფთა ნივთიერება.

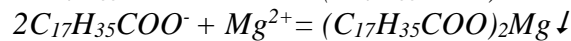
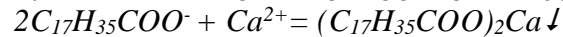
აირების წყალში გახსნისას გამოიყოფა სითბო, ამიტომ ლე-შატელიეს პრინციპის შესაბამისად ტემპერატურის გაზრდით აირის ხსნადობა მცირდება, ხოლო შემცირებისას – იზრდება (იხ. ცხრილი 2).

ნივთიერებათა გახსნას თან ახლავს სითბური ეფექტები: სითბოს გამოყოფა ან შთანთქმა – ნივთიერების ბუნებაზე დამოკიდებულებით. მაგალითად, წყალში კალიუმის ჰიდროქსიდის ან გოგირდმჟავას გახსნისას შეიმჩნევა ხსნარის ძლიერი გავხელება, ხოლო ამონიუმისა და კალიუმის ნიტრატების გახსნისას – ხსნარის ძლიერი გაცივება. პირველ შემთხვევაში მიმდინარეობს ეგზოთერმული პროცესი ($\Delta H < 0$), მეორეში – ენდოთერმული ($\Delta H > 0$).

წყლის სიბისტე (hardness)

ბუნებაში აბსოლუტურად სუფთა წყალი არ გვხვდება: იგი ყოველთვის შეიცავს რამდენიმე ნივთიერების მინარევებს. კერძოდ, დედამიწის ქერქის არსებულ მარილებთან ურთიერთქმედებით იგი იძენს განსაზღვრულ სიხისტეს.

წყლის სიხისტე არის თვისებათა ერთობლიობა, რომელიც განპირობებულია წყალში Ca^{2+} და Mg^{2+} იონების შემცველობით. თუ ამ იონების შემცველობა დიდია, წყალს ხისტს უწოდებენ, თუ მცირეა – რბილს. სწორედ ეს იონები ანიჭებენ წყალს სპეციფიკურ თვისებებს. თეთრეულის რეცხვის დროს ხისტი წყალი არა მარტო აუარესებს გასარეცხი ქსოვილის ხარისხს, არამედ იწვევს საპნის გადაჭარბებულ ხარჯვას, რომელიც Ca^{2+} და Mg^{2+} იონების შებოჭვაზე იხარჯება:



ქაფი წარმოიქმნება მხოლოდ ამ იონების სრული დალექვის შემდეგ. ზოგიერთი სანთეზური გამრეცხი საშუალებები კარგად რეცხავს ხისტ წყალშიც, რადგან ამ ნივთიერებების კალციუმისა და მაგნიუმის მარილები ადვილად იხსნებიან წყალში.

ხისტ წყალში ძნელად იხარშება საკვები პროდუქტები, ხოლო მასში მოხარშული ბოსტნეული უგემურია. ძალიან ცუდად მზადდება ჩაი და მისი გემო იკარგება. იმავე დროს სანიტარულ-ჰიგიენური თვალსაზრისით ეს იონები არ ქმნიან საფრთხეს. იონების დიდი შემცველობის დროს (ზღვაში და ოკეანეში) წყალი მომწარო გემოსია და ცუდად მოქმედებს ადამიანის კუჭ-ნაწლავზე.

ხისტი წყალი არ გამოდგება ორთქლის ქვაბებში: მასში გახსნილი მარილები ადუღებისას ქვაბის კედლებზე წარმოქმნიან მინადულის შრეს, რომელიც ცუდად ატარებს სითბოს. ამას მივყავართ სათბობის გადახარჯვამდე, ქვაბების ნაადრევ გაცვეთამდე და ხანდახან ქვაბების გადახურების შედეგად ავარიამდეც. ასევე წარმოიქმნება მინადული ჩაიდანზე. ბოლოს, ხისტი წყალი მავნებელია მეტალური კონსტრუქციებისათვის, მილსადენებისათვის, სამაცივრო დანადგარების გარსაცმი-სათვის.

განასხვავებენ სიხისტის შემდეგ სახეებს, რომლებიც განპირობებულია წყალში ამა თუ იმ იონების შემცველობით:

1. კალციუმოვანი სიხისტე;
2. მაგნიუმოვანი სიხისტე;
3. კარბონატული სიხისტე;
4. არაკარბონატული სიხისტე.

საერთო სიხისტე წარმოადგენს კალციუმოვანი და მაგნიუმოვანი სიხისტეების ჯამს, რაც კარბონატული და არაკარბონატული სიხისტეების ჯამის ტოლია.

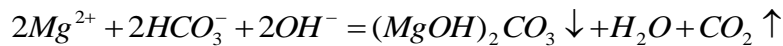
Ca^{2+} იონები განაპირობებენ კალციუმოვან სიხისტეს, ხოლო Mg^{2+} იონები – მაგნიუმოვანს.

კარბონატული ეწოდება სიხისტეს, რომელიც გამოწვეულია იმ რაოდენობა Ca^{2+} და Mg^{2+} იონების არსებობით, რომელიც წყალში არსებული ჰიდროკარბონატ-იონების HCO_3^- ექვივალენტურია. სხვა სიტყვებით, კარბონატული სიხისტე გამოწვეულია კალციუმისა და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატების არსებობით. ადუღებისას ჰიდროკარბონატები იშლება, ამ დროს წარმოქმნილი მცირედხსნადი კარბონატები გამოიყოფა ნალექის სახით, რის შედეგადაც წყლის საერთო სიხისტე მცირდება კარბონატური სიხისტის სიდიდით. ამიტომ კარბონატულ სიხისტეს აგრეთვე დროებით სიხისტეს უწოდებენ. ასეთი წყლის ადუღებისას Ca^{2+} იონები ილექება კარბონატის

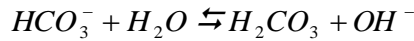
სახით:



ხოლო Mg^{2+} იონები - მაგნიუმის ფუძოვანი კარბონატების ან ჰიდროქსიდის სახით ($pH > 10,3$):



(ჰიდროქსიდ-იონები OH^- წარმოიქმნება ჰიდროკარბონატ-იონების HCO_3^- წყალთან ურთიერთქმედების შედეგად:



და წონასწორობა გაცხელებისას გადაიწევს მარჯვნივ).

სიხისტის დანარჩენ ნაწილს, რომელიც რჩება წყლის ადულების შემდეგ, არაკარბონატული სიხისტე ეწოდება. იგი განისაზღვრება წყალში ძლიერი მჟავების კალციუმისა და მაგნიუმის მარილების, უმთავრესად, სულფატებისა და ქლორიდების შემცველობით. ადულებისას ეს მარილები არ სცილდება, ამიტომ არაკარბონატულ სიხისტეს აგრეთვე მუდმივ სიხისტესაც უწოდებენ.

განვიხილოთ წყლის სიხისტის რაოდენობრივი დახასიათება. წყლის სიხისტის ხარისხი გამოისახება სხვადასხვანაირად. ძირითადად მას გამოსახავენ ჯამით Ca^{2+} და Mg^{2+} -ის იონების მილიგრამ-ექვივალენტებისა (მგ-ექვ), რომელსაც შეიცავს წყლის 1 ლ. რადგანაც სიხისტის 1 მგ-ექვ უპასუხებს Ca^{2+} -ის 20.04 მგ/ლ იონებს ან Mg^{2+} -ის 12.16 მგ/ლ იონებს, ამიტომ განსაზღვრის თანახმად წყლის საერთო სიხისტე (H_0) (მგ-ექვ/ლ-ში) შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით:

$$H_0 = \frac{[Ca^{2+}]}{20,04} + \frac{[Mg^{2+}]}{12,16}$$

სადაც, $[Ca^{2+}]$ და $[Mg^{2+}]$ - Ca^{2+} და Mg^{2+} იონების კონცენტრაციებია, მგ/ლ.

სიხისტის სიდიდის მიხედვით ბუნებრივ წყალს ასხვავებენ:

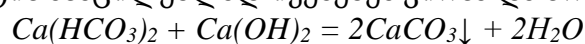
- ძალიან რბილს - 1,5 მგ-ექვ/ლ-მდე;
- რბილს - 1,5-დან 4 მგ-ექვ/ლ-მდე;
- საშუალო სიხისტის - 4-დან 8 მგ-ექვ/ლ-მდე;
- ხისტს - 8-დან 12 მგ-ექვ/ლ-მდე;
- ძალიან ხისტს - 12 მგ-ექვ/ლ-ს ზევით.

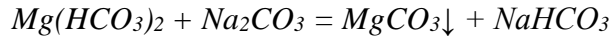
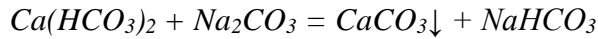
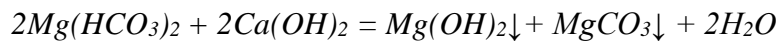
განსაკუთრებით დიდი სიხისტით გამოირჩევა ზღვის და ოკეანების წყალი. ასე მაგალითად, შავ ზღვაში წყლის კალციუმოვანი სიხისტე შეადგენს 12 მგ-ექვ/ლ-ს, მაგნიუმოვანი - 53,5 მგ-ექვ/ლ-ს და საერთო - 65,5 მგ-ექვ/ლ. ოკეანეებშიც კალციუმოვანი სიხისტე უტოლდება 22,5 მგ-ექვ/ლ-ს, მაგნიუმოვანი - 108 მგ-ექვ/ლ-ს და საერთო - 130,5 მგ-ექვ/ლ. სამეურნეო-სასმელი წყალსადენის წყლის სიხისტე არ უნდა აღემატებოდეს 7 მგ-ექვ/ლ-ს.

წყლის სიხისტის შემცირების პროცესს წყლის დარბილება ეწოდება. დარბილების პროცესი ხორციელდება ორი მეთოდით: დალექვის და იონური მიმოცვლის მეთოდებით.

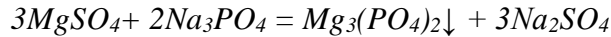
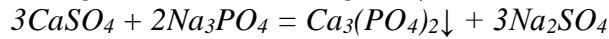
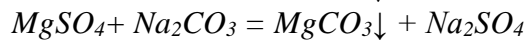
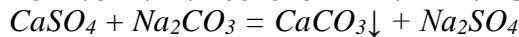
დალექვის მეთოდი შეიძლება განხორციელდეს როგორც ფიზიკური, ასევე ქიმიური მეთოდებით. კერძოდ, დროებით სიხისტეს ამცირებენ წყლის ხანგრძლივი (1 სთ) დუღილით. წყლის ქიმიური დამუშავებისას გამოიყენებენ: კირს $Ca(OH)_2$, სოდას Na_2CO_3 , ნატრიუმის ფოსფატს Na_3PO_4 .

დროებითი სიხისტის ასაცილებლად იყენებენ კირსა და სოდას:

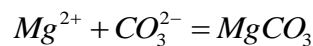
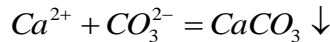




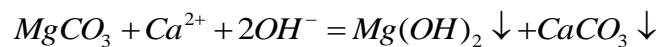
მუდმივი სიხისტის ასაცილებლად იყენებენ სოდასა და ფოსფატებს,



კირისა და სოდის ერთდროულად დამატებით შეიძლება ავიცილოთ კარბონატული და არაკარბონატული სიხისტეები (კირ-სოდის ხერხი). კარბონატული სიხისტე ამ დროს შორდება კირით (იხ. ზემოთ). ხოლო ზრზკზრბონატული - სიდდით



და შემდგომ:



4 ლექცია

ელექტროლიტები და არაელექტროლიტები. ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია.

წყალბადური მაჩვენებელი PH

დაჟანგულობის ხარისხი.

ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები. ჟანგვა-აღდგენა.

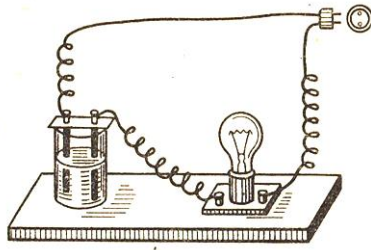
სტანდარტული ელექტროდული პოტენციალი

ელექტროლიტები. ელექტროლიტური დისოციაცია.

ძლიერი, საშუალო და სუსტი ელექტროლიტები. დისოციაციის ხარისხი.

ცნობილია, რომ ზოგი ნივთიერება გახსნილ ან გალღობილ მდგომარეობაში ელექტრულ დენს ატარებს. მეორენი იმავე პირობებში არ ატარებენ. ამ ფაქტზე დაკვირვება შეიძლება მარტივი ხელსაწყოს დახმარებით (იხ. ნახ. 2). იგი შედგება ნახშირის ელექტროდებისაგან, რომლებიც შეერთებულია სადენებით ელექტრულ ქსელში. წრედში ჩართულია ელექტრონათურა, რომელიც უჩვენებს დენის არსებობას ან არარსებობას.

ნივთიერებებს, რომელთა ნალღობები ან წყალხსნარები ატარებენ ელექტრულ დენს ელექტროლიტები ეწოდებათ, ხოლო რომელთა არც ნალღობები და არც წყალხსნარები არ ატარებენ ელექტრულ დენს – **არაელექტროლიტები** ეწოდება. ელექტროლიტებს მიეკუთვნებიან მჟავები, ფუძეები და მარილები, არაელექტროლიტებს – ორგანულ ნაერთთა უმრავლესობა. ნათელია, წყალში გახსნისას მჟავები, ფუძეები და მარილები განიცდიან ღრმა ცვლილებებს, რომლებიც განაპირობებენ მიღებული ხსნარების ელექტროგამტარობას.



ნახ. 2. ხსნარების ელექტროგამტარობის განმსაზღვრელი ხელსაწყო.

ელექტროლიტები მეორე გვარის ელექტროლიტებია. ხსნარში ან ნალღობში ისინი იშლებიან იონებად, ლომელთა წყალობითაც გადის დენი. ცხადია, რაც მეტია იონთა რიცხვი, მით უკეთესად ატარებს იგი ელექტრულ დენს. წყალი ცუდად ატარებს ელექტროდენს.

ელექტროლიტების იონებად დაშლის პროცესს ელექტროლიტური დისოციაცია ეწოდება. ასე მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდი $NaCl$ წყალში მთლიანად იშლება ნატრიუმისა Na^+ და ქლორის Cl^- იონებად. მაგრამ წყალი მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობით წარმოქმნის წყალბადის H^+ და ჰიდროქსიდ-იონებს OH^-

შვედმა მეცნიერმა ს. არემიუსმა 1887 წელს წამოაყენა ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია, რომელმაც ახსნა ელექტროლიტების ქცევა და მათი მრავალი თვისება.

1. წყალში გახსნისას ელექტროლიტები იშლებიან (დისოცირებენ) დადებითად და უარყოფითად დამუხტულ იონებად. ამ პროცესის დროს წარმოქმნილ დადებითად დამუხტულ იონებს კათიონები, ხოლო უარყოფითად დამუხტულს – ანიონები ეწოდება;
2. ელექტრული დენის ჩართვისას იონები იწყებენ მიმართულ მოძრაობას დადებითად დამუხტული კათიონები მიემართებიან უარყოფითად დამუხტული კათოდისაკენ, ხოლო უარყოფითად დამუხტული ანიონები – დადებითად დამუხტული ანოდისაკენ. იონების მიმართული მოძრაობა მიმდინარეობს საწინააღმდეგოდ დამუხტული ელექტროდების მიერ მიზიდვის შედეგად.
3. დისოციაცია შებრუნებული პროცესია. ეს ნიშნავს, რომ მოლეკულის იონებად დაშლასთან (დისოციაციასთან) პარალელურად მიმდინარეობს იონების მოლუკულებად შეერთების (ასოციაციის) პროცესი. ამიტომ ელექტროლიტური დისოციაციის განტოლებაში ტოლობის ნიშნის ნაცვლად სვამენ შექცევადობის ნიშანს. მაგალითად, ზოგადი სახით KA ელექტროლიტის მოლეკულის დისოციაცია K^+ კათიონიტად და A^- ანიონიტად ასე ჩაიწერება¹:

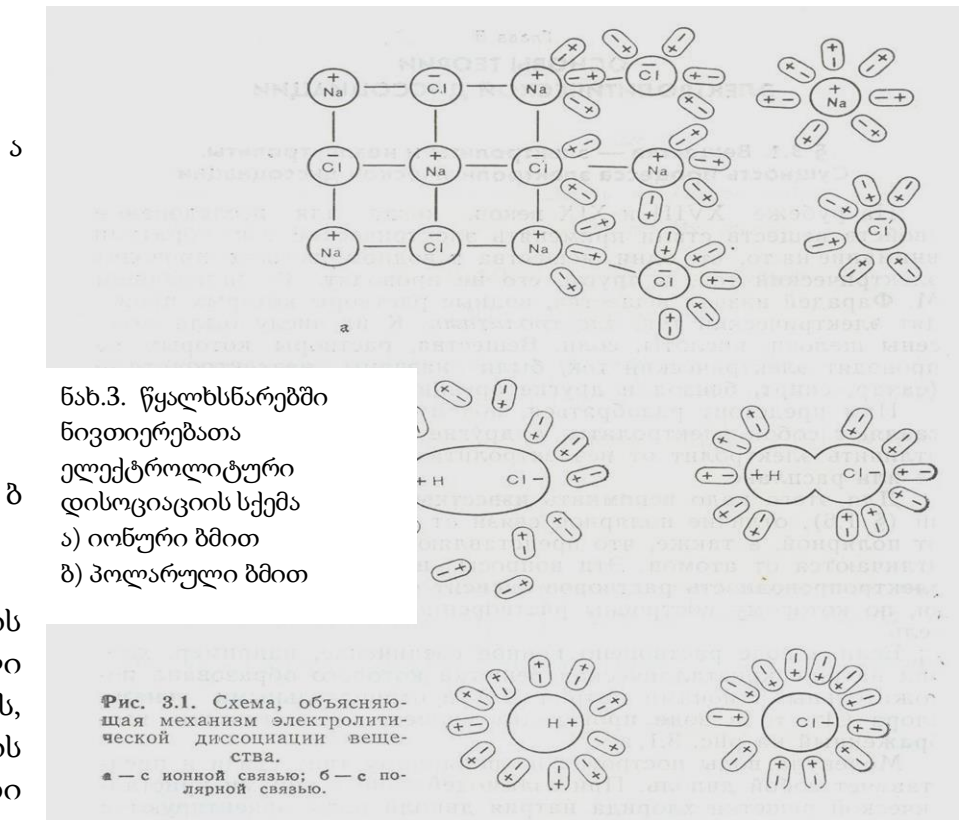


ელექტროლიტის იონებად დისოცირდება ქიმიური ბმის შესახებ სწავლებით აიხსნება. ყველაზე ადვილად დისოცირდება იონური ბმის ნივთიერებები. ეს ნივთიერებები შედგებიან იონებისაგან. გახსნისას წყლის დიპოლები ორიენტირდებიან მათი დადებითი და უარყოფითი იონების ირგვლივ. იონებსა და წყლის დიპოლებს შორის ჩნდება ურთიერთმიზიდვის ძალები. შედეგად იონებს შორის ბმა სუსტდება – მიმდინარეობს იონების გადასვლა კრისტალიდან ხსნარში. ამ დროს წარმოიქმნება ჰიდრატირებული იონები ე.ი. წყლის მოლეკულებთან ქიმიურად შეკავშირებული

¹ ელექტროლიტების დისოციაციის განტოლებებში მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებს შორის სვამენ შექცევადობის ნიშანს (\rightleftharpoons)

იონები (ნახ.3).

ანალოგიურად დისოცირდებიან სხვა ელექტროლიტებიც, რომელთა მოლეკულები წარმოქმნილია პოლარული კოვალენტური ბმის ტიპის მიხედვით (პოლარული მოლეკულები). ამ შემთხვევაშიც ნივთიერების ყოველი პოლარული მოლეკულის ირგვლივ ორიენტირდებიან წყლის დიპოლები, რომლებიც თავისი უარყოფითი პოლუსებით მიიზიდებიან მოლეკულის დადებითი პოლუსის მიერ და დადებითი პოლუსით - უარყოფითი პოლუსისაგან. ამ ურთიერთქმედების შედეგად დამაკავშირებელი ელექტრონული ღრუბელი (ელექტრონული წყვილი) მთლიანად გადაიწევა უფრო ელექტროუარყოფითი ატომისაკენ, პოლარული მოლეკულა გარდაიქმნება იონურად და შემდეგ ადვილად წარმოიქმნებიან ჰიდრატირებული იონები (იხ. ნახ. 3ბ). პოლარული მოლეკულების დისოციაცია შეიზღუბა იყოს სრული ან ნაწილობრივ - ყველაფერი დამოკიდებულია მოლეკულის ბმის პოლარობის ხარისხზე.



ნახ.3. წყალხსნარებში ნივთიერებათა ელექტროლიტური დისოციაციის სქემა
 ა) იონური ბმით
 ბ) პოლარული ბმით

ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის თანახმად შესაძლებელი ხდება მჯავების, ფუძეებისა და მარილების განმარტება და მათი თვისებების აღწერა:

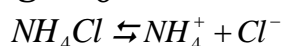
- მჟავა ეწოდება ელექტროლიტს, რომლის დისოციაციის დროს კათიონის სახით წარმოიქმნება მხოლოდ წყალბადის კათიონი.



- ფუძე ეწოდება ელექტროლიტს, რომლის დისოციაციის დროს წარმოიქმნება ანიონის სახით მხოლოდ ჰიდროქსიდ-იონი. წყალში ხსნად ფუძეებს ტუტეები ეწოდება.



- მარილი ეწოდება ელექტროლიტს, რომლის დისოციაციის დროს წარმოიქმნება მეტალის კათიონი (ასევე ამონიუმის კათიონი NH_4^+) და მჯავური ნაშთის ანიონები.



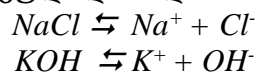
რაოდენობრივად ელექტროლიტის სიძლიერეს აფასებენ α დისოციაციის ხარისხით. დისოციაციის ხარისხი გვიჩვენებს მოცემულ ხსნარში იონებად დისოცირებული ელექტროლიტის მოლეკულების რიცხვის ფარდობას ხსნარში მისი მოლეკულების საერთო რიცხვთან:

$$\alpha = \frac{n}{N} \quad \text{ან} \quad \alpha = \frac{n}{N} \cdot 100\%$$

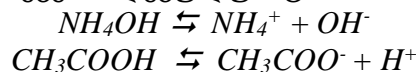
სადაც, n – იონებად დისოცირებული ელექტროლიტის მოლეკულების რიცხვი;
 N – ხსნარში ელექტროლიტის საერთო რიცხვი.

ელექტროლიტის დისოციაციის ხარისხი გამოიხატება მთელის ნაწილებში ან პროცენტებში. დისოციაციის ხარისხი შეიძლება იცვლებოდეს ნულიდან (დისოციაცია არ მიმდინარეობს) ერთამდე (სრული დისოციაცია). ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხი დამოკიდებულია გახსნილი და გამხსნელი ნივთიერებების ბუნებაზე, ხსნარის კონცენტრაციაზე და ტემპერატურაზე. ხსნარის განზავებისას დისოციაციის ხარისხი ყოველთვის იზრდება, ამიტომ ელექტროლიტების სიძლიერის შეფასება α მნიშვნელობით საჭიროა ერთნაირი კონცენტრაციის ხსნარებისათვის.

ელექტროლიტებს ყოფენ ძლიერ, საშუალო და სუსტ ელექტროლიტებად. ძლიერ ელექტროლიტებს მიეკუთვნება თითქმის ყველა მარილი ($NaCl$, Na_2SO_4 , Na_3PO_4), ტუტეები და ზოგიერთი მჟავები (HNO_3 , H_2SO_4 , $HClO_4$, HCl , HBr , HI). წყალხსნარებში ძლიერი ელექტროლიტები პრაქტიკულად მთლიანად დისოცირებენ იონებად, მაგ:



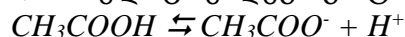
სუსტ ელექტროლიტებს მიაკუთვნებენ წყალს, ორგანული და არაორგანული მჟავების უმრავლესობას, მაგ: CH_3COOH , H_2SO_3 , H_2S , HCN , H_2SiO_3 ამონიუმის ჰიდროქსიდს H_4OH_6 უმეტესი მეტალების ჰიდროქსიდები ($Cu(OH)_2$, $Zn(OH)_2$, $Al(OH)_3$). ზოგიერთ მარილებს $ZnCl_2$, $CdCl_2$, $Fe(CNS)_3$. სუსტი ელექტროლიტები ხსნარში არსებობენ, როგორც იონურ, ასევე მოლეკულურ ფორმაში. მაგ:



საშუალო ელექტროლიტებს მიეკუთვნება ზოგიერთი არაორგანული მჟავები, მაგალითად, ფოსფორმჟავა H_3PO_4 .

ელექტროლიტს უწოდებენ ძლიერს, თუ კი მის ხსნარში α -ს მნიშვნელობა 0.3-ზე ანუ 30%) მეტია, საშუალოს თუ კი $\alpha=2\div 30\%$, სუსტს – თუ კი α 0.02-ზე ანუ 2%` ნაკლებია.

სუსტი ელექტროლიტების დისოციაციის უნარიანობის შეფასებისას მიზანშეწონილია K_d ელექტროლიტის დისოციაციის კონსტანტით სარგებლობა. მაგ: ძმარმჟავას დისოციაციისათვის, რომელიც შემდეგი განტოლებით გამოიხატება:



დისოციაციის კონსტანტას გამოსახულებას შემდეგი სახე აქვს:

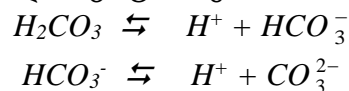
$$K_1 = K_o = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]} = 1,8 \cdot 10^{-5}, \quad (t^\circ = 25^\circ C)$$

სადაც, $[CH_3COO^-]$ და $[H^+]$ არის იონთა კონცენტრაციები, მოლი/ლ
 $[CH_3COOH]$ – იონებთან წონასწორობაში მყოფი ძმარმჟავას კონცენტრაცია, მოლი/ლ.

დისოციაციის კონსტანტა სუსტი ელექტროლიტების მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს, ვინაიდან მიუთითებს მოცემულ ხსნარში მათი მოლეკულების სიმტკიცეზე. რაც მცირეა დისოციაციის კონსტანტა, მით უფრო სუსტად

დისოცირებს ელექტროლიტი და შესაბამისად მით უფრო მდგრადია მისი მოლეკულები. K_1 მნიშვნელობა დამოკიდებულია ელექტროლიტისა და გამხსნელის ბუნებაზე, ტემპერატურაზე, მაგრამ არ არის დამოკიდებული ხსნარში ელექტროლიტის კონცენტრაციაზე.

ზღვის წყალი წარმოადგენს სხვადასხვა სიძლიერის ელექტროლიტების წყალხსნარს. იგი შეიცავს $NaCl$, K_2SO_4 , $MgCl_2$ ტიპის თითქმის მთლიანად დისოცირებული მარილების დიდ რაოდენობას და ამის გამო წარმოადგენს ელექტრული დენის გამტარს. ზღვის წყალი ხასიათდება აგრეთვე H_2CO_3 , H_2S , H_3PO_4 ტიპის სუსტი და საშუალო სიძლიერის მჟავების წარმოებულთა წონასწორობის რთული სისტემით. ასე მაგალითად, პირობებზე დამოკიდებულებით ზღვის წყალში შეიძლება იმყოფებოდეს ნახშირმჟავას სხვადასხვა ფორმები:



ელექტროლიტების ხსნარებში მიმდინარე რეაქციას, რომლის დროსაც არ ხდება იონთა მუხტების ცვლილება იონმიმოცვლითი რეაქცია ეწოდება. მსგავსი რეაქციების მიმდინარეობისას რეაქციის მიმართულება განისაზღვრება წესით: იონმიმოცვლითი რეაქციები პრაქტიკულად შეუქცევადად მიმდინარეობს მცირედხსნადი, ადვილად აქროლადი და მცირედდისოცირებული ნივთიერების წარმოქმნის მიმართულებით. პროცესების არსი სრულად გამოისახება მათი იონურ-მოლეკულური განტოლებების ფორმით ჩაწერისას. პირველად წერენ რეაქციის განტოლებას მოლეკულური ფორმით, შემდეგ კი რეაქციის იონურ განტოლებას. იონურ განტოლებებში ძლიერი ელექტროლიტები ჩაიწერებიან იონების სახით, ხოლო მცირედხსნადი და აქროლადი ნივთიერებები, ასევე სუსტი ელექტროლიტები – მოლეკულების სახით. ფორმულასთან მდგომი ისარი \uparrow \downarrow აღნიშნავს, რომ ნივთიერება სცილდება სარეაქციო სფეროს ნალექის სახით, ხოლო ისარი \uparrow ზევით ნიშნავს, რომ ნივთიერება სცილდება სარეაქციო სფეროს გაზის სახით, იონებს, რომლებიც არ მონაწილეობენ რეაქციაში, ე. ი. გვხვებიან განტოლებების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებში, კვეცავენ. შედეგად ჩაწერენ შეკვეცილ იონურ განტოლებას. იონურ-მოლეკულური განტოლებების შედგენისას რეკომენდირებულია ხსნადობის ცხრილით (იხ. ცხრილი 3) სარგებლობა, ასევე ტაბულით, სადაც მოცემულია ელექტროლიტთა წყალხსნარების დისოციაციის ხარისხები (იხ. ცხრილი 4).

ცხრილი 3. ზოგიერთ არაორგანულ ნაერთთა ხსნადობის ცხრილი
(ხს - ხსნადი; უ - უხსნადი; მხ - მცირედ ხსნადი)

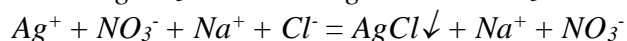
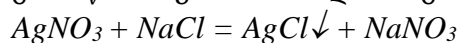
ანიონები	კათიონები																				
	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Co ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	-	-	უ	უ	უ
Cl ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	ხს	მხ	ხს	ხს
Br ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	მხ	ხს	ხს
I ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	-	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	მხ	-
S ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	-	-	უ	-	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ
SO ₃ ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	-	-	უ	-	უ	უ	უ	უ	უ	-	უ	-	-
SO ₄ ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	მხ	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	ხს	უ	ხს	ხს
PO ₄ ³⁻	ხს	უ	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ
CO ₃ ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	-	-	უ	-	უ	უ	უ	უ	უ	-	უ	-	-
SiO ₃ ²⁻	უ	ხს	ხს	ხს	-	უ	უ	უ	უ	-	უ	უ	-	-	უ	უ	-	-	უ	-	უ
NO ₃ ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	-	ხს

ცხრილი 4. ზოგიერთი მჟავების, ფუძეებისა და მარილების α დისოციაციის ხარისხის მნიშვნელობები წყალხსნარებში (0,1 ნ, 18 C°)

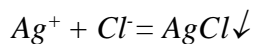
მჟავები	α , %	ფუძეები	α , %
აზოტმჟავა HNO ₃	92	კალიუმის ჰიდროქსიდი KOH	89
მარილმჟავა HCl	91	ნატრიუმის ჰიდროქსიდი NaOH	84
ბრომწყალბადმჟავა HBr	90	ამონიუმის ჰიდროქსიდი NH ₄ OH	1,3
იოდწყალბადმჟავა HI	90	მარილები	
გოგირდმჟავა H ₂ SO ₄	58	$Me^+ A^-$ ტიპის (მაგალითად, KCl)	83
ფოსფორმჟავა H ₃ PO ₄	36	$Me_2^+ A^{2-}$ ტიპის (მაგალითად, K ₂ SO ₄)	75
გოგირდოვანი მჟავა H ₂ SO ₃	20	$Me^{2+} A_2^-$ ტიპის (მაგალითად, BaCl ₂)	75
ძმარმჟავა CH ₃ COOH	1,3	$Me_3^+ A^{3-}$ ტიპის (მაგალითად, K ₃ PO ₄)	65
ნახშირმჟავა H ₂ CO ₃	0,17	$Me^{3+} A_3^-$ ტიპის (მაგალითად, AlCl ₃)	65
გოგირდწყალბადმჟავა H ₂ S	0,07	$Me^{2+} A^{2-}$ ტიპის (მაგალითად, CuSO ₄)	40
ბორმჟავა H ₃ BO ₃	0,01		

იონურ-მოლეკულური განტოლებების შედგენის მაგალითები.

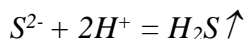
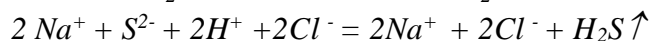
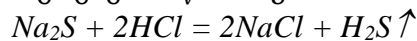
1) მცირესნადი ნივთიერებების წარმოქმნით მიმდინარე რეაქციები:



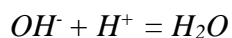
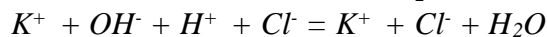
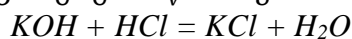
რეაქციის განტოლების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებში ერთნაირი Na^+ და NO_3^- იონების შეკვეცით მიიღება:



2) ადვილად აქროლადი ნივთიერებების წარმოქმნით მიმდინარე რეაქციები:



3) მცირედდისოცირებული ნივთიერების წარმოქმნით მიმდინარე რეაქციები:



წყალბადური მაჩვენებელი – ხსნარის pH

გაწმენდილი წყალი ხასიათდება თუმცა ძალიან მწირი, მაგრამ მაინც განსაზღვრებადი ელექტროგამტარობით. აქედან გამომდინარეობს, რომ წყალი უმნიშვნელოდ დისოცირებს იონებად, ე.ი. მასში მყარდება წონასწორობა განტოლების შესაბამისად,



აღნიშნული რეაქციისათვის დისოციაციის კონსტანტა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$K_d = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$$

22°C ტემპერატურისას ეს სიდიდე შეადგენს $1.8 \cdot 10^{-16}$. წყლის წონასწორობის კონცენტრაცია $[H_2O]$ პრაქტიკულად მის საერთო კონცენტრაციის, ე.ი. 1 ლ-ში წყლის მოლეკულების რიცხვის ტოლია, კერძოდ $1000:18=55,56$ მოლი/ლ. ეს გვაძლევს $[H_2O]$ წყლის წონასწორობის კონცენტრაციის K_d დისოციაციის კონსტანტის განტოლებაში ჩასმის საშუალებას, რასაც მივყავართ ახალ K_{H_2O} კონსტანტამდე. $t = 22^\circ C$ მას აქვს მნიშვნელობა:

$$K_{H_2O} = K_d \cdot [H_2O] = [H^+] \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \text{ მოლი}^2/\text{ლ.}$$

განსაზღვრულ ტემპერატურაზე K_{H_2O} მუდმივ სიდიდეს წყლის იონური წარმოებული ეწოდება.

ვინაიდან სუფთა წყალი ელექტრულად ნეიტრალურია, მისთვის უნდა სრულდებოდეს ტოლობა:

$$[H^+] = [OH^-] = \sqrt{K_{H_2O}} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ მოლი/ლ.}$$

ამრიგად, სუფთა წყალში H^+ და OH^- იონების მოლური კონცენტრაციები ერთნაირია, ხოლო ნებისმიერ წყალხსნარში ისინი იმყოფებიან ისეთი კონცენტრაციით, რომ მათი წარმოებული 10^{-14} ტოლია. ტემპერატურის გაზედისას K_{H_2O} მნიშვნელობა იზრდება, მაგრამ ოთახის ტემპერატურასთან მიახლოებული ტემპერატურისას მისი ზრდა არ გაითვალისწინება.

წყლის იონური წარმოებულის მუდმივობა ერთი სახის იონთა კონცენტრაციის გამოთვლის საშუალებას იძლევა, თუ კი ცნობილია მეორე სახის იონთა კონცენტრაცია, კერძოდ:

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]} \quad \text{და} \quad [OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]}$$

ჩვეულებრივ, ხსნარში წყალბადიონთა კონცენტრაცია ძალიან მცირეა და მისი გამოსახვა მოსახერხებელია უარყოფითი ლოგარითმის სახით. ამ სიდიდეს pH – ხსნარის წყალბადური მაჩვენებელი ეწოდება:

$$pH = -\lg [H^+].$$

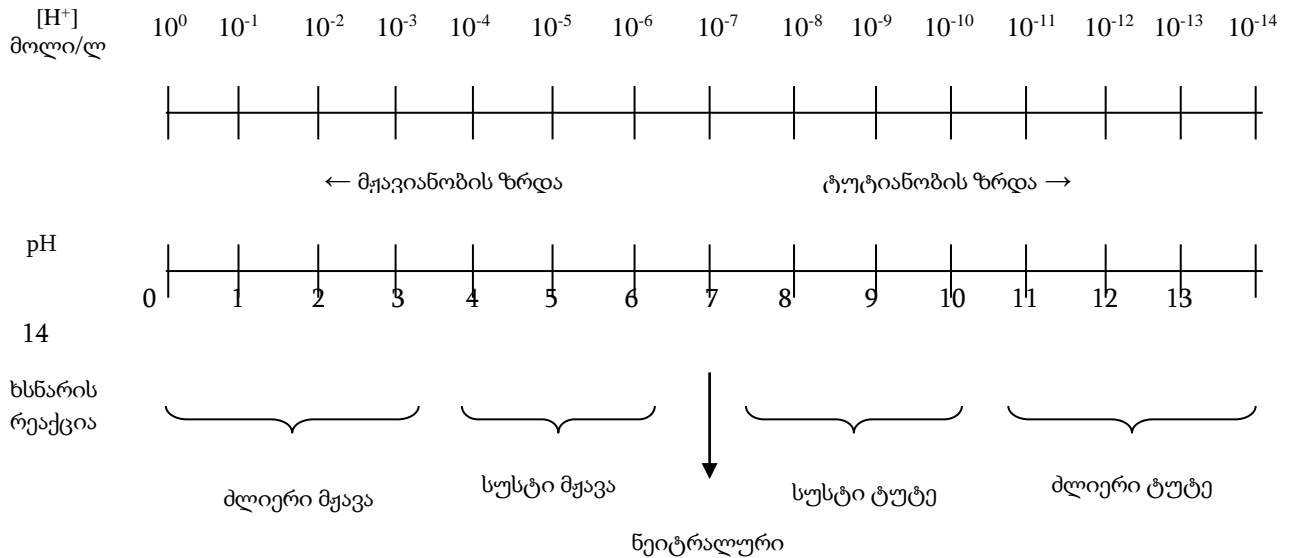
მსგავსად შეიძლება ჩაიწეროს

$$pOH = -\lg [OH^-].$$

გასაგებია, რომ

$$pH + pOH = 14.$$

ნეიტრალური გარემოსათვის $pH=7$, მჟავა გარემოსათვის $pH<7$, ტუტე გარემოსათვის $pH>7$



ჩვეულებრივ, გარემოს დახასიათებისათვის საკმარისია ერთი სახის იონების კონცენტრაცია აღნიშვნა, მაგალითად, H^+ . ასე, თუ $[H^+] = 10^{-4}$ მოლი/ლ, $pH = -\lg 10^{-4} = 4$, ე.ი. გარემო მჟავაა.

წყალბადური მაჩვენებელი შეიძლება განისაზღვროს, თუ ცნობილია ხსნარის მოლური კონცენტრაცია.

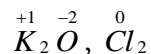
მაგალითი. განვსაზღვროთ HCl $0.01 M$ ხსნარის pH

ამოხსნა. ბინარული ელექტროლიტების დისოციაციისას ცალკეული სახის იონ

დაჟანგულობის ხარისხი

დაჟანგულობის ხარისხი - ეს არის ატომის პირობითი მუხტი ნაერთში გამოთვლილი იმ ვარაუდით, რომ ნივთიერება შედგება მხოლოდ იონებისაგან. ეს ცნება შეიძლება განვსაზღვროთ სხვანაირადაც: დაჟანგულობის ხარისხი - ეს ის ელექტრული მუხტია, რომელიც ექნებოდა ატომს, თუ ელექტრონული წყვილები, რომლებითაც ის დაკავშირებულია ნაერთში სხვა ატომებთან, გადაწეული იქნებოდნენ უფრო ელექტროუარყოფითი ატომებისაკენ, ხოლო ერთნაირი ატომების დამაკავშირებელი ელექტრონული წყვილები იქნებოდნენ მათ შორის გაყოფილნი.

დაჟანგულობის ხარისხს შეიძლება ჰქონდეს უარყოფითი, დადებითი და ნულოვანი მნიშვნელობა, რომელიც ჩვეულებრივ იწერება ელემენტის სიმბოლოს ზევით. მაგალითად:



დაჟანგულობის ხარისხის უარყოფითი მნიშვნელობა აქვთ იმ ატომებს, რომლებმაც მიიღეს ელექტრონები სხვა ატომებისაგან, ე.ი. მის მხარეზეა გადაწეული დამაკავშირებელი ელექტრონული ღრუბელი. დადებითი დაჟანგულობის ხარისხი აქვთ ატომებს, რომლებიც გასცემენ თავის ელექტრონებს, ე.ი. დამაკავშირებელი ელექტრონული ღრუბელი მათგან გადაწეულია. დაჟანგულობის ხარისხის ნულოვანი მნიშვნელობა აქვთ მარტივ ნივთიერებათა ატომებს.

მასალათმცოდნეობა და საკონსტრუქციო მასალათა ტექნოლოგია

5 ლექცია

ლითონების კრისტალური აგებულება. კრისტალური გისოსის და მისი დეფექტის სახეები. სუფთა ლითონების კრისტალიზაცია

შესავალი

თანამედროვე ტექნიკისა და ტექნოლოგიის შემდგომი სრულყოფის ამოცანების წარმატებით გადაწყვეტა ლითონებისა და სხვა საკონსტრუქციო მასალების ღრმა ცოდნას მოითხოვს. ნებისმიერი მანქანის თუ მოწყობილობის ხანგამძლეობას და სხვა საექსპლოატაციო თვისებას (მექანიკური სიმტკიცე, ეკონომიურობა, საიმედოობა) სწორად შერჩეული მასალა განსაზღვრავს. ლითონებისა და მათი შენადნობების, ასევე სხვა საკონსტრუქციო მასალების თვისებები (მექანიკური, ფიზიკური, ქიმიური და ტექნოლოგიური) დამოკიდებულია მათ აგებულებაზე და სტრუქტურაზე, ხოლო სტრუქტურა ქიმიურ შედგენილობაზე და დამუშავების სახეზე. ამ ურთიერთკავშირის კანონების კვლევა ლითონების შემსწავლელი მეცნიერების უმთავრესი პრობლემაა..

მასალათმცოდნეობა და საკონსტრუქციო მასალათა ტექნოლოგია გამოყენებითი მეცნიერებაა, რომელიც შეისწავლის დამოკიდებულებას ტექნიკური მასალების აგებულებას, სტრუქტურას, შედგენილობას და თვისებებს შორის. ასევე იმ კანონზომიერებებს, რომლებიც იწვევენ მათ ცვალებადობას თბური, ქიმიური, მექანიკური, ელექტრომაგნიტური, რადიოაქტიური და სხვა ზემოქმედების შედეგად. თანამედროვე მანქანათმშენებლობასა და გემთმშენებლობას ახასიათებს განუწყვეტლივ მზარდი ენერგო ძაბვები და ექსპლოატაციის მძიმე პირობები (მაღალი ვაკუუმი, მაღალი და დაბალი ტემპერატურები, აგრესიული გარემო, მაღალი რადიაცია). ასეთ პირობებში მომუშავე მასალებს განსაკუთრებული მოთხოვნები წაყენება, რომელთა დასაკმაყოფილებლად სხ-სხვა ლითონის საფუძველზე მრავალი შენადნობია შექმნილი.

სამრეწველო მასალები ორ დიდ ჯგუფად შეიძლება დაიყოს: ლითონებად და არალითონებად.

გასული საუკუნის შუა პერიოდიდან ტექნიკაში ფართოდ შემოიჭრა სხვადასხვა სახის არალითონური მასალა. ზოგიერთი მათგანი ლითონების საკმაოდ ხელსაყრელი შემცვლელი აღმოჩნდა, ზოგმა კი თავისი უნიკალური თვისებების წყალობით მრეწველობის ისეთ სფეროებში დაიკავა ადგილი, სადაც ლითონი სრულიად გამოუსადეგარი აღმოჩნდა.

არალითონური მასალები მათი წარმოშობის მიხედვით ორ ჯგუფად იყოფა: ორგანულ და არაორგანულ მასალებად. ორგანული წარმოშობის მასალებს ძირითადად მიეკუთვნება პლასტმასები, რეზინი, ხის მერქანი, ქაღალდი და ზოგიერთი საფე-იქრო ნაწარმი. არაორგანული წარმოშობისაა სილიკატური მასალები, აზბესტი, გრა-ფიტი და სხვა. განსაკუთრებული ადგილი უკავია კერამიკულ და კომპოზიციურ მასა-ლებს.

მიუხედავად მრეწველობაში არალითონური მასალების ფართო მასშტაბით და-წერვისა, ლითონების გამოყენების წილი სახალხო მეურნეობის ნებისმიერ დარგში ჯერ კიდევ მნიშვნელოვანია.

ადამიანის მიერ ლითონის გამოყენებას საკმაოდ დიდი ისტორია აქვს, რომლის დასაბამი ჩვენს წელთაღრიცხვამდე VII-VI ათასწლეულებით თარიღდება. ლითონებიდან ადამიანი თავდაპირველად სპილენძს იყენებდა, შემდეგ სპილენძის შენადნობს–ბრინჯაოს (ნახ.1), უფრო მოგვიანებით – რკინას და მის შენადნობებს – ფოლადს და თუჯს.

ლითონები, მარტივი ნივთიერებებია, რომელთათვისაც ჩვეულებრივ პირობებში დამახასიათებელია მაღალი ელექტრო და თბოგამტარობა, ელექტროგამტარობის უარყოფითი ტემპერატორული კოეფიციენტი, ელექტრომაგნიტური ტალღების არეკვლის კარგი უნარი (ბზინვა და გაუმჭვირვალობა), პლასტიკურობა და სხვა.

მენდელეევის პერიოდულობის სისტემის დღეისათვის ცნობილი 118 ელემენტიდან სამ-მეოთხედზე მეტი ლითონებზე მოდის. ტერმინი “ლითონი” (მეტალი) ბერძნული წარმოშობისაა (lithos— ქვა).



ნახ. 1 ბრინჯაოს ხანა

კაცობრიობის ცხოვრების განვითარების გზაზე სხვადასხვა მასალების აღმოჩენამ შეცვალა ადამიანის ცხოვრება. მაგალითად, ქაღალდი, რომელიც ჩინეთში ძვ.წ.105 წელს ლეზულობდნენ ბამბუკისაგან, თუთის ხის ფოთლებისა და აბრეშუმის ბოჭკოებისაგან. ფაიფური, ასევე ჩინეთში გამოიგონეს კაოლინის (თიხა), კვარცის და მინდვრის შპატის ნარევისაგან. (kaulin-მაღალი მთაა ჩინეთში). კაუჩუკის აღმოჩენამ დიდი როლი ითამაშა რეზინის წარმოებაში.



ნახ. 2. მასალები, რომლებმაც შეცვალეს ადამიანის ცხოვრება

ლითონები იყოფა ორ ჯგუფად: შავ და ფერად ლითონებად. შავი ლითონებისათვის დამახასიათებელია რუხი-ნაცრისფერი შეფერილობა, მაღალი სიმკვრივე (გარდა ტუტემიწათა ლითონებისა), დნობის მაღალი ტემპერატურა და შედარებით მაღალი სისალე. შავ ლითონებს მიეკუთვნება რკინა და მისი შენადნობები (თუჯი და ფოლადი), კობალტი, ნიკელი. ასევე, ზოგჯერ თვისებებით მათთან ახლოს მდგომ მანგანუმსაც მიაკუთვნებენ შავ ლითონების ჯგუფს.

ფერადი ლითონები დამახასიათებელი შეფერილობით გამოირჩევიან (მოწითალო, ყვითელი, თეთრი) და ხასიათდებიან მაღალი პლასტიკურობით, შედარებით დაბალიდნობის ტემპერატურით და სისალით.

ფერადი ლითონები თავის მხრივ, იყოფა:

- მსუბუქი ფერადი ლითონები, რომელთაც მიეკუთვნება: მაგნიუმი- $\gamma=1,7$ გ/სმ³; ბერილიუმი- $\gamma=1,8$ გ/სმ³; ალუმინი- $\gamma=2,7$ გ/სმ³ და სხვა.
- კეთილშობილი ანუ ძვირფასი ფერადი ლითონები, როგორცაა რუთენიუმი, რადიუმი, პალადიუმი, ოსმიუმი, ირიდიუმ, პლატინა, ოქრო, ვერცხლი და აგრეთვე `ნახევრად კეთილშობილი` სპილენძი. კეთილშობილი ლითონები ხასიათდებიან კოროზიისადმი მაღალი მდგრადობით;
- ადვილდნობადი ფერადი ლითონები, როგორცაა თუთია, კალა, ტყვია, დარიშხანი, ბისმუტი, თალიუმი, ვერცხლისწყალი და შემცირებული ლითონური თვისებების მქონე ელემენტები – გალიუმი და გერმანიუმი.
- იშვიათი მიწა ლითონები, რომელთაც მიეკუთვნება სკანდიუმი, იტრიუმი და ლანთანოიდები. ისინი იშვიათად გვხვდება დედამიწის ქერქში (შედგენილობა $(1,6-1,7) \cdot 10^{-2}\%$ მასის მიხედვით)
- ურანის ჯგუფის ლითონები – აქტინოიდები, რომლებიც უპირატესად გამოიყენებიან ატომური ენერგეტიკის შენადნობებში;

- იშვიათ მიწა ლითონებად – ლანთანი, ცერიუმი, ნეოდიუმი, პრაზეოდიუმი და სხვა, რომლებიც გაერთიანებული არიან სახელწოდებით ლანთანოიდები. ამ ჯგუფს მიაკუთვნებენ აგრეთვე თვისებებით მათთან ახლოს მდგომ იტრიუმსა და სკანდიუმს. იშვიათი მიწა ლითონები გამოიყენება დანამატებად შენადნობებში;

- ტუტე მიწათა ლითონებად, რომლებიც თავისუფალი სახით არ გამოიყენება საგანგებო შემთხვევების გარდა.

სისუფთავის მიხედვით ლითონებს პირობითად ყოფენ ტექნიკურად სუფთა, ქიმიურად სუფთა და განსაკუთრებული სისუფთავის ლითონებად. თუ ელემენტი ძირითადად ლითონს შეიცავს 99,9%-ზე ნაკლები რაოდენობით (დანარჩენი მინარევებია), იგი ტექნიკურად სუფთაა; 99,9-დან 99,99%-მდე – ქიმიურად სუფთა, ხოლო 99,999%-ზე ზევით – განსაკუთრებული სისუფთავის.

თ ა ვ ი I

ლითონების კრისტალური აგებულება

1.1. ლითონების კრისტალური აგებულება

ძირითადი ელემენტარული ნაწილაკები, რომლებისაგანაც შედგებიან ყველა ჩვენთვის ცნობილი ნივთიერებები, არიან პროტონები, ნეიტრონები და ელექტრონები. პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება ატომის ბირთვი, ელექტრონები ავსებენ ატომის გარსაცმს, აკომპენსირებენ ბირთვის დადებით მუხტს.

აირები, სითხეები და მყარი სხეულები შეიძლება შედგებოდნენ ატომებისაგან, მოლეკულების ან იონებისაგან. ატომის ზომების განსაზღვრა ხდება ანგსტრემებით $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ სმ}$, დადებითი იონების - ატომების ზომა, რომლებსაც წართმეული აქვთ ელექტრონები მცირეა ატომთან შედარებით, ხოლო უარყოფითი იონების ზომა, რომელსაც დამატებით მიერთებული აქვს ელექტრონები, მეტია ვიდრე ზომები შესაბამისი ატომებისა.

ბუნებაში არსებობს მყარი სხეულების ორი განსხვავებული ნაირსახეობა, რომლებიც თავიანთი თვისებებით განსხვავდებიან- ამორფული (ნახ. 1.1-ა) და კრისტალური (ნახ. 1.1-ბ).

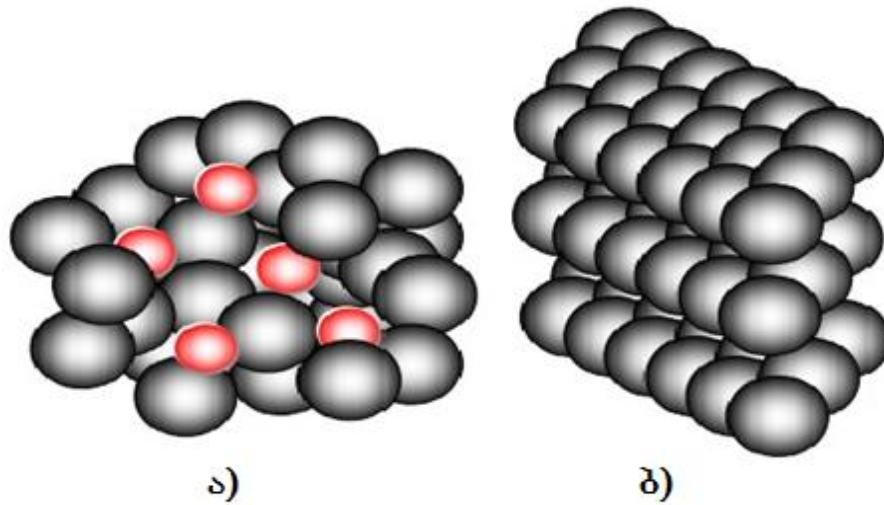
კრისტალური სხეულები გათბობისას რჩებიან მკვრივი, ინარჩუნებენ ბუნებრივ ფორმას სრულიად განსაზღვრულ ტემპერატურამდე, რომლის დროსაც გადადიან თხევად მდგომარეობაში. გაცივებისას პროცესი მიმდინარეობს უკუმიმართულებით. ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება იზოთერმულად დნობის გარკვეულ ტემპერატურაზე.

ამორფული სხეულები გახურებისას რბილდებიან ტემპერატურის დიდ ინტერვალში, ხდებიან ბლანტი, შემდეგ კი გადადიან თხევად მდგომარეობაში. გაცივების მრუდზე გადასვლის ტემპერატურული ინტერვალის დაფიქსირება შეუძლებელია.

ამორფული მდგომარეობა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც გადაცივებული სითხე ნაწილაკების ძლიერ დაქვეითებული მოძრაობით. ამორფულ სხეულებს მიეკუთვნება: მინა, ფისი, კანიფოლი, ქარვა, ცელულოზა, კაუჩუკი, ტყავი, მრავალი პოლიმერული მასალა და სხვა.

დადგენილია, რომ ყველა ლითონი K კრისტალური აგებულებისაა. კრისტალურ ნივთიერებებში, ამორფულისაგან განსხვავებით, ატომები სივრცეში განლაგებულია

არა ნებისმიერად, არამედ მოწესრიგებულად, გარკვეული კანონზომიერებით. ასეთი მოწესრიგებული, კანონზომიერი განლაგების შედეგად ატომები წარმოქმნიან წარმოსახვით სივრცით კრისტალურ გისოსს, რომლის კვანძებში თვითონ არიან მოთავსებული.

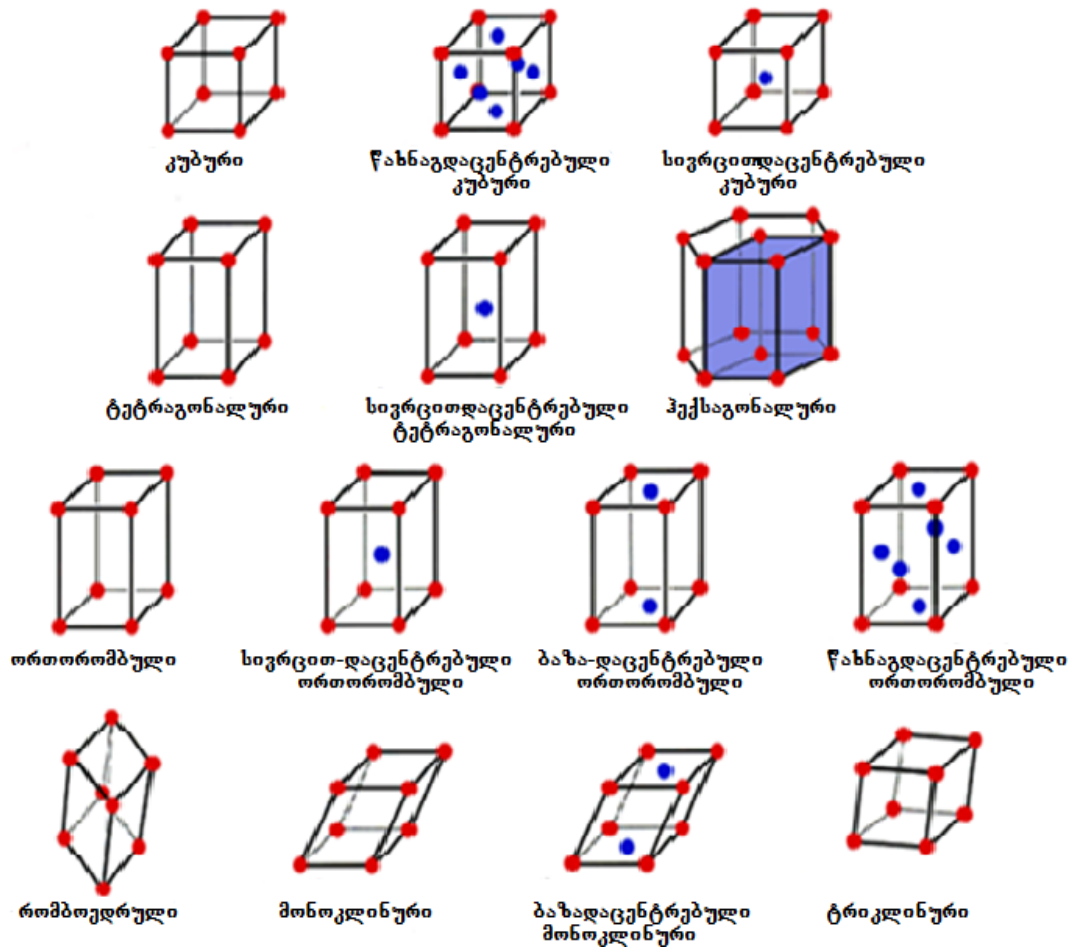


ნახ. 1.1. ა)-ამორფული აგებულება ბ)-კრისტალური აგებულება

კრისტალური გისოსი წარმოადგენს რაიმე სწორი გეომეტრიული სხეულის მრავალჯერად განმეორებას სივრცეში. გისოსის ელემენტურ ნაწილაკს, რომელიც მრავალჯერ მეორდება სივრცეში, კრისტალური გისოსის ელემენტური უჯრედი ეწოდება.

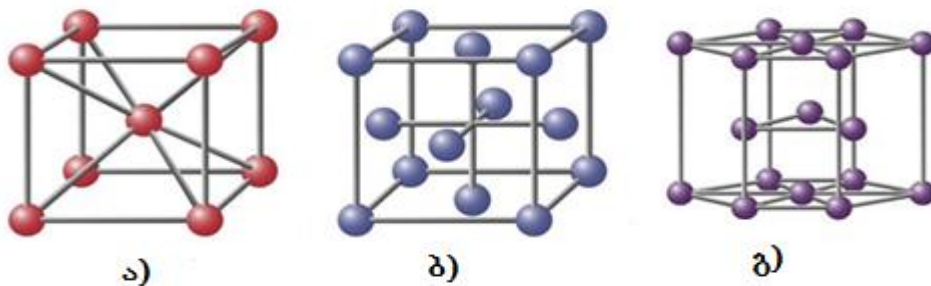
ელემენტარული უჯრედები შეიძლება იყოს შვიდი კლასის: ტრიკლინური; მონოკლინური; რომბული; რომბოედრული; ტეტრაგონალური; ჰექსაგონალური და კუბური. არსებობს კრისტალური გისოსის მრავალი (დაახლოებით 14) ტიპი (ნახ. 1.2), მათ შორის ლითონებში ყველაზე გავრცელებულია სამი სახის კრისტალური გისოსი: სივრცით დაცენტრებული კუბი (ნახ.1.3-ა), წახნაგდაცენტრებული კუბი (ნახ. 1.3-ბ).და ჰექსაგონალური პრიზმა (ნახ. 1.3-გ).

სივრცით დაცენტრებულ კუბურ გისოსში ატომები განლაგებულია კუბის წვეროებზე, ხოლო ერთი ატომი კუბის ცენტრშია, მთავარი დიაგონალების გადაკვეთაზე; წახნაგდაცენტრებულ გისოსში კუბის წვეროების გარდა ატომები განლაგებულია წახნაგების ცენტრებში და სხვ.

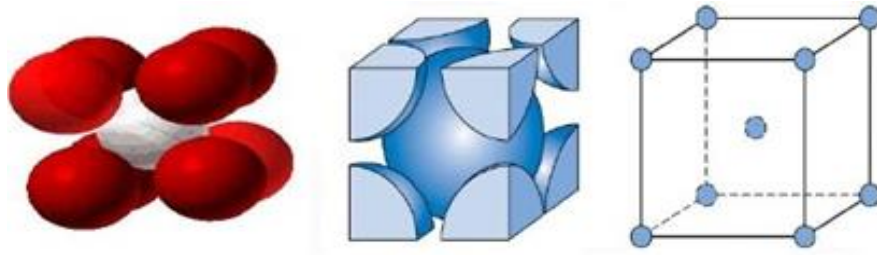


ნახ. 1.2. კრისტალური გისოსის სახეები

თუ ელემენტარული უჯრედის ნაცვლად მთელ გისოსს წარმოვიდგენთ, დავინახავთ, რომ სივრცით დაცენტრებულ კუბურ გისოსში ყოველი წვეროს ატომი ერთდროულად 8 კუბს ეკუთვნის, კუბის ცენტრისა კი- მხოლოდ ერთს. ამგვარად, სივრცით დაცენტრებულ კუბის ერთ ელემენტარულ უჯრედზე მოდის $1/8 \times 8 + 1 = 2$ ატომი (და არა 9, როგორც ეს პირველი შეხედვით მოგვეჩვენება). გისოსის ასეთი ტიპი დამახასიათებელია რკინის (Fcc), ვოლფრამის, ქრომის, მოლიბდენის და სხვა ლითონებისათვის(ნახ.1.4).

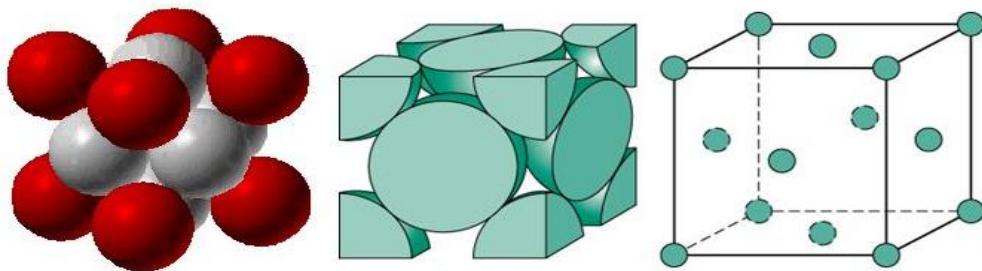


ნახ. 1.3. ა)-სივრცით დაცენტრებული კუბი; ბ)-წახნაგდაცენტრებული კუბი; გ)-ჰექსაგონური პრიზმა



ნახ. 1.4. სივრცით დაცენტრებული კუბური გისოსი

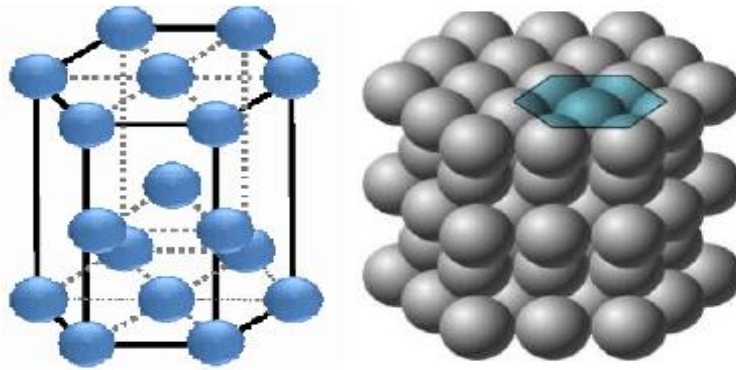
წახნაგდაცენტრებულ კუბში წვეროს ატომი აგრეთვე ერთდროულად 8 კუბს ეკუთვნის, წახნაგისა კი ორ კუბს. ამგვარად, წახნაგდაცენტრებული კუბის ერთ ელემენტარულ უჯრედზე მოდის $1/8 \times 8 + 1/2 \times 6 = 4$. ასთი ტიპის გისოსი აქვს ალუმინს, ნიკელს, სპილენძს, ოქროს, რკინის (F γ) და სხვა ლითონებს. (ნახ. 1.5).



ნახ. 1.5. წახნაგდაცენტრებულ კუბური გისოსი

ჰექსაგონალური პრიზმაში წვეროს ატომები 6 პრიზმას ეკუთვნის, ე.ი. თითო ელემენტარულ უჯრედზე მოდის $1/6$ და ასეთი ატომი მთელ პრიზმაში არის თორმეტი; Fგუბის ცენტრის ატომი ორ პრიზმას ეკუთვნის და შიგნით სამი ატომი კი საკუთარია. ამრიგად, ერთ ელემენტარულ უჯრედზე მოდის $1/6 \times 12 + 1/2 \times 2 + 3 = 6$. Gგისოსის ასთი ტიპი აქვს თუთიას, მაგნიუმს, კადმიუმს და სხვა ლითონებს (ნახ. 1.6).

კრისტალური გისოსი, გარდა გეომეტრიული ფორმისა, ხასიათდება პარამეტრებით, ანუ პერიოდებით. პარამეტრი ეწოდება ატომთა შორის მანძილს სამი სხვადასხვა მიმართულებით. იგი აღინიშნება ა, ბ და ც ასოებით და იზომება ანგსტრემებში, ნანომეტრებში ($1 \text{ ნმ} = 10^{-7} \text{ სმ}$). ჰექსაგონურ პრიზმაში თუ შიგა სამი ატომი ეხება ზედა და ქვედა წახნაგების ატომებს, პარამეტრების შეფარდება $c / a = 1,633$. ასეთ გისოსს მჭიდრო გისოსი ეწოდება. იგი იმით განსხვავდება კუბური გისოსისაგან, რომ ც და ა პარამეტრები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია. c / a შეფარდება ახასიათებს ე.წ. ტეტრაგონურობის ხარისხს. კრისტალური გისოსის სიმჭიდროვეს ახასიათებს მოცემული ატომიდან ტოლ და უმოკლეს მანძილზე დაშორებული ატომების რიცხვი, რომელსაც საკოორდინაციო რიცხვი (კ) ეწოდება.



ნახ. 1.6. ჰექსაგონალური პრიზმა

უბრალო კუბური გისოსისათვის იგი ტოლია 6, სივრცით დაცენტრებული კუბისათვის – 8, ხოლო წახნაგდაცენტრებული კუბისა და მჭიდრო ჰექსაგონური პრიზმისათვის – 12. კრისტალური გისოსის შემოკლებული აღნიშვნისათვის სარგებლობენ მისი საკოორდინაციო რიცხვით.

კრისტალის აგებულებასა და მის თვისებებს განსაზღვრავს იმ ძალების ბუნება, რომლებიც იონებს, ატომებსა თუ მოლეკულებს კრისტალური გისოსის კვანძებში აკავებს. მყარ სხეულებში ნაწილაკებს შორის კავშირი ელექტრული ხასიათისაა, მაგრამ სხვადასხვა კრისტალში სხვადასხვაგვარად მჟღავნდება.

ლითონებში სავალენტო ელექტრონები სუსტად არიან დაკავშირებული ბირთვთან, ამიტომ ისინი ადვილად სცილდებიან საკუთარ ატომს, თავისუფლად მოძრაობენ აღნიშნული საერთო ზონის ფარგლებში ატომიდან ატომზე და ყოველი მათგანისათვის საერთო, კოლექტიური ხდებიან. ასეთ თავისუფლად მოძრავ ელექტრონთა ერთობლიობას ელექტრონული სითხე, ან ელექტრონული აირი ეწოდება. ელექტრონები `ამჭიდროვებენ` დადებით იონებს, რომლებიც, თავის მხრივ, ერთმანეთისაგან განიზიდებიან გარკვეულ მანძილზე მათი მიახლოებისას. იონები კანონზომიერად ლაგდებიან სივრცეში ერთმანეთის მიმართ ისე, რომ მიზიდვისა და განზიდვის ძალები გაწონასწორებულია. ატომთა შორის ასეთ კავშირს ლითონურს უწოდებენ.

ამგვარად, ლითონურ კრისტალებში ატომთა შორის კავშირს განაპირობებს დადებით იონებსა და მათ ირგვლივ სივრცეში ადვილად მოძრავ ელექტრონულ აირს შორის ურთიერთქმედების ძალები. სწორედ ელექტრონული აირის არსებობა განაპირობებს ლითონისათვის დამახასიათებელ ძირითად თვისებებს. ჩვეულებრივ პირობებში კოლექტიური ელექტრონები ქაოსურად მოძრაობენ. ლითონის ბოლოებზე პოტენციალთა სხვაობის მოდებით ელექტრონები მიმართულებით მოძრაობას იწყებენ და გამტარში დენი აღიძვრება.

ლითონის ტემპერატურის გაზრდა იწვევს იონთა რხევითი მოძრაობის ამპლიტუდის გაზრდას, რაც დაბრკოლებას წარმოქმნის ელექტრონების მოძრაობის გზაზე და ლითონის ელექტროგამტარობა მცირდება. კრისტალურ ნივთიერებებში სითბოგადაცემა ხორციელდება როგორც სავალენტო ელექტრონებით, ისე ატომებისა და იონების რხევითი მოძრაობის ხარჯზე. ლითონებში ეს პროცესი ძირითადად სავალენტო ელექტრონებით მიმდინარეობს და მათ უკეთესი სითბოგამტარობა ახასიათებთ.

ლითონთა პლასტიკურობის საკითხში გადაწყვეტ როლს კვლავ ლითონური კავშირი ასრულებს. დეფორმაციის შედეგად, მართალია, ხდება იონების

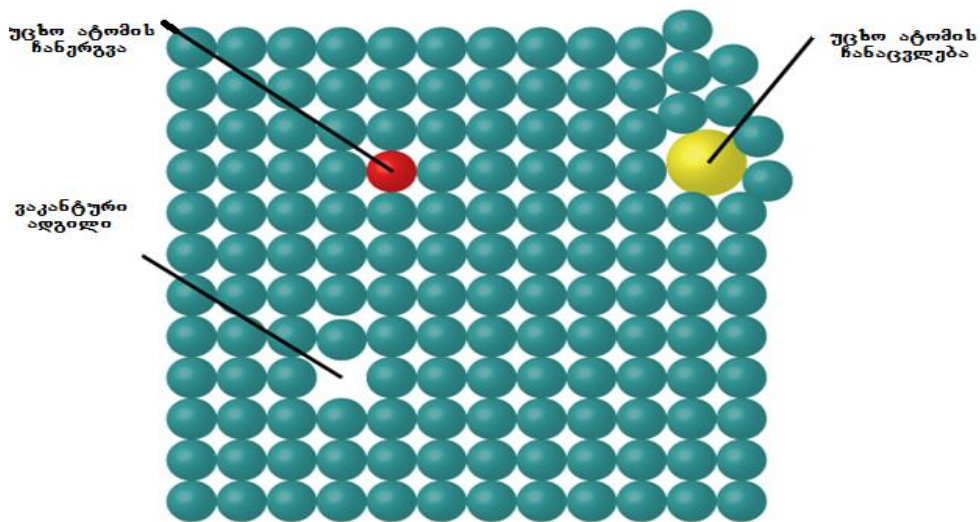
გადაადგილება სივრცეში, მაგრამ მათი კავშირი ელექტრონულ აირთან არ ირღვევა. ამის შედეგია ის, რომ ლითონი კარგი ჭედადობით ხასიათდება. მხოლოდ მნიშვნელოვანი დეფორმაციის შემდეგ წყდება ატომები ერთმანეთს და ლითონის მთლიანობაც ირღვევა.

ლითონთა თვისებები დამოკიდებულია კრისტალების ფორმასა და ურთიერთგანლაგებაზე, ცალკეული კრისტალების შემადგენელი ნაწილაკების რიცხვზე და კრისტალურ გისოსში კრისტალების განლაგებისა და მათ შორის მანძილზე.

1.1. კრისტალური აგებულების დეფექტები

სამყაროში იდეალური არაფერია, ამიტომ კრისტალურ გისოსებშიც გვხვდება დეფექტები. რეალურ კრისტალებში გვხვდება წერტილოვანი, ხაზოვანი და სტრუქტურული დეფექტები.

წერტილოვან დეფექტებს მიეკუთვნება ვაკანსია, კვანძებსშორისი (დისლოცირებული) ატომი და უცხო ატომი. ვაკანსია წარმოადგენს თავისუფალ ადგილს კრისტალურ გისოსში (ნახ. 1.7). იგი წარმოიქმნება გისოსის კვანძებიდან ატომის მოწყვეტით და მისი გადასვლით ან კრისტალის ზედაპირზე, ან სრული აორთქლებით. თუ რეგულარული მდგომარეობიდან ამოვარდნილი ატომი დაიკავებს ადგილს გისოსის კვანძებს შორის, მას კვანძებსშორისი ატომი ეწოდება. ოთახის ტემპერატურაზე ვაკანსიების რიცხვი მეტად მცირეა ატომების საერთო რიცხვთან შედარებით – 1 ვაკანსია მოდის 10^{18} ატომზე.



ნახ. 1.7. წერტილოვანი დეფექტების სქემა

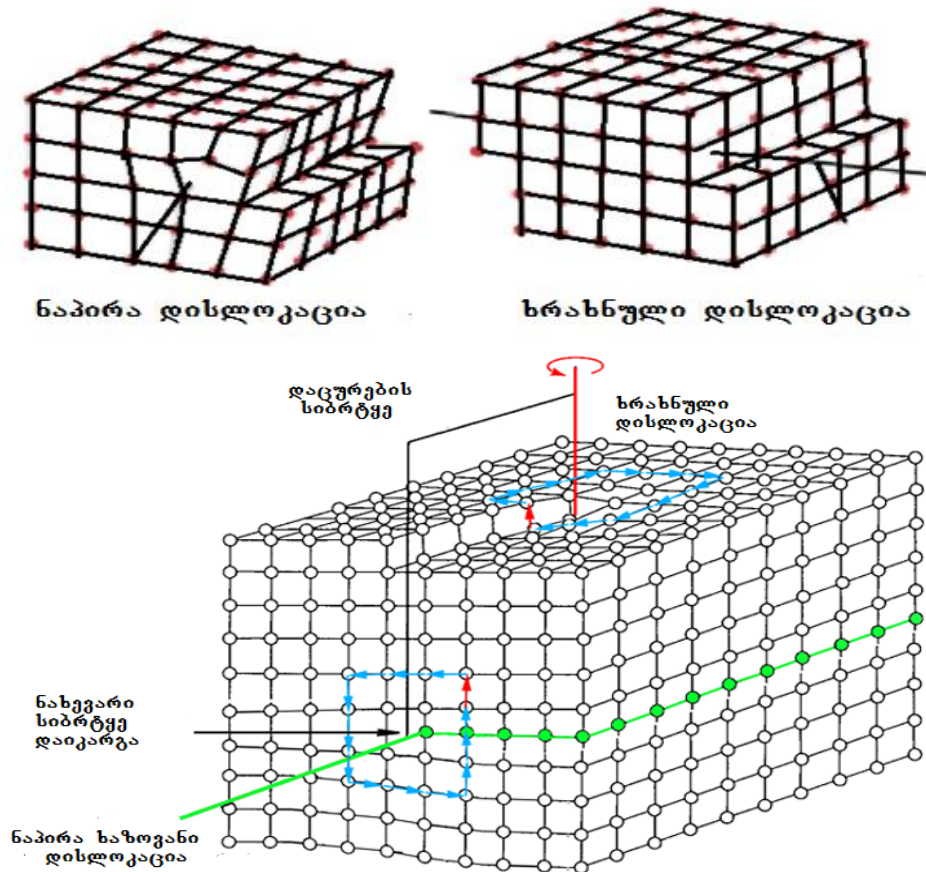
ტემპერატურის გაზრდა, რადიოაქტიური ნაწილაკებით დასხივება, ზედაპირული ხახუნის და ა.შ. იწვევს ვაკანსიების რაოდენობის ზრდას, ანუ ლითონის გაფაშრებას. ექსტრემალურ შემთხვევაში 100 ატომზე შეიძლება მოდიოდეს 1-3 ვაკანსია.

უცხო, ანუ მინარევის ატომი, რომელიც ლითონში სხვადასხვა მიზეზით შეიძლება მოხვდეს, ადგილს იკავებს ან კრისტალური გისოსის კვანძებში, სადაც ცვლის ძირითადი ლითონის ატომებს, ან კვანძებს შორის ჩაინერგება. უცხო ატომი ყოველთვის არსებობს მინარევის სახით როგორც ტექნიკურად სუფთა, ისე საკმაოდ

მაღალი სისუფთავის ლითონებში.

აღნიშნული დეფექტები ამახინჯებენ კრისტალური გისოსის სწორ გეომეტრიულ ფორმას, რაც იწვევს ლითონის ფიზიკური და მექანიკური თვისებების შეცვლას. კერძოდ, იზრდება ელექტროწინააღმდეგობისა და სიმტკიცის მახასიათებლები, პლასტიკურობა კი მცირდება. საკმარისია ნიკელში 0,005% გოგირდის მინარევის მოხვედრა, რომ სუფთა მდგომარეობაში ეს პლასტიკური მასალა მყიფედ გადაიქცეს, ხოლო 0,001% წყალბადისა ან ნახშირბადის მინარევი რკინას გაზრდილ სიმყიფეს ანიჭებს ოთახის ტემპერატურის მახლობლობაში მაშინ, როდესაც სუფთა რკინა პლასტიკურობას ინარჩუნებს თხევადი ჰელიუმის ($-268,80^{\circ}$) ტემპერატურაზეც კი.

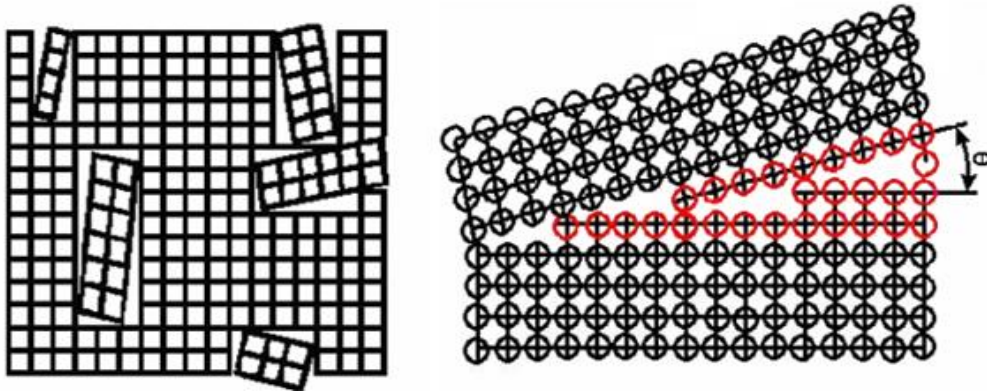
ხაზოვან დეფექტებს დისლოკაცია მიეკუთვნება. იგი წარმოადგენს გისოსის ლოკალურ დამახინჯებას, რაც გამოწვეულია კრისტალში ზედმეტი-ატომური ნახევარსიბრტყის, ე.წ. ექსტრასიბრტყის გაჩენით (ნახ.1.8.). ექსტრასიბრტყის ნაპირი წარმოქმნის ე.წ. ნაპირა დისლოკაციას. დისლოკაცია სივრცეში შეიძლება გავრცელდეს გისოსის რამოდენიმე ათას პარამეტრზე, შეიძლება იყოს სწორი ან გაიღუნოს და ბოლოს, დაეხვეს და მიიღოს სპირალის ფორმა. ამ უკანასკნელს ხრახნული დისლოკაცია ეწოდება.



ნახ. 1.8. ნაპირა და ხრახნული დისლოკაციები

დისლოკაციები კრისტალში სხვადასხვა გზით შეიძლება წარმოიქმნას: კრისტალიზაციის პროცესში სხვადასხვა მარცვლების შეზრდისას, ვაკანსიების გადაჯგუფებისას და მაღალი წნევის არეებში. ერთ-ერთ სტრუქტურულ დეფექტს მოზაიკური სტრუქტურა მიეკუთვნება. მარცვალი არ წარმოადგენს მონოლითურ კრისტალს, რომელიც შედგენილი იქნება მკაცრად პარალელური კრისტალოგრაფიული სიბრტყეებისაგან. სინამდვილეში ელემენტური უჯრედების მთელი ჯგუფები ერთმანეთის მიმართ შემობრუნებულია მცირე კუთხით ($\theta=0,3-40$).

ასეთი დამახინჯებით მიღებულ სტრუქტურას მოზაიკურს უწოდებენ (ნახ. 1.9-ა), ხოლო მის შემადგენელ ბლოკებს – მოზაიკის ბლოკებს. ბლოკის ზომები 10^{-5} - 10^{-3} სმ-ს შეადგენს. ბლოკების ურთიერთშეუღლება დისლოკაციებით ხორციელდება (ნახ. 1.9-ბ). ხშირად ბლოკები ერთიანდებიან უფრო მსხვილ აგრეგატებად – ფრაგმენტებად, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ შემობრუნებულია რამოდენიმე გრადუსით ($\theta=5$ - 100). და ბოლოს, ფრაგმენტები ერთიანდებიან მარცვალში. მარცვლები ერთმანეთის მიმართ რამოდენიმე ათეული გრადუსით არიან შემობრუნებული.



ნახ. 1.9. ა) მოზაიკური სტრუქტურა ბ) ბლოკებს შორის საზღვრის სქემა

1958 წელს არქიტექტორ ანდრე ვატერკანის მიერ ქალაქ ბრიუსელში მსოფლიო გამოფენის გახსნასთან დაკავშირებით დაპროექტებული იქნა გიგანტური კუბის მოდელი-“ატომიუმი”, რომელიც იქცა ატომური ხანის და ატომური ენერჯის მშვიდობიანად გამოყენების სიმბოლოდ და ერთერთ ღირშესანიშნავ ადგილად. 165 მილიარდჯერ გადიდებული; სიმაღლე 102 მ, წონა 2400 ტ, ყოველი 9 სფეროს დიამეტრი 18 მ-ია (ნახ. 1.10.).



ნახ.1.10. ბრიუსელში გიგანტური კუბის მოდელი

სუფთა ლითონების კრისტალიზაცია

ლითონის თხევადი მდგომარეობიდან მყარ მდგომარეობაში გადასვლას კრისტალიზაცია (გამყარება) ეწოდება. კრისტალიზაციის პროცესის შესწავლა სწარმოებს თერმული ანალიზით, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ყველა იმ ტემპერატურის განსაზღვრისა, რომელზედაც ლითონში რაღაც გარდაქმნას აქვს ადგილი.

იმ ტემპერატურას რომელზედაც მიმდინარეობს გარდაქმნები კრიტიკული ტემპერატურა ეწოდება. განასხვავებენ პირველად და მეორეულ კრისტალიზაციას.

პირველადი კრისტალიზაცია სითხიდან მყარი კრისტალური ფაზის წარმოქმნის პროცესს ეწოდება. ეს ფაზა სივრცით კრისტალური გისოსით ხასიათდება, სადაც ატომები გარკვეული კანონზომიერებითაა განლაგებული. რეალურ ლითონში სწორი გეომეტრიული ფორმის კრისტალი ჩვეულებრივად არ გვხვდება, რადგან ზრდის პროცესში მეზობელ კრისტალებთან შეჯახებისას მას გარეგანი ფორმა უმახინჯდება. ასეთ შიგნით სწორი კრისტალური აგებულებისა და დამახინჯებული ზედაპირის მქონე კრისტალს მარცვალი, ანუ კრისტალიტი ეწოდება.

ზოგიერთ ლითონს ახასიათებს მყარი მდგომარეობიდან ისევ მყარში გადაკრისტალება, რასაც მეორეული კრისტალიზაცია ეწოდება.

პირველადი კრისტალიზაციის შედეგად ჩამოყალიბებული სტრუქტურა ნაკეთობის მრავალ თვისებას განსაზღვრავს. ამ პროცესში ფორმირებული დეფექტები ლითონის ფორმის შეცვლისა თუ დამუშავების სხვადასხვა სტადიის გავლის შემდეგ შეიძლება მზა პროდუქციაში აღმოჩნდეს, რაც ართულებს სასურველი თვისებების მქონე ლითონის მიღებას. აქედან გამომდინარე, ინჟინრისა თუ მეცნიერის ერთ-ერთი უმთავრესი ამოცანაა ქიმიური შედგენილობითა და თვისებებით ერთგვაროვანი, უდეფექტო ზოდის და სხმულის მიღება, რაც კრისტალიზაციის პროცესის მართვის გზით არის შესაძლებელი.

კრისტალიზაციის პროცესის თერმოდინამიკური საფუძვლები.

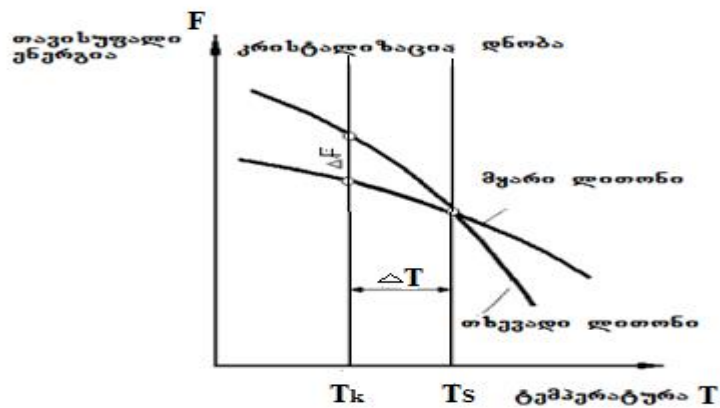
გაცივების მრუდები

ნებისმიერი ნივთიერება შეიძლება აირად, თხევად ან მყარ მდგომარეობაში არსებობდეს. სუფთა ლითონებში გარკვეულ პირობებში მიმდინარეობს აგრეგატული მდგომარეობის შეცვლა: აირადი მდგომარეობა იცვლება თხევადით, თხევადი კი მყარით. გარდაქმნის ტემპერატურა დამოკიდებულია წნევაზე, მაგრამ მუდმივი წნევის პირობებში იგი სრულიად განსაზღვრულია. ლითონის გაცივების დროს კრისტალიზაციის პროცესი თვითნებურად მიმდინარეობს, რაც გამომდინარეობს თერმოდინამიკის ზოგადი კანონებიდან, რომლის თანახმად, სისტემა ყოველთვის ცდილობს დაიკავოს ისეთი მდგომარეობა, სადაც მას მინიმალური თავისუფალი ენერგია ექნება.

თხევადი და მყარი მდგომარეობის თავისუფალი ენერგის (F) დამოკიდებულებას F ტემპერატურისაგან (T) გვიჩვენებს დიაგრამა (ნახ. 2.1).

როგორც ვხედავთ, ტემპერატურის მატებასთან თხევადი და მყარი ლითონის თავისუფალი ენერგია კლებულობს, მაგრამ კლების კანონზომიერება ორივე მდგომარეობისათვის სხვადასხვაა და გარკვეულ T_s წერტილში მრუდები იკვეთება. ამრიგად T_s ტემპერატურა ერთნაირად დამახასიათებელია როგორც თხევადი, ისე

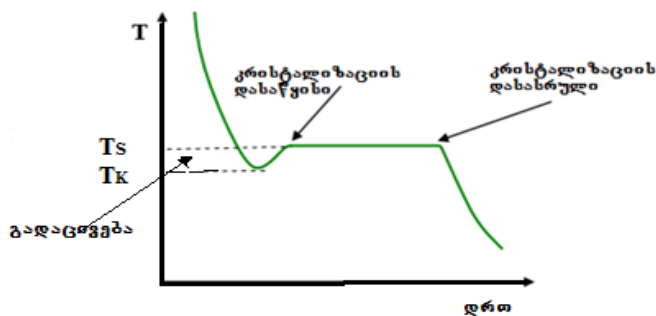
მყარი მდგომარეობისათვის. ეს არის დნობის (გამყარების) თეორიული ტემპერატურა. T_s წერტილის მარჯვნივ ე.ი. მაღალ ტემპერატურებზე, სისტემისათვის უფრო ხელსაყრელია თხევადი მდგომარეობა, რადგან ამ მდგომარეობაში იგი ნაკლები თავისუფალი ენერგიით ხასიათდება; მარცხნივ კი- დაბალ ტემპერატურაზე- უფრო ხელსაყრელია მყარი მდგომარეობა, რადგან თავისუფალი ენერგია სწორედ მას აქვს. აღსანიშნავია, რომ თუ გამდნარ ლითონს ვაცივებთ T_s მიღწევისას რეალურად კრისტალიზაციის პროცესი არ დაიწყება, რადგან იგივე T_s თხევად მდგომარეობასაც ახასიათებს. T_s ტემპერატურა არის თხევადი და მყარი მდგომარეობის წონასწორული ტემპერატურა.



ნახ. 2.1. თხევადი და მყარი მდგომარეობის თავისუფალი ენერგიების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

იმისათვის, რომ გაცივების დროს რეალურად დაიწყოს კრისტალიზაციის პროცესი ლითონის ტემპერატურა უნდა შემცირდეს T_s წონასწორულ ტემპერატურასთან შედარებით, რაღაც T_k ტემპერატურამდე, ანუ უნდა მოხდეს გადამეტცივება, მაშინ მყარი მდგომარეობა ნაკლები თავისუფალი ენერგიით ხასიათდება, ვიდრე თხევადი, წარმოიქმნება თავისუფალი ენერგიის სხვაობა ΔF . თხევადი მდგომარეობის შენარჩუნება სისტემისათვის ხელსაყრელი აღარ არის და დაიწყება კრისტალიზაციის პროცესი. კრისტალიზაციის პროცესის ასეთ ჩამორჩენას თეორიულ ტემპერატურასთან შედარებით გადამეტცივება ეწოდება, ხოლო ტემპერატურასთა სხვაობას $\Delta T = T_s - T_k$ კი – გადამეტცივების ხარისხი.

სუფთა ლითონის გაცივების პროცესი შეიძლება გამოისახოს მრუდით კოორდინატებში ტემპერატურა – დრო (ნახ. 2.2).



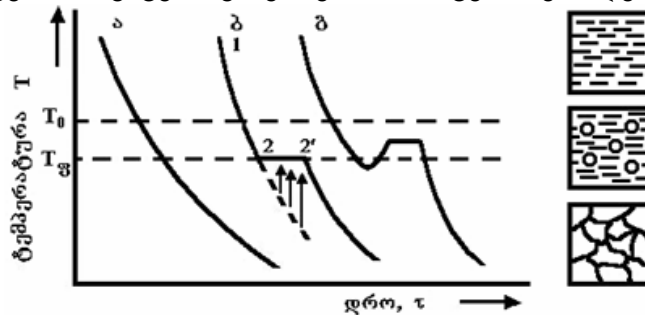
ნახ. 2.2. სუფთა ლითონის გაცივების მრუდი

ნახაზი 2.3 -ზე ნაჩვენებია ამორფული (ა) და კრისტალური (ბ,გ) ნივთიერებების

გაცივების მრუდები, სადაც ჩანს, რომ თხევადი ფაზის გაცივებისას სისტემის ტემპერატურა ჯერ მდოვრედ მცირდება (1_2 უბანი ბ მრუდზე), რადგან ამ დროს სითხეში არავითარი ხარისხობრივი ცვლილება არ ხდება. ამორფულ ნივთიერებებში, სადაც გამყარება კრისტალების წარმოქმნის, ანუ კრისტალიზაციის გარეშე მიმდინარეობს, ტემპერატურის ცვლილების ასეთი მდოვრე ხასიათი შენარჩუნებულია გაცივების მთელ ინტერვალში (ნახ. 15-ა).

ლითონებში, როგორც კი სისტემის ტემპერატურა კრისტალიზაციის ფაქტიურ ტემპერატურას მიაღწევს, მრუდზე ჰორიზონტალური ბაქანი (2_2') წარმოიქმნება.

ეს იმის მაჩვენებელია, რომ კრისტალიზაციის პროცესი სუფთა ლითონებში მუდმივ ტემპერატურაზე, იზოთერმულად მიმდინარეობს, რადგან ატმოსფეროში გაცემული სითბო კომპენსირდება კრისტალიზაციის ფარული სითბოს გამოყოფით (ვერტიკალური ისრები დიაგრამაზე, ბ მრუდი). ძლიერი გადაცივების შემთხვევაში ინტენსიურად გამოყოფილი ფარული სითბოს ხარჯზე ტემპერატურამ შეიძლება ინტენსიურად აიწიოს (გ) და დნობის წერტილსაც კი მიუახლოვდეს. თუ არ მოხდა სითბოს ატმოსფეროში გაცემა, გამყარების პროცესი შეიძლება შეწყდესკიდევ.



ნახ. 2.3. ამორფული (ა) და კრისტალური (ბ,გ) ნივთიერებების გაცივების მრუდები

კრისტალური ჩანასახების წარმოქმნა და ზრდა

კრისტალიზაცია განიხილება, როგორც ორი თანმიმდევრული ელემენტური აქტით მიმდინარე პროცესი. პირველი მდგომარეობს კრისტალის უწყვილესი ნაწილაკების, ე.წ. კრისტალიზაციის ცენტრების ჩანასახვაში, ხოლო მეორე – ამ წარმონაქმნიდან კრისტალების ზრდაში.

ჩანასახი მდგრად წარმონაქმნად რომ გადაიქცეს, იგი გარკვეულ კრიტიკულ ზომამდე უნდა გაიზარდოს თხევადი ფაზის ხარჯზე, რათა წინააღმდეგობა გაუწიოს სითხის ატომების დამანგრეველ შემოქმედებას. ჩანასახის მინიმალურ ზომას, რომლის გაზრდა შესაძლებელია, კრიტიკული ზომა (რკ) ეწოდება, ხოლო ასეთ ჩანასახს –მდგრადი. ამ ცენტრებზე ხდება ლითონის ატომების დაშენება, ანუ კრისტალების ზომების ზრდა თხევადი ფაზიდან ჩანასახზე ატომების კანონზომიერად მიერთების გზით. ასეთ პროცესს თვითნებური, ჰომოგენური კრისტალიზაცია ეწოდება. ამ ორი ელემენტური საფეხურის გათვალისწინებით კრისტალიზაციის პროცესი შეიძლება შემდეგი სქემის სახით წარმოვიდგინოთ: დავუშვათ, ნახაზი 2.4-ზე გამოსახულ ფართობში ყოველ წამში ხუთი კრისტალიზაციის ცენტრი ჩაისახება. პირველი წამის ბოლოსათვის ჩასახული ცენტრებიდან მომდევნო წამში კრისტალები გარკვეულ ზომამდე გაიზრდება. ერთდროულად კვლავ ხუთი კრისტალიზაციის ცენტრი ჩაისახება და ა.შ. ცენტრების

ამგვარი ჩასახვითა და მათი ზრდით მიმდინარეობს კრისტალიზაცია, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში მეშვიდე წამში მთავრდება.

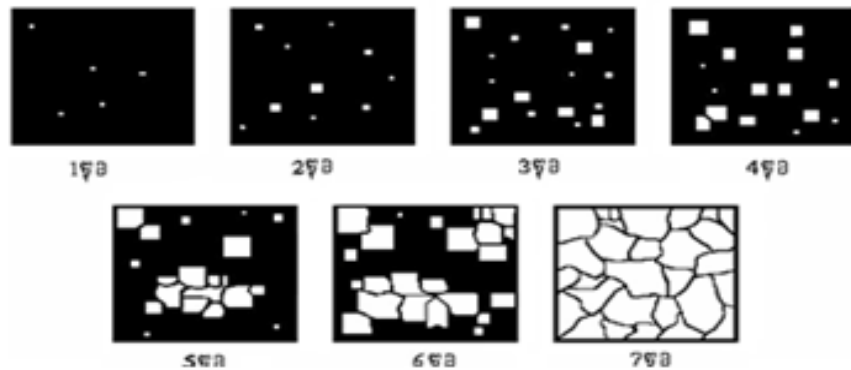
რეალურ ტექნიკურ ლითონებში ყოველთვის არის სხვადასხვა სახის მინარევები, რომლებმაც მზა კრისტალიზაციის ცენტრების როლი შეიძლება ითამაშონ. ასეთ პროცესს ჰეტეროგენული კრისტალიზაცია ეწოდება და რეალურ ლითონებში მას წამყვანი როლი ენიჭება.

კრისტალიზაციის ცენტრთა რიცხვი და კრისტალების ზრდის სიჩქარე დამოკიდებულია გადაცივების ხარისხზე, რაც უფრო მეტია გადაცივების ხარისხი, მით უფრო დიდია თხევად და მყარ ფაზებს შორის თავისუფალი ენერგიების სხვაობა, ამიტომ მით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს კრისტალიზაციის პროცესი და მით უფრო წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა ჩამოყალიბდება.

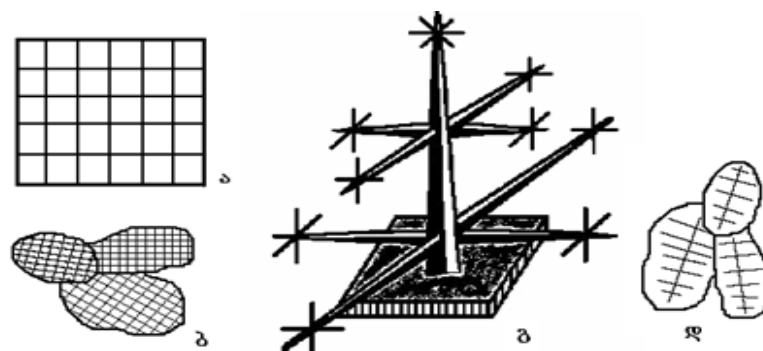
თუ კრისტალის ზრდა ერთი ცენტრიდან ხდება, გამყარების შემდეგ მიიღება შინაგანად სრულყოფილი კრისტალური აგებულებისა და სწორი გარეთა გეომეტრიული ფორმის წარმონაქმნი, რომელსაც მონოკრისტალი ეწოდება (ნახ. 2.5-ა)

დიდი ზომის მონოკრისტალებს, რომელთა მასა შეიძლება რამოდენიმე ასეულ გრამს შეადგენდეს, ამზადებენ სამეცნიერო ან ტექნიკის განსაკუთრებული მიზნებისათვის.

როდესაც კრისტალიზაცია ერთდროულად რამოდენიმე ცენტრიდან მიმდინარეობს, სანამ კრისტალი გარშემორტყმულია სითხით, იგი ღებულობს სწორ გეომეტრიულ ფორმას, მაგრამ მზარდი კრისტალების ურთიერთშეხვედრისას ხდება მათი თავისუფალი ზრდის შეზღუდვა, ჩნდება მათ შორის საზღვარი და სწორი ფორმა მახინჯდება. ამგვარად მიიღება დამახინჯებული ზედაპირის მქონე წარმონაქმნები, რომელთაც მარცვლები ეწოდება (ნახ. 2.5-ბ).



ნახ. 2.4. კრისტალიზაციის პროცესი



ნახ. 2.5. კრისტალური წარმონაქმნის ფორმები:

- ა) მონოკრისტალი; ბ) მარცვლები; გ) დენდრიტი; დ) დენდრიტული მარცვლები
- უმეტეს შემთხვევაში კრისტალი სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვა

სიჩქარით იზრდება. ასეთ შემთხვევაში თავდაპირველად წარმოიქმნება წაგრძელებული, ნემსისმაგვარი გამონაზარდი, ე.წ. კრისტალის პირველი რიგის ღერძი. ანალოგიურად, პირველად ღერძებზე მიიღება განშტოებები, რომლებიც, თავის მხრივ, სხვა განშტოებების საფუძველს წარმოადგენს. შედეგად ჩამოყალიბდება დატოტვილი (ნახ. 2.5-გ) ხისმაგვარი ფორმის კრისტალი, რომელსაც დენდრიტი (“дэндрий” ბერძნულად ხეს ნიშნავს) ეწოდება შემდეგ ხდება დენდრიტებს შორის სივრცის შევსება მარცვლამდე (ნახ.2.5-დ).



ნახ. 2.6. დენდრიტული სტრუქტურა

2.3. ფოლადის ზოდის აგებულება

მრეწველობაში წარმოებული ფოლადის დიდი რაოდენობა ძირითადად ზოდის სახით ჩამოსხმება. ზოდის ხარისხი დამოკიდებულია მის აგებულებაზე. ზოდის ჩამოსხმა თუჯის სპეციალურ ფორმებში (ბოყვებში) ხდება, სადაც სითხის კრისტალიზაცია ლითონის სხვადასხვა მოცულობაში განსხვავებულად მიმდინარეობს.

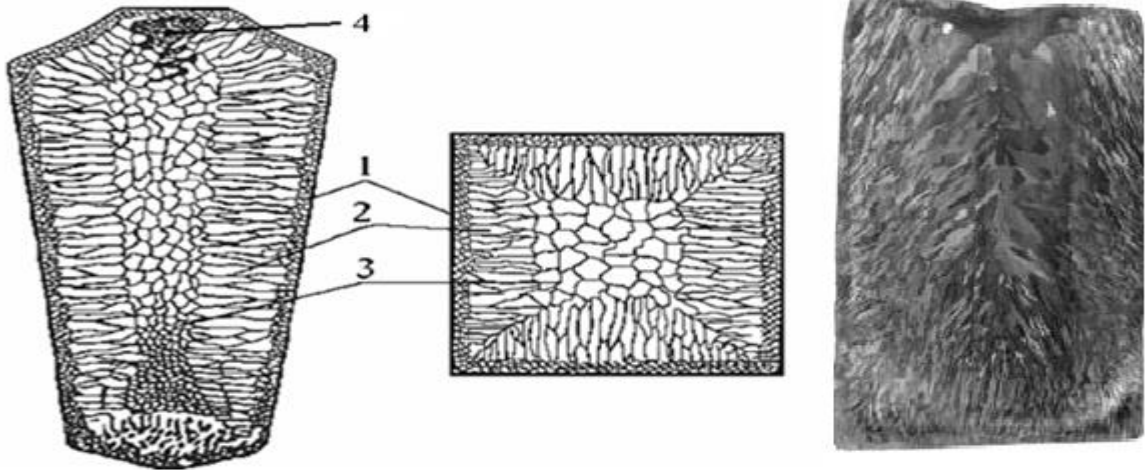
ნახაზ 2.6-ზე წარმოდგენილია ფოლადის ზოდის აგებულების სქემა. ლითონი მაქსიმალური სიჩქარით ცივდება ბოყვის კედელთან, ამიტომ ამ ზონაში გამყარება დიდი გადაცივებით მიმდინარეობს და ფორმირდება მეტად წვრილმარცვლოვანი შრე, ე.წ. ზოდის ქერქი (ნახ. 2.7, 1 ზონა).

ქერქის წარმოქმნის მომენტიდან ლითონის გაცივების სიჩქარე მცირდება, ქერქის მარცვლებზე იწყება ახალი კრისტალების დაშენება. ისინი იზრდებიან სითბოს გაცემის საპირისპირო მიმართულებით, ქერქიდან ზოდის გულისაკენ ერთმანეთის პარალელურად და სვეტის მსგავს, წაგრძელებულ ფორმას ღებულობენ (მე-2 ზონა). მათ სვეტისებრი კრისტალები ეწოდებათ. ზოდის გულში არ არსებობს სითბოს მიმართულებითი გაცემის პირობები. სითხის მთელ მოცულობაში ერთდროულად იწყება დამოუკიდებელი კრისტალიზაციის ცენტრების ჩასახვა და იზრდება შედარებით მსხვილი, ტოლღერძა, ნებისმიერად ორიენტირებული მარცვლები, რომლებიც ზოდის გულს წარმოქმნიან (მე-3 ზონა). ამ ზონაში ჩანასახის როლს, ჩვეულებრივ, სხვადასხვა უწყვილესი ჩანართები თამაშობს, რომლებიც თავს იყრიან ზოდის კრისტალიზაციის პროცესში.

გამდნარი ფოლადის კრისტალიზაციის დროს ლითონის მოცულობა მცირდება და იქ, სადაც ლითონი ბოლოს გამყარდება, წარმოიქმნება სიცარიელე - ჩაჯდომის

ნიჟარა. ჩაჯდომის ნიჟარის მახლობლად თავს იყრის სხვადასხვა წარმოშობის მცირე ნიჟარები და არალითონური ჩანართები, რომლებიც წარმოქმნიან ე.წ. ჩაჯდომის სიფხვიერეს.

ამგვარად, ლითონის საბოლოო სტრუქტურას და, აქედან გამომდინარე, მის თვისებებს, თხევად ფაზაში ჩასახული კრისტალიზაციის ცენტრთა რიცხვი და მათი ზრდის პირობები განსაზღვრავს. ყოველი კრისტალი ერთი ჩანასახიდან იზრდება, ამიტომ სწორედ სითხეში აღმოცენებული ჩანასახების რიცხვი განაპირობებს წარმოქმნილი მარცვლის ზომას.



ნახ. 2.7. ფოლადის ზოდის აგებულება

1.-ქერქი; 2- სვეტისებრი კრისტალები; 3- გული; 4- ჩაჯდომის ნიჟარა

მექანიკური თვისებების, კერძოდ, სიმტკიცის მაღალი მახასიათებლების მისაღწევად სასურველია წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურის მიღება. ამისათვის კი განმსაზღვრელ პირობას წარმოადგენს ის, რომ სითხეში რაც შეიძლება მეტი კრისტალიზაციის ცენტრი ჩაისახოს, ხოლო გაცივების სიჩქარე ისე უნდა შეირჩეს, რომ კრისტალს ზრდის შესაძლებლობა მიეცეს.

გაცივების სიჩქარე არსებით როლს თამაშობს ჩანასახის წარმოქმნის პროცესში. ყველა შესაძლო კრისტალიზაციის ცენტრის ჩასახვა არ ხორციელდება ერთდროულად, რადგან ყველა მათგანი არ შეიძლება წარმოიქმნას და მდგრადი გახდეს ერთი და იგივე გადაცივების პირობებში. პირველად აღმოცენებული კრისტალები გაიზრდებიან იმ მომენტამდე, სანამ არ შეხვდებიან სხვა მზარდ კრისტალებს. სხმული ლითონის სტრუქტურის ჩამოყალიბებაზე ზემოქმედების ყველაზე გავრცელებული მეთოდი ოპტიმალური გაცივების სიჩქარის შერჩევაა.

პრაქტიკაში სტრუქტურის დაწვრილმანებისათვის ფართოდ სარგებლობენ თხევად ლითონში მცირე რაოდენობით (მეათედი ან მეასედი პროცენტი) მინარევეების დამატებით. სითხის დამუშავების ამ ხერხს მოდიფიცირება ეწოდება. მაგალითად, რუხი თუჯის მოდიფიცირება ხდება მაგნიუმით, ფოლადში მოდიფიკატორებად იყენებენ ბორს, ტიტანს და ა.შ., ალუმინსა და მის შენადნობებში – ნატრიუმს, ტიტანს და ცირკონიუმს.

2.5. ალოტროპიული გარდაქმნები სუფთა ლითონებში

ერთი და იგივე ლითონის სხვადასხვა კრისტალურ ფორმაში არსებობას პოლიმორფიზმი (მრავალფორმიანობა), ანუ ალოტროპიზმი ეწოდება, ხოლო

ლითონის კრისტალოგრაფიულ სახესხვაობებს–პოლიმორფული, ანუ ალოტროპიული მოდიფიკაციები.

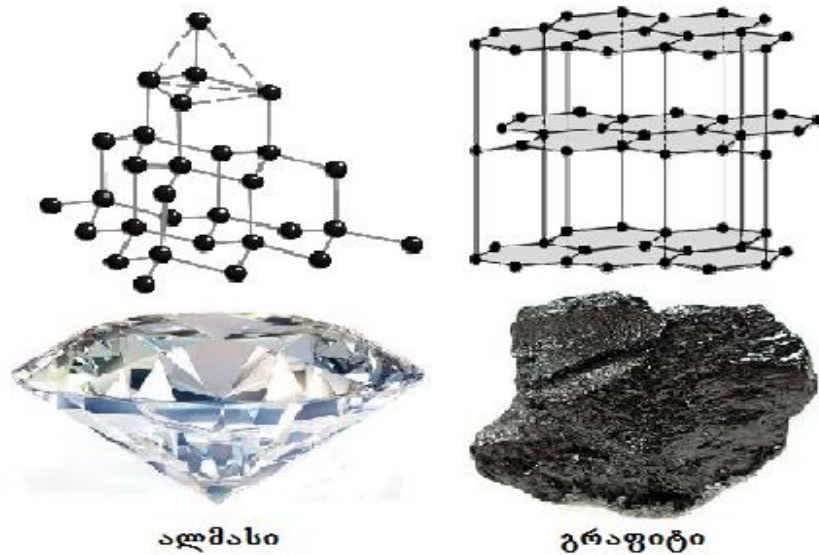
2.8 ნახაზზე მოცემულია ელემენტ ნახშირბადის ალოტროპიული მოდიფიკაციები ალმასისა და გრაფიტის სახით. გრაფიტში ნახშირბადის ატომები ჰექსაგონალურადაა განლაგებული ხოლო ალმასში კუბური-ატომების მჭიდრო განლაგებით. ერთი და იმავე ნივთიერების სახესხვაობანი აღინიშნება α , β , γ , δ ასოებით, რომლებიც ინდექსების სახით ელემენტების აღმნიშვნელ ქიმიურ სიმბოლოებს ემატება. მაგალითად, Fe_{α} , Ti_{β} და ა.შ.

ალოტროპიული გარდაქმნა იმაში მდგომარეობს, რომ ლითონის გახურების ან გაცივების დროს ხდება ერთი სახის კრისტალური გისოსის ატომების გადაჯგუფება მეორე სახის გისოსად.

ალოტროპიული გარდაქმნა სუფთა ლითონებში ერთ გარკვეულ, მუდმივ ტემპერატურაზე თბური ეფექტით წარიმართება – გახურებისას ხდება ენერგიის შთანთქმა, ხოლო გაცივებისას – ენერგიის გამოყოფა. ამიტომ სუფთა ლითონის გაცივების მრუდზე პირველი ჰორიზონტალური ბაქნის ქვემოთ, რომელიც თხევადი ლითონის კრისტალიზაციას შეესაბამება, კიდევ იმდენი ბაქანი წარმოიქმნება, რამდენი ალოტროპიული სახესხვაობაც მოცემულ ლითონს გააჩნია. ტემპერატურას, რომელზეც ალოტროპიული გარდაქმნა მიმდინარეობს, ალოტროპიული გარდაქმნის ტემპერატურას უწოდებენ.

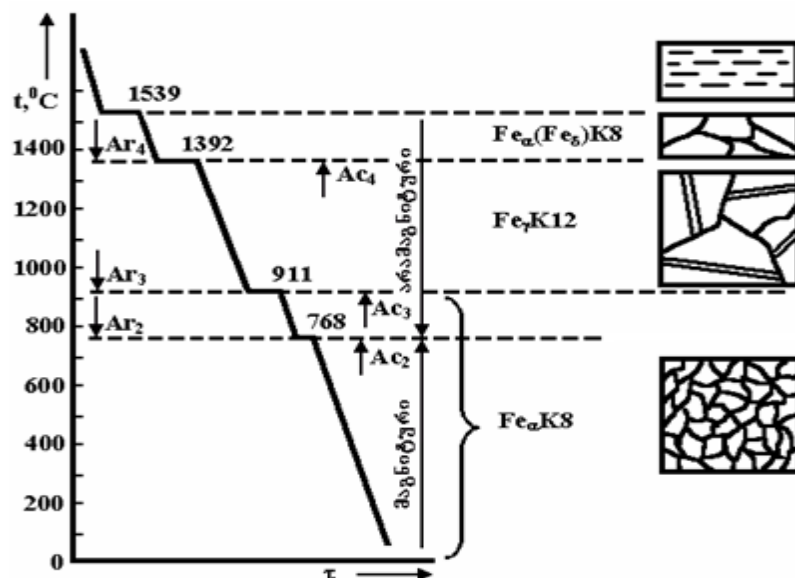
ალოტროპიული გარდაქმნა შექცევადია, ე.ი. თუ გახურებისას α მოდიფიკაცია β -თი იცვლება, გაცივებისას ხდება პირუკუ გარდაქმნა – β ფაზა კვლავ α -ში გადადის. ალოტროპიული გარდაქმნა მიმდინარეობს ახალი ფაზის კრისტალიზაციის ცენტრების ჩასახვითა და მათი ზრდით. პროცესი ემორჩილება იგივე კანონზომიერებებს, რომლებიც პირველადი კრისტალიზაციის შესწავლის დროს განვიხილეთ. გარდაქმნის დაწყებისათვის აუცილებელია სისტემის გადაცივება, რათა არსებული და ახალი ალოტროპიული სახესხვაობების თავისუფალ ენერგიებს შორის სხვაობამ მნიშვნელოვან სიდიდეს მიაღწიოს. ვინაიდან გარდაქმნა მყარ მდგომარეობაში მიმდინარეობს, დიფუზიის სიჩქარე რამოდენიმე ხარისხით ნაკლებია სითხესთან შედარებით. ეს თავისებურება გამოხატულებას პოულობს იმაში, რომ პირველად კრისტალიზაციასთან შედარებით ალოტროპიული გარდაქმნის მიმდინარეობისათვის საჭიროა მნიშვნელოვნად დიდი გადაცივება, რაც პრაქტიკულად არის დადასტურებული. პირუკუ გარდაქმნას ხელს უწყობს გაზრდილი წნევა, ამასთან, რაც უფრო მეტია გადახურების ხარისხი, მით უფრო დაბალი წნევის პირობებში დგება გარდაქმნისათვის ხელსაყრელი პირობები.

ნორმალური წნევის პირობებში რკინა არსებობს ორი ალოტროპიული სახესხვაობით. 911°C -ის ქვემოთ და 1392°C -ის ზემოთ დნობის ტემპერატურამდე სტაბილურია რკინის α მოდიფიკაცია (Fe_{α}), რომელსაც გააჩნია სივრცით დაცენტრებული კუბური კრისტალური გისოსი. 911 - 1392°C ტემპერატურულ ინტერვალში კი მდგრადია რკინის γ მოდიფიკაცია წახნაგდაცენტრებული კუბური კრისტალური გისოსით (ნახ. 2.9).



ნახ. 2.8. ნახშირბადის ალოტროპიული მოდიფიკაციები

მაღალტემპერატურულ α რკინას ხშირად Fe_δ -თი აღნიშნავენ. ჰორიზონტალური ბაქანი, რომელიც $768^\circ C$ -ზე მიიღება, არ არის დაკავშირებული კრისტალური გისოსის გადაჯგუფებასთან. იგი კიურის წერტილს წარმოადგენს. ამ წერტილის ზემოთ რკინა არამაგნიტურია, ხოლო ქვემოთ – ფერომაგნიტური. ფერომაგნიტური α რკინისაგან განსხვავებით, არამაგნიტურ α რკინას ხშირად Fe_β -თი აღნიშნავენ. გახურებისას გარდაქმნის კრიტიკული წერტილები Ac -თი აღინიშნება (Ar_1, Ac_2, Ac_3, Ac_4), ხოლო გაცივებისას - Ar -ით (Ar_2, Ar_3, Ar_4)).

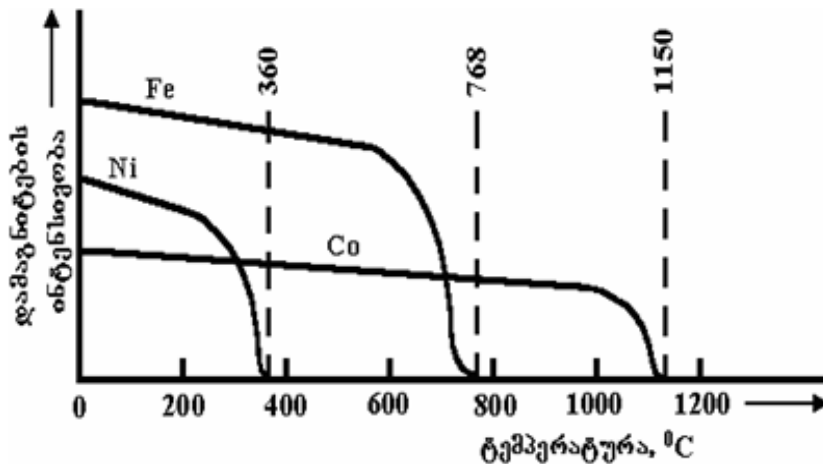


ნახ. 2.9 რკინის გაცივების მრუდი

2.6. მაგნიტური გარდაქმნა

ფერომაგნიტური მასალების (რკინა, ნიკელი, კობალტი, გადოლინი) მაგნიტურ თვისებებს განაპირობებს ელექტრონის სპინი, რომელიც პატარა მაგნიტის მსგავსად,

ორიენტირდება ლოკალურ ველში მისი მოქმედების ან საპირისპირო მიმართულებით. ტემპერატურის გაზრდით ლითონის ფერომაგნიტური თვისებები თანდათან მცირდება და ბოლოს ქრება გარკვეულ ტემპერატურაზე, რომელსაც კიურის წერტილი უწოდებს. იგი რკინისათვის შეადგენს 768°C , ნიკელისათვის – 360°C , კობალტისათვის – 1150°C , ხოლო გადოლინისათვის – 160°C (ნახ. 2.10).



ნახ. 2.10 მაგნიტური გარდაქმნები- რკინა, კობალტი, ნიკელი.

მაგნიტური გარდაქმნა შეიძლება შემდეგნაირად აიხსნას: ფერომაგნიტურ ნივთიერებებში დაბალ ტემპერატურაზე ყველა სპინი ურთიერთპარალელურია, რაც უზრუნველყოფს გარეგან სუსტ ველში მაგნიტურ გაჯერებას. ტემპერატურის მატებით იზრდება ატომების თბური მოძრაობა, რაც ამცირებს ატომებში ელექტრონის სპინების მიმართულების მოწესრიგების ხარისხს და, აქედან გამომდინარე, ფერომაგნიტური მასალის შიგა, საკუთარი მაგნიტური ველის დაძაბულობას. მცირდება მაგნიტური ამთვისებლობა და მაგნიტური შეღწევადობა. კიურის ტემპერატურა სინამდვილეში წარმოადგენს მცირე ტემპერატურულ ინტერვალს, სადაც მიმდინარეობს მაგნიტური თვისებების გაქრობა. კიურის წერტილში წონასწორობაშია ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით მოქმედი ძალები, რომლებიც, ერთის მხრივ, განაპირობებენ სპინების ურთიერთპარალელურ ორიენტაციას და, მეორეს მხრივ, ინტენსიური თბური რხევებით გამოწვეული ძალები, რომლებიც სპინებზე მადეზორიენტირებელ ზემოქმედებას ახდენენ. მაგნიტური გარდაქმნა ხასიათდება მთელი რიგი თავისებურებებით ალოტროპიულ გარდაქმნასთან შედარებით, რაც ძირითადად შემდეგში გამოიხატება:

1. მაგნიტური თვისებები თანდათან სუსტდება კიურის წერტილთან მიახლოებისას და იგი არ პასუხობს თვისებათა ნახტომისებრ შეცვლას;
2. გარდაქმნა არ ხასიათდება ტემპერატურული ჰისტერეზისით. გაცივების სიჩქარის ზრდა არ გადაადგილებს გარდაქმნის ტემპერატურას;
3. გარდაქმნის შედეგად იცვლება მრავალი ელექტრული, მაგნიტური და თბური თვისება, მაგრამ უცვლელი რჩება მექანიკური და ზოგიერთი ფიზიკური თვისება;
4. გარდაქმნა არ მიმდინარეობს გადაკრისტალებით – ახალი მარცვლების წარმოქმნითა და კრისტალური გისოსის შეცვლით.

6 ლექცია

დრეკადი და პლასტიკური დეფორმაცია. ლითონების გაჭიმვაზე, სისაღეზე და დარტყმაზე გამოცდა.

შენადნობები მექანიკური და ქიმიური ნაერთით. შენადნობები მყარი ხსნარებით. შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამები.

ლითონის მექანიკური თვისებები 3.1. დრეკადი და პლასტიკური დეფორმაცია

ლითონებს ახასიათებს ფიზიკური, ქიმიური, მექანიკური და ტექნოლოგიური თვისებები.

ლითონთა ფიზიკური თვისებებს მიეკუთვნება: ფერი, კუთრი წონა, დნობადობა, ელექტროგამტარობა, თბოგამტარობა, გაფართოების კოეფიციენტი, მაგნიტური თვისებები და სხვა.

ლითონთა ქიმიურ თვისებებს მიეკუთვნება: ჟანგვადობა, კოროზიამდეგობა.

ლითონთა ტექნოლოგიურ თვისებებს მიეკუთვნება: თხიერდენადობა (გამდნარი ლითონის მიერ ყალიბის შევსების უნარი), ჭედადობა, შედუღებადობა, ჭრით დამუშავებადობა და სხვა.

საკონსტრუქციო მასალების შერჩევა ხდება ლითონთა მექანიკური თვისებების მიხედვით, რომელთაც მიეკუთვნება: სიმტკიცე, დრეკადობა, დარტყმითი სიბლანტე, სისაღე, პლასტიკურობა.

სიმტკიცე ეწოდება ლითონის უნარს, წინააღმდეგობა გაუწიოს გარე ძალების მოქმედებას დაურღვევლად. მოქმედი გარე ძალების ხასიათის მიხედვით სიმტკიცე შეიძლება იყოს გაჭიმვაზე, თუ ძალა გამჭიმავია, სიმტკიცე კუმშვაზე, თუ ძალა მკუმშავია და ა.შ.

დრეკადობა ეწოდება ლითონის უნარს, აღიდგინოს თავისი პირველდაწყებითი ფორმა დეფორმაციის გამომწვევი გარე ძალების მოხსნის შემდეგ.

დარტყმითი სიბლანტე ეწოდება ლითონის თვისებას, წინააღმდეგობა გაუწიოს დარტყმითი ძალების მოქმედებას.

სისაღე ეწოდება ლითონის თვისებას, წინააღმდეგობა გაუწიოს სხვა მასზე მეტი სისაღის მქონე სხეულს მასში შეჭრაზე.

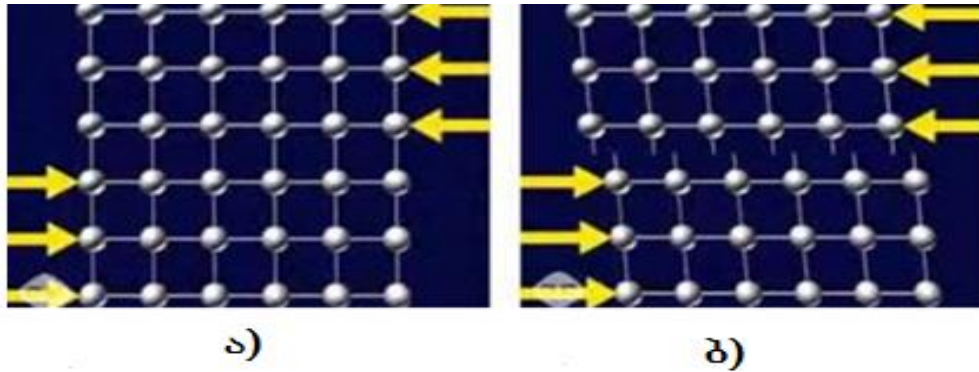
პლასტიკურობა ეწოდება ლითონის თვისებას, მიიღოს ნარჩენი დეფორმაცია გარე ძალების მოქმედებით.

გარე ძალების ზემოქმედებით ლითონი იცვლის ფორმას და ზომებს, ანუ დეფორმირდება. მცირე დატვირთვა იწვევს მხოლოდ დრეკად დეფორმაციას. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ცვლილებები არ მიმდინარეობს. ძირითადად ხდება ატომების გადაადგილება მცირე, ატომთშორისზე ნაკლები მანძილით, რაც იწვევს კრისტალური გისოსის დამახინჯებას. ეს ცვლილებები კრისტალში შენარჩუნებულია მანამ, სანამ მოქმედებს გარე ძალები (ნახ. 3.1). ძალის მოხსნის შემდეგ ატომები უბრუნდებიან თავის პირვანდელ წონასწორულ მდგომარეობას, გისოსის დამახინჯება იხსნება და ლითონში აღდგება საწყისი ფორმა და ზომები. ლითონის უნარს, წინააღმდეგობა გაუწიოს დრეკად დეფორმაციას, სიხისტე ეწოდება.

მოქმედი ძალა ლითონში აღძრავს ძაბვებს. მაგალითად, ნიმუშის გაჭიმვის შემთხვევაში აღძრული ძაბვა $\sigma = P/F$ მგპა,

სადაც P არის მოქმედი ძალა, F – განივი კვეთის ფართობი ძალის მოქმედების უბანში.

თუ ლითონში აღძრული ძაბვა გადააჭარბებს დრეკადობის ზღვარს, იწყება გაცილებით უფრო რთული პროცესი – პლასტიკური დეფორმაცია. პლასტიკური დეფორმაციის დროს კრისტალის ერთი ნაწილი მთლიანად გადაადგილდება (დაიძვრება) მეორის მიმართ. ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ლითონი აღარ უბრუნდება თავის პირვანდელ მდგომარეობას, ანუ რჩება დეფორმირებულ მდგომარეობაში.



ნახ. 3.1 ა) -დრეკადი დეფორმაცია; ბ) -პლასტიკური დეფორმაცია

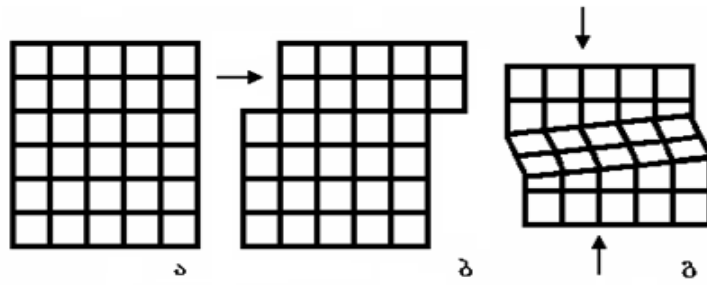
პლასტიკური დეფორმაცია ლითონურ კრისტალში ორი გზით შეიძლება განხორციელდეს: სრიალით და ორეულების წარმოქმნით.

სრიალით, ანუ ძვრით პლასტიკური დეფორმაციის შემთხვევაში კრისტალის ერთი ნაწილი იძვრის მეორის მიმართ ატომთა შორის დაშორების ჯერადი მანძილებით (ნახ. 3.2-ბ), ორეულების წარმოქმნის შემთხვევაში კი კრისტალის ერთი ნაწილი იცვლის სივრცეში მდებარეობას მეორის მიმართ და ღებულობს ისეთ ორიენტაციას, როგორც სარკის ანარეკლი (გ). ორეულების წარმოქმნით განპირობებული დაფორმაცია არ აღემატება 5-10%.

დეფორმაცია სრიალით ყველაზე ადვილად მიმდინარეობს იმ კრისტალოგრაფიულ სიბრტყეებზე, რომლებზეც მეტი ატომია განთავსებული. მართალია, სიბრტყეებზე ატომებს შორის კავშირი მტკიცეა, მაგრამ თვით სიბრტყეებია ერთმანეთთან სუსტად დაკავშირებული.

გამოთვლებით დადგენილია, რომ ლითონის თეორიული სიმტკიცე, ანუ მისი უნარი, მთლიანობის დაურღვევლად გაუძლოს გარე ძალების დამანგრეველ ზემოქმედებას, დაახლოებით 100-ჯერ აღემატება ლითონის რეალურ სიმტკიცეს. ასეთი განსხვავების ახსნა შესაძლებელია დისლოკაციის თეორიაზე დაყრდნობით.

როგორც უკვე ცნობილია, რეალურ კრისტალებში დიდი რაოდენობით არსებობს დეფექტები, მათ შორის დისლოკაცია. დისლოკაცია ადვილად მოდის მოძრაობაში დრეკადობის ზღვარზე უფრო დაბალი ძაბვების პირობებშიც კი. რაღაც P ძალის ზემოქმედებით დისლოკაციის გადასაადგილებლად საჭიროა მხოლოდ მეზობელი ატომების მდებარეობის შეცვლა AA სიბრტყის ზონაში და არა ყველა ატომის ერთდროული გადაადგილება (მოწყვეტა). ატომთა შორის კავშირების ასეთი ერთდროული გაწყვეტა ძალიან დიდ ძალას მოითხოვს, რადგან ძვრის სიბრტყეში ატომების საკმაოდ დიდი რაოდენობაა თავმოყრილი.



ნახ. 3.2. კრისტალის სქემა დეფორმაციამდე (ა), ძვრისა (დაცურებისა, ბ) და ორეულების წარმოქმნის შემდეგ(გ)

ერთი კრისტალოგრაფიული სიბრტყიდან მეორეში დისლოკაციის თანმიმდევრული გადაადგილების შედეგად იგი საბოლოო ჯამში კრისტალის ზედაპირზე გამოდის და ხორციელდება ძვრა მოცემულ შემთხვევაში ერთი ატომთშორისი მანძილით.

აქედან გამომდინარე, კრისტალის ერთი ნაწილის ძვრა მეორის მიმართ განხილვა არა როგორც დაცურების სიბრტყეში განლაგებული ყველა ატომის ერთდროული მოწყვეტა ერთმანეთისაგან, არამედ როგორც კიდურა დისლოკაციის სრიალი კრისტალის ერთი ბოლოდან მეორეში.

საკონსტრუქციო მასალას მოეთხოვება არა მარტო დეფორმაციისადმი, არამედ რღვევისადმი (ნგრევისადმი) გაზრდილი წინააღმდეგობაც. წინააღმდეგობას დეფორმაციისადმი, ჩვეულებრივ, აერთიანებენ ზოგად ცნებაში `სიმტკიცე~, ხოლო წინააღმდეგობას რღვევისადმი – ცნებაში `საიმედოობა~. თუ ნაკეთობის მთლიანობის რღვევა ხორციელდება არა ერთი, არამედ მრავალგზის დატვირთვის აქტის შემდეგ, საქმე გვაქვს მასალის ხანგამძლეობასთან. ბუნებრივია, მაღალხარისხოვანი საკონსტრუქციო მასალა ერთდროულად უნდა ხასიათდებოდეს როგორც სიმტკიცით, ისე საიმედოობით და ხანგამძლეობით. ლითონზე მოქმედი გარე ძალები გარკვეული სიდიდის შემდეგ მის რღვევას იწვევს.

ლითონთა მექანიკური თვისებების შესასწავლად არსებობს მათი მექანიკური გამოცდის სხვადასხვა მეთოდი, რომელთაგან ყველაზე გავრცელებულია გაჭიმვაზე, დარტყმაზე, სისალესა და დაღლილობაზე გამოცდის მეთოდები.

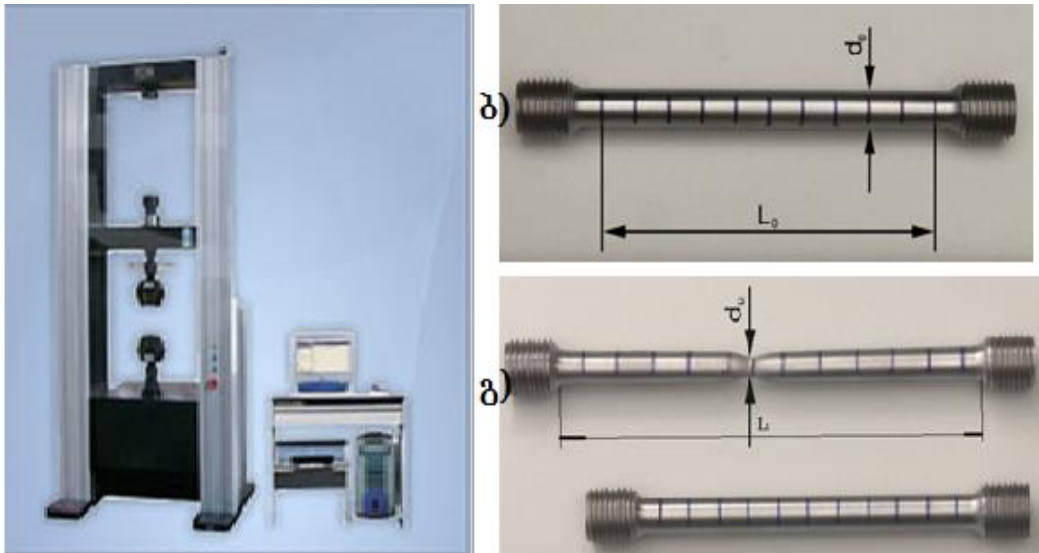
3.2. ლითონების გაჭიმვაზე გამოცდა

ლითონის მექანიკური თვისებების შესწავლა ხორციელდება სპეციალურად დამზადებული ნიმუშის გაჭიმვაზე გამოცდით. გამოცდა მიმდინარეობს სპეციალური საგლეჯი ტიპის გამჭიმავ მანქანაზე (ნახ. 3.3-ა) გამოცდის წინ განისაზღვრება ნიმუშის საანგარიშო სიგრძე - l_0 და საწყისი განივკვეთის ფართი- d_0 (ნახ.3.3-ბ). გამოცდის დროს ნიმუშის დატვირთვა თანდათანობით იზრდებადება. გამოცდის შედეგები გამოისახება მრუდით, რომლის ხასიათი პლასტიკური ლითონისათვის წარმოდგენილია ნახაზი 3.4-ა.

გაჭიმვაზე გამოცდისას განისაზღვრება შემდეგი ძირითადი მახასიათებლები:

1. პროპორციულობის ზღვარი $\sigma_{პრ}$ ეს არის მაქსიმალური ძაბვა დიაგრამის დრეკადი დეფორმაციის OP უბანზე, სადაც ძაბვა ფარდობითი წაგრძელების პირდაპირპროპორციულად იცვლება:

$$\sigma_{პრ} = P_{პრ} / F_0, \text{ მგპა}$$

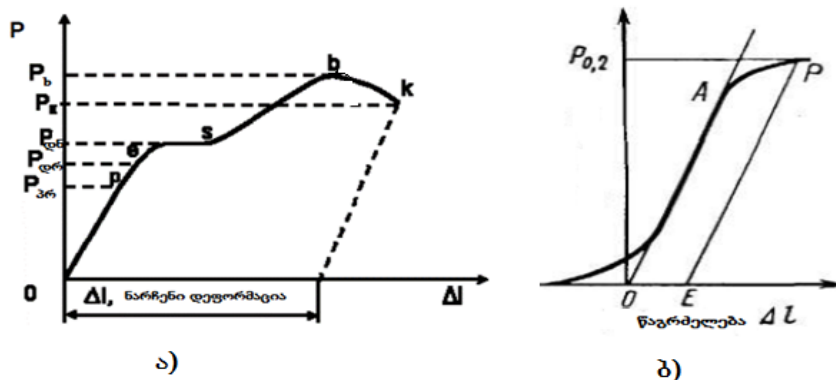


ა)

ნახ. 3.3. ა)-ლითონების გაჭიმვაზე გამოცდის მანქანა; ბ) გამოსაცდელი ნიმუში; გ) გამოსაცდელი ნიმუში გაჭიმვის შემდეგ

2. დენადობის ზღვარი $\sigma_{დენ}$. გაჭიმვის დიაგრამაზე მას შეესაბამება ჰორიზონტალური უბანი eS იგი არის მაქსიმალური ძაბვა, რომლის დროსაც ნიმუში დეფორმაციას განიცდის დატვირთვის გაუზრდელად:

$$\sigma_{დენ} = P_{დენ} / F_0, \text{ მგპა;}$$



ა)

ბ)

ნახ. 3.4. ა)- ლითონების გაჭივზე გამოცდის მრუდი; ბ)- დენადობის პირობითი ზღვრის განსაზღვრის მრუდი;

ლითონთა უმრავლესობისათვის გაჭიმვის მრუდზე დენადობის ზღვარი მკაფიოდ არ არის გამოხატული. ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ დენადობის პირობითი ზღვრის გამოთვლას. ეს არის ძაბვა, რომლის დროსაც წარმოქმნილი წაგრძელება ნიმუშის საწყისი სიგრძის 0,2%-ს შეადგენს. იგი აღინიშნება სიმბოლოთი $\sigma_{0,2}$ (ნახ. 3.4-ბ).

3. სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვისას σ_b იგი წარმოადგენს მაქსიმალურ ძაბვას, რომელსაც ლითონი უძლებს რღვევამდე:

$$\sigma_b = P_{მაქს} / F_0, \text{ მგპა;}$$

4. ფარდობითი წაგრძელება δ , იგი არის ნიმუშის სიგრძის ნამატის შეფარდება საწყის სიგრძესთან და გამოისახება პროცენტობით:

$$\delta = (l_1 - l_0) / l_0 = (l_1 / l_0) \times 100, \%$$

სადაც l_0 არის ნიმუშის საწყისი სიგრძე, l_1 - საბოლოო სიგრძე ხოლ l_1 - ნიმუშის სიგრძის ნამატი.

5. ფარდობითი შევიწროება ψ , რომელიც წარმოადგენს განივკვეთის ფართობის მაქსიმალური შემცირების ფარდობას საწყისი განივკვეთის ფართობთან:

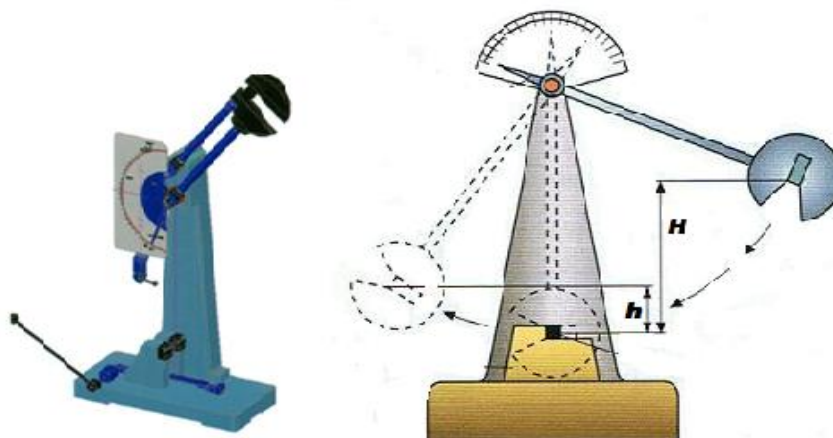
$$\psi = (F_0 - F_1 / F_0) \times 100, \%$$

სადაც F_0 არის ნიმუშის საწყისი განივკვეთის ფართი, ხოლო F_1 – საბოლოო ფართი ნიმუშის მაქსიმალურად შევიწროების უბანში.

$\sigma_{\text{პ}}$, $\sigma_{\text{დენ}}$ და $\sigma_{\text{ხ}}$ სიმტკიცის მახასიათებლებია, ხოლო ψ – პლასტიკურობის მაჩვენებლები. გამჭიმავი მანქანა WDW-300E

3.3. დარტყმითი სიბლანტე

ლითონის მექანიკური თვისებების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია დარტყმითი სიბლანტე a_n (ნ- ნასერი). იგი განისაზღვრება სპეციალურად მომზადებული ნიმუშის გამოცდით დინამიკური, დარტყმითი დატვირთვის პირობებში. დარტყმაზე გამოსაცდელად ამზადებენ კვადრატული განივკვეთის მქონე ნიმუშებს, რომლებსაც ჰორიზონტალურად ათავსებენ სპეციალური მანქანის (ქანქარა-ურნალი) საყრდენზე ისე, რომ ნიმუშის ჩანაჭერი მიმართული იყოს ქანქარა-ურნალის დარტყმის საწინააღმდეგო მხარეს. ნიმუშზე Q წონის მქონე ურნალის დარტყმას აწარმოებენ H სიმაღლიდან, რომელიც ნიმუშის გატეხის შემდეგ დარჩენილი ენერგიით ადის h სიმაღლეზე. დარტყმითი სიბლანტე განისაზღვრება ნიმუშის გადატეხვაზე დახარჯული მუშაობის (A) შეფარდებით ნიმუშის განივკვეთის ფართთან (F): $a_n = A/F$, მგჯ/მ² საპასუხისმგებლო დატალების დარტყმითი სიბლანტე მაღალი უნდა იყოს. მაგალითად, საავიაციო ძრავის ლილვისათვის $a_n = 1-1,1$ მგჯ/მ²; იარაღის ლულისათვის საკმარისია $a_n = 0,6-0,7$ მგჯ/მ²; საარტილერიო რომლებსაც მაღალი დრეკადობის მახასიათებლები მოეთხოვება, $a_n = 0,4$ მგჯ/მ²; დეტალებისათვის, რომლებიც მუშაობენ დინამიკური დატვირთვის პირობებში, დაუშვებელია დარტყმითი სიბლანტის დაბალი მნიშვნელობა ($\geq 0,15$ მგჯ/მ²). ლითონების დარტყმითი სიბლანტის განისაზღვრისათვის გამოიყენება სპეციალური მანქანა ქანქარა შარპის ურნალი (ნახ. 3.5).



ნახ. 3.5. დარტყმითი სიბლანტის განისაზღვრა

3.4. სისალის განსაზღვრა

სისალე არის ლითონის უნარი, წინააღმდეგობა გაუწიოს მასში გარეშე საგნის შეჭრას, ანუ პლასტიკურ დეფორმაციას. სისალეს აღნიშნავენ H სიმბოლოთი.

სისალის განსაზღვრის არაერთი მეთოდი არსებობს, რომელთაგან ყველაზე გავრცელებულია:

1. ბრინელის მეთოდი (ნახ. 3.6). ამ ხერხით სისალის განსაზღვრის დროს გამოსაცდელ ნიმუშში წინასწარ შერჩეული PP ძალით იწნეხება D დიამეტრის ფოლადის ნაწრთობი ბურთულა. ბურთულას დიამეტრი (D=10; 5; 2,5 მმ) შეირჩევა გამოსაცდელი მასალის სისქის ან დიამეტრის მიხედვით. სისალე აღინიშნება სიმბოლოებით HB(B გამოცდის მეთოდის აღმნიშვნელი სიმბოლო) და გამოითვლება დატვირთვის შეფარდებით ნიმუშზე მიღებული სფერული ანაბეჭდის ზედაპირის ფართობთან:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2p}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \times 10$$

π –

სადაც P არის დატვირთვის სიდიდე, კგ;

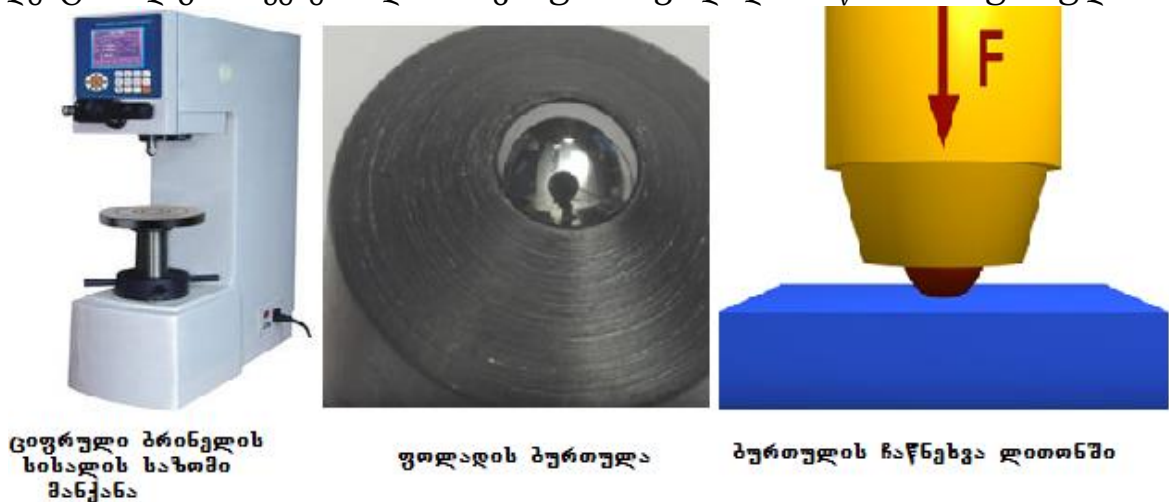
F – ანაბეჭდის ზედაპირის ფართობი, მმ²;

D - ბურთულას დიამეტრი, მმ;

d - ანაბეჭდის დიამეტრი, მმ.

სისალის მნიშვნელობის აღება შესაძლებელია უშუალოდ სათანადო ცხრილებიდან. თუ მაგალითად, გაზომვის შედეგად მიღებულია რიცხვი 350, სისალის მნიშვნელობა შემდეგნაირად ჩაიწერება: HB350

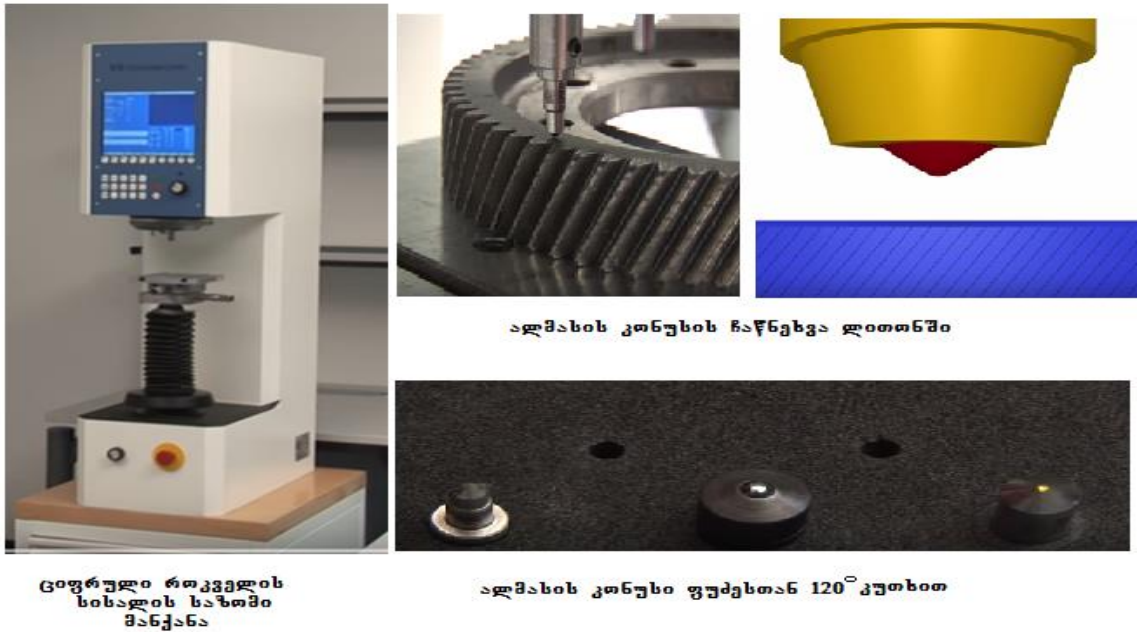
2. როკველის მეთოდი (ნახ. 3.7). როკველის ხერხით სისალის გამოცდის დროს ინდენტორად გამოიყენება ალმასის კონუსი ან ფოლადის ნაწრთობი ბურთულა.



ნახ. 3.6 სისალის განსაზღვრა ბრინელის მეთოდით

ალმასის კონუსის წვეროსთან მდებარე კუთხე შეადგენს 120⁰, ხოლო ბურთულას დიამეტრი – 1,588 მმ. სისალის მნიშვნელობად მიღებულია ჩაწნეხვის სიღრმის (h₀) შებრუნებული სიდიდე. ანათვალის უშუალოდ ხელსაწყო სკალიდან აიღება. ხელსაწყო აქვს სამი სკალა – C, A და B ალმასის კონუსით გამოცდისას, როდესაც დატვირთვა შეადგენს 150 კგ (როკველის მეთოდით სისალის გამოცდისას დატვირთვა ყველა შემთხვევაში სტანდარტულია), ანათვალის C სკალიდან აიღება და აღინიშნება სიმბოლოებით HRC (მაგალითად, 50 HRC). ანალოგიურად, როდესაც

დატვირთვის სიდიდე შეადგენს 60 კგ, სისაღე აღნიშნება HRA -თი. ბურთულით გამოცდისას დატვირთვის სიდიდეა 100 კგ, სისაღე ჩაიწერება სიმბოლოებით HRB.



ნახ. 3.7. სისაღის განსაზღვრა როკველის მეთოდით

3. ვიკერსის მეთოდი (ნახ. 3.8). ამ ხერხით სისაღის განსაზღვრისას გამოსაცდელ ნიმუშში იწნეხება ალმასის პირამიდა და იზომება ანაბეჭდის დიაგონალის სიგრძე დ. სისაღე HHV გამოითვლება ფორმულით:

$$HHV=1,854 \frac{P}{d}$$

სადაც P არის დატვირთვის სიდიდე, კგ;

d - ანაბეჭდის დიაგონალის სიგრძე, მმ.

დატვირთვის სიდიდე უმეტეს შემთხვევაში შეირჩევა ექსპერიმენტულად. შისაღის მნიშვნელობის აღება შესაძლებელია სათანადო ცხრილებიდანაც.

HB და HRB სისაღის განსაზღვრის მეთოდები გამოიყენება რბილი მასალებისათვის, HRC – სალი ლითონებისათვის, ხოლო HRA და HHV – ძირითადად თხელი ფურცლებისა და ფენებისათვის.

არსებობს შესაბამისი ცხრილები, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ერთი მეთოდით გაზომილი სისაღის მნიშვნელობის გადაყვანაყმეორეში, მათ შორის ბრინელის ერთეულებში (ცხრილი 3.1).

სისაღე ბრინელის ერთეულებში დაახლოებით სამჯერ აღემატება იგივე მასალის სიმტკიცის ზღვარს გაჭიმვაზე. ასე მაგალითად, თუ სისაღის მნიშვნელობაა HB 300, ამ მასალის სიმტკიცე დაახლოებით 100 კგ/მმ²-ს (10 მპა) შეადგენს. ასეთი გამოთვლა საორიენტაციო, მიახლოებითია და მიუღებელია მყიფე მასალებისათვის.

ცივად პლასტიკური დეფორმაციის დროს ლითონი მტკიცდება და ამ მოვლენას ცივჭედვა ეწოდება.

პლასტიკური დეფორმაციის შედეგად ლითონის კრისტალის ზედაპირზე დეფორმაციის რელიეფური კვალი – წვრილი ზოლები და ხაზები წარმოიქმნება მოქმედი ძალის გაზრდასთან ერთად მათი რაოდენობაც იზრდება და კრისტალის

ზედაპირი მჭრქალ ფერს ღებულობს. დეფორმაციის კვალი შეიმჩნევა ზედაპირული ფენის მოხსნის შემდეგაც.

ცივქედვის ეფექტი განპირობებულია დეფორმაციის პროცესში კრისტალური აგებულების დეფექტების (დისლოკაცია, ვაკანსია, კვანძებსშორისი ატომი) რაოდენობის ზრდით. ერთდროულად მარცვალში მიმდინარეობს ბლოკების მსხვრევა და კრისტალური გისოსის დამახინჯება. ყოველივე ეს მნიშვნელოვნად ამწელებს დისლოკაციების გადაადგილებას, ანუ იზრდება ლითონის სიმტკიცე, პლასტიკურობა კი კლებულობს. აღსანიშნავია, რომ ლითონის ფორმის ცვლილება წნევით დამუშავების დროს მიმდინარეობს ყოველი მარცვლის პლასტიკური დეფორმაციის ხარჯზე.



ნახ. 3.8 სისალის განსაზღვრა ვიკერსის მეთოდით

თავდაპირველად ნებისმიერად ორიენტირებული მარცვლები შემობრუნებას იწყებს და მაქსიმალური სიმტკიცის ღერძებით ლითონის დინების მიმართულებით განლაგდებიან.

შემდგომში აქამდე დაახლოებით ტოლღერძა მარცვლები წაგრძელებას იწყებს დეფორმაციის მიმართულებით და სტრუქტურა ბოჭკოვან აგებულებას ღებულობს. მარცვლების კანონზომიერ ორიენტაციას გარედან მიყენებული დეფორმირებადი ძალის მიმართ დეფორმაციის ტექსტურას უწოდებენ.

ცხრილი 3.1.

R_m	HB	HV	HRB	HRC
285	86	90	1190	-
320	95	100	56,2	-
350	105	110	62,3	-
385	114	120	66,7	-
415	124	130	71,2	-
450	133	140	75,0	-
480	143	150	78,7	-
510	152	160	81,7	-
545	162	170	85,8	-
575	171	180	87,1	-
610	181	190	89,5	-
640	190	200	91,5	-
675	199	210	93,5	-
705	209	220	95	-
740	219	230	96,7	-
770	228	240	98,1	-
800	238	250	99,5	-
820	242	255	-	23,1
850	252	265	-	24,8
880	261	275	-	26,4
900	266	280	-	27,1
930	276	290	-	28,5
950	280	295	-	29,2
995	295	310	-	31,0
1030	304	320	-	32,2
1060	314	330	-	33,3
1095	323	340	-	34,4
1125	333	350	-	35,5
1155	342	360	-	36,6

შენადნობთა აგებულება

ლითონები, რომლებსაც ტექნიკაში იყენებენ, ძირითადად შენადნობებს წარმოადგენენ. შენადნობი ეწოდება ორი ან მეტი ელემენტის შედნობით მიღებულ ნივთიერებას. შენადნობებს ღებულობენ თხევად მდგომარეობაში ფუძე ლითონთან სხვადასხვა ნივთიერების შედნობით.

შენადნობის შემადგენელ ელემენტებს კომპონენტები ეწოდება. არსებობს შენადნობების მიღების სხვა ხერხებიც, მაგალითად : კომპონენტების შეცხობა, დიფუზიური გაჯერება, ელექტროლიზი, პლაზმური დაფრქვევა, ვაკუუმში ორთქლის ფაზიდან კომპონენტების კონდენსაცია. ამ ხერხებით მიღებულ შენადნობებს ფსევდო შენადნობებს უწოდებენ.

ერთი და იმავე კომპონენტებით შედგენილ სხვადასხვა პროცენტული შედგენილობის შენადნობების ერთობლიობას შენადნობთა სისტემა ეწოდება.

სისტემა ეწოდება აგრეთვე საკვლევი ლითონის ან შენადნობის ფაზათა ერთობლიობას სხვადასხვა აგრეგატული მდგომარეობისა და განსაზღვრული პირობების (ტემპერატურა, წნევა და სხვ.) დროს.

შენადნობები შეიძლება იყოს ერთგვაროვანი ანუ ჰომოგენური და არაერთგვაროვანი ანუ ჰეტეროგენური. არაერთგვაროვანი სისტემის ერთგვაროვან ნაწილს, რომელიც სხვა ნაწილიდან გამყოფი ზედაპირით არის შემოსაზღვრული ფაზა ეწოდება. ფაზა შენადნობებში შეიძლება იყოს ქიმიური ელემენტი, ქიმიური ნაერთი, თხევადი ხსნარი, მყარი ხსნარი.

თუ შენადნობი უპირატესად ლითონური ელემენტებისგან არის დამზადებული და ლითონური თვისებები ახასიათებს, მას ლითონურ შენადნობს უწოდებენ. ლითონური შენადნობების აგებულება უფრო რთულია სუფთა ლითონებთან შედარებით და უმთავრესად დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა ურთიერთობა მყარდება შენადნობის შემადგენელ კომპონენტებს შორის მყარ მდგომარეობაში.

თხევად მდგომარეობაში ყველა ელემენტი ერთმანეთში განუსაზღვრელად იხსნება (გამონაკლისს წარმოადგენს ზოგიერთი წყვილი, მაგალითად, რკინა და ტყვია, რკინა და ბისმუტი და ა.შ).

მყარ მდგომარეობაში შენადნობის შემადგენელი კომპონენტები შეიძლება იყოს სამგვარ ურთიერთობაში: 1) წარმოქმნან მიკრომექანიკური ნარევი; 2) წარმოქმნან ქიმიური ნაერთი; 3) წარმოქმნან მყარი ხსნარები.

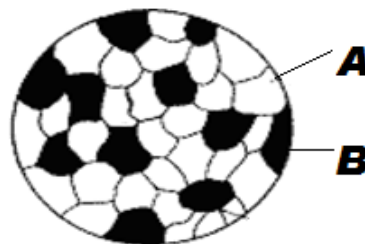
4.1 შენადნობები მიკრომექანიკური ნარევით

მიკრომექანიკური ნარევი მიიღება იმ შემთხვევაში, როდესაც შემადგენელი კომპონენტები A და B თხევად მდგომარეობაში განუსაზღვრელად იხსნებიან ერთმანეთში, მაგრამ მყარ მდგომარეობაში კი ერთმანეთში უხსნადია და არც ქიმიურ ნაერთს წარმოქმნიან.

გამყარების დროს ცალკე იზრდება A კომპონენტის მარცვლები და ცალკე B კომპონენტისა. შედეგად ჩამოყალიბდება მათი მიკრომექანიკური ნარევი, რაც მიკროსკოპში საკმაოდ მკვეთრად მჟღავნდება (ნახ. 4.1).

მაშასადამე, მიკრომექანიკური ნარევი ორფაზა შენადნობს მიეკუთვნება. ყოველი მარცვლის კრისტალური გისოსი და შესაბამისად თვისებები სავსებით ეთანადება შესაბამის სუფთა ელემენტს, ანუ მეორე ელემენტის გავლენას არ განიცდის. მიკრომექანიკური ნარევის თვისებები დამოკიდებულია როგორც მარცვლების ფორმასა და ზომებზე, ისე კომპონენტების რაოდენობრივ ურთიერთმეფარდებაზე და უკავია შუალედური მდგომარეობა სუფთა A და სუფთა B კომპონენტებს შორის.

ამჟამად ცნობილია, რომ მყარ მდგომარეობაში ორი ელემენტის აბსოლუტური უხსნადობა არ არსებობს; უფრო ხშირად ისინი იხსნებიან ერთმანეთში იმდენად მცირედ, რომ პრაქტიკულად შესაძლებელი ხდება მისი უგულვებელყოფა. შენადნობებს მექანიკური ნარევით მიეკუთვნება ტყვიასა და ვერცხლის შენადნობი; კალისა თუთიის შენადნობი და სხვა... ანტიფრიქციული



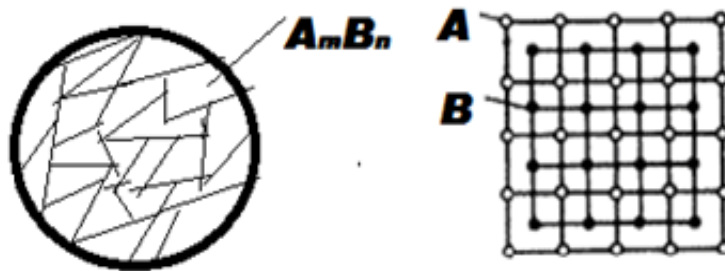
ნახ. 4.1 შენადნობი მექანიკური ნარევით

4.2 შენადნობები ქიმიური ნაერთით

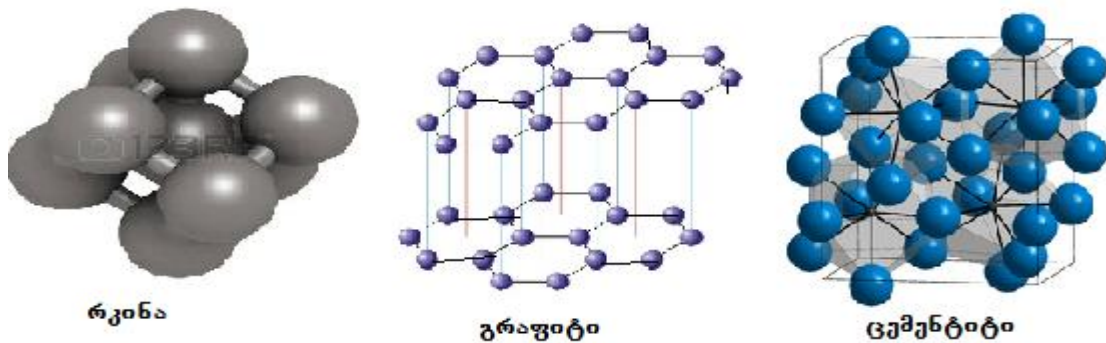
იმ შემთხვევაში, როდესაც შენადნობის შემადგენელი კომპონენტები რაღაც კონცენტრაციაზე ქიმიურ ნაერთს წარმოქმნიან, მაშინ კრისტალიზაციის პროცესში ჩამოყალიბდება როგორც A, ისე B კომპონენტებისაგან განსხვავებული, სპეციფიკური კრისტალური გისოსი, რომელიც ერთდროულად ორივე ელემენტის ატომებს შეიცავს. ატომები კრისტალურ გისოსში მოწესრიგებულად არიან განლაგებული. ატომების რიცხვის ურთიერთშეფარდება შეესაბამება სტექიომეტრიულ პროპორციას და შეიძლება გამოისახოს მარტივი ქიმიური ფორმულით $AmBn$.

ქიმიური ნაერთი ხასიათდება დნობის ან დისოციაციის გარკვეული, მუდმივი ტემპერატურით და შემადგენელი ელემენტებისაგან მკვეთრად განსხვავებული, ე.წ. სინგულარული თვისებებით. შედგენილობიდან მცირეოდენი გადახრა იწვევს თვისებების ნახტომისებრ ცვლილებას. ამგვარად, ქიმიური ნაერთი ერთფაზა შენადნობს წარმოადგენს. მისი სტრუქტურა შეადგენს ერთგვაროვანი ქიმიური ნაერთის მარცვლების ერთობლიობას. (ნახ. 4.2).

შენადნობი ქიმიური ნაერთით ჩვეულებრივ წარმოიქმნება ორი ერთმანეთისაგან ძლიერ განსხვავებულ კომპონენტებს შორის განსაზღვრული კონცენტრაციის დროს. ამ შემთხვევაში დაკრისტალება ხდება არა ცალკეული კომპონენტებისათვის დამახასიათებელი გისოსების წარმოქმნით, არამედ წარმოიშობა მათგან განსხვავებული სრულიად სხვა კრისტალური გისოსი. მაგალითად რკინის სამი ატომი ნახშირბადის ერთ ატომთან იძლევა ქიმიურ ნაერთს Fe_3C ცემენტიტს, რომლის კრისტალური გისოსი ორთორომბულია იმ დროს, როდესაც რკინას აქვს კუბური, ხოლო ნახშირბადს (გრაფიტი) ჰექსაგონალური გისოსი. ქიმიური ნაერთის თვისებები მკვეთრად განსხვავდება მასში შემავალი კომპონენტის თვისებებისაგან. რბილი და ძლიერ ბლანტი სუფთა რკინა და რბილი ნახშირბადი იძლევა ძლიერ სალ და მყიფე ცემენტიტს (ნახ.4.2)



ნახ. 4.2 შენადნობები ქიმიური ნაერთით



ნახ. 4.3 რკინა ნახშირბადის ქიმიური ნაერთი- ცემენტიტი

4.3 შენადნობები მყარი ხსნარებით

ლითონური შენადნობების უმრავლესობა, რომლებიც ტექნიკაში გამოიყენება, თხევად მდგომარეობაში წარმოადგენენ ერთგვაროვან ხსნარს. მყარ მდგომარეობაში გადასვლისას მრავალ მათგანში ხსნადობა შენარჩუნებულია. ასეთი შენადნობის კრისტალიზაციის შედეგად მიღებულ ფაზას მყარი ხსნარი ეწოდება.

მყარი ხსნარი ერთფაზა შენადნობია, რომლის სტრუქტურა ერთგვაროვანი მარცვლებისგან არის შედგენილი. მისი წარმოქმნისას ჩამოყალიბდება ერთ-ერთი შემადგენელი კომპონენტის კრისტალური გისოსი, რომელშიც ადგილს იკავებს მეორე კომპონენტის ატომებიც. იმ ელემენტს, რომლის კრისტალური გისოსიც შენარჩუნებულია, გამხსნელი ეწოდება, ხოლო მეორეს – გახსნილი. ატომთა განლაგება მყარი ხსნარის კრისტალურ გისოსში არაკანონზომიერია, ატომთა თანაფარდობა –ცვალებადი და დამოკიდებულია შენადნობის კონცენტრაციაზე. ამგვარად, მყარი ხსნარი წარმოადგენს ერთფაზა სტრუქტურას, რომლის კომპონენტები საერთო კრისტალურ გისოსს წარმოქმნიან.

იმისდა მიხედვით, თუ როგორ არის განლაგებული გახსნილი ელემენტის ატომები გამხსნელის კრისტალურ გისოსში, მყარი ხსნარი ძირითადად ორგვარია: ჩანაცვლებისა და ჩანერგვის.

ჩანაცვლების მყარი ხსნარი წარმოიქმნება იმ შემთხვევაში, როდესაც გამხსნელის გისოსში ზოგიერთი ატომი (შენადნობის კონცენტრაციის შესაბამისად) შეცვლილია გახსნილი ელემენტის ატომებით (ნახ. 4.3).

ჩანაცვლების მყარი ხსნარი, თავის მხრივ, შეიძლება იყოს განუსაზღვრელი და განსაზღვრული ხსნადობის. განუსაზღვრელი ხსნადობის შემთხვევაში გამხსნელის ატომების ნებისმიერი რაოდენობა შეიძლება შეიცვალოს გახსნილი ელემენტის ატომებით. აქედან გამომდინარე, B ელემენტის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად გამხსნელის სულ უფრო და უფრო მეტი რაოდენობის ატომები შეიცვლება B კომპონენტის ატომებით, თითქოსდა ხორციელდება A ლითონიდან B-ში მდოვრე გადასვლა.

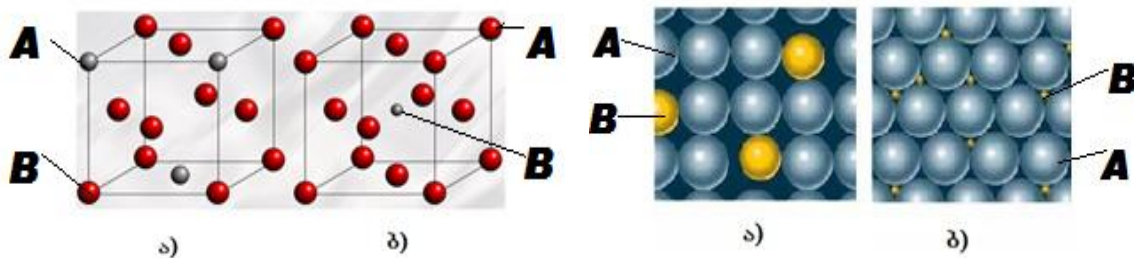
განუსაზღვრელი მყარი ხსნარების წარმოქმნის ერთ-ერთი უმთავრესი პირობაა კომპონენტების კრისტალური გისოსების მსგავსება და ატომის ზომებს შორის მინიმალური განსხვავება. თუ ეს პირობები არ არის დაკმაყოფილებული, ხდება კრისტალური გისოსის მნიშვნელოვანი დამახინჯება და სისტემა ხსნადობის ზღვარს აღწევს. თუ გახსნილი ელემენტის ატომის ზომა მეტია გამხსნელის ატომის ზომაზე, მაშინ გისოსის პარამეტრები იზრდება, თუ ნაკლებია – მცირდება.

გისოსის პარამეტრების ცვლილება განსაზღვრავს ლითონის თვისებების ცვლილებას. ამასთან, პარამეტრის შემცირება იწვევს უფრო მეტ განმტკიცებას, ვიდრე გაფართოება.

დადგენილია, რომ რკინაში განუსაზღვრელი რიგის მყარი ხსნარები წარმოიქმნება იმ შემთხვევაში, როდესაც ატომის ზომებს შორის სხვაობა არ აღემატება 8%, სპილენძის შემთხვევაში – 10-11%, ხოლო ადვილდნობადი ელემენტები განუსაზღვრელად იხსნებიან ერთმანეთში რადიუსის ზომებს შორის 17%-მდე სხვაობის დროსაც კი. განუსაზღვრელად იხსნება ერთმანეთში ოქრო და ვერცხლი (რადიუსებს შორის სხვაობა შეადგენს 0,2%), ნიკელი და სპილენძი (სხვაობა 2,7%) და სხვა წყვილები.

უმრავლეს შემთხვევაში ტემპერატურის შემცირებით მყარ ხსნარებში ხსნადობის ზღვარი მცირდება. ჩანერგვის მყარი ხსნარის წარმოქმნის დროს გახსნილი ელემენტის ატომები ჩანერგება გამხსნელის კრისტალური გისოსის თავისუფალ ადგილებში. უმრავლეს შემთხვევაში გახსნილი ატომი თავისი ზომით აღემატება იმ სიცარიელის ზომებს, სადაც იგი უნდა მოთავსდეს. ამიტომ ხსნარის კრისტალური გისოსის მოცულობითი დამახინჯება ყოველთვის გისოსის პერიოდის გაზრდისკენაა მიმართული. ამავე მიზეზით ჩანერგვის მყარი ხსნარი მხოლოდ განსაზღვრულია.

ჩანერგვის მყარ ხსნარებს იძლევიან, მაგალითად, I და II პერიოდების ელემენტები მცირე ატომური რადიუსით (წყალბადი – 0,46Å, აზოტი – 0,71Å და ნახშირბადი – 0,77Å) გარდამავალი ჯგუფის ლითონებთან – რკინასთან, ქრომთან, ნიკელთან, მანგანუმთან.



ნახ 3. ა)- შენადნობი ჩანცვლების მყარი ხსნარით; ბ)- შენადნობი ჩანერგვის მყარი ხსნარით.

მყარი ხსნარები პირობით აღინიშნება ბერძნული ასოებით α , β , γ და ა.შ., ან სიმბოლოებით A(B), სადაც A გამხსნელია, B კი გახსნილი ელემენტი.

5.1 შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის აგების პრინციპი

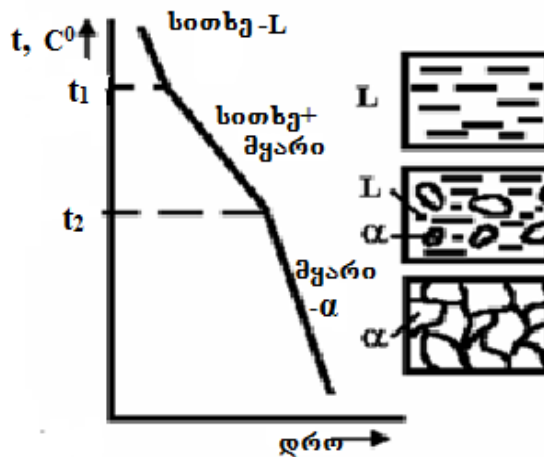
ერთი და იგივე კომპონენტების სხვადასხვა პროცენტული შედგენილობისას შეიძლება მივიღოთ მთელი რიგი შენადნობები. შენადნობთა კომპონენტების თვისებების ცოდნით არ შეიძლება განისაზღვოს მათი ფიზიკური და ქიმიური თვისებები და არც მათი გამოყენების არე.

შენადნობთა თვისებებს ძირითადად მისი სტრუქტურა განსაზღვრავს მიუხედავად იმისა, თუ როგორი ფაქტორების ზეგავლენით იქნა იგი ჩამოყალიბებული. ლითონური შენადნობების კრისტალიზაციის პროცესს და მასთან დაკავშირებულ კანონზომიერებებსა და შენადნობის აგებულებას სწავლობენ მდგომარეობის დიაგრამის დახმარებით.

შენადნობების, ისე, როგორც სუფთა ლითონების ექსპერიმენტული შესწავლის ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს კვლევის თერმული მეთოდი წარმოადგენს, რომლის საფუძველზეც ხდება შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის აგება.

მდგომარეობის დიაგრამა წარმოადგენს შენადნობებში მიმდინარე წონასწორული გარდაქმნების გრაფიკულ გამოსახულებას. ამიტომ მას ხშირად წონასწორულ დიაგრამასაც უწოდებენ.

თუ სუფთა ლითონებისათვის გამყარება ერთ მუდმივ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, შენადნობებში გამყარება ტემპერატურათა ინტერვალში მიმდინარეობს (ნახ1).



ნახ1. შენადნობთა გამყარების მრუდი

ქვემოთ განვიხილოთ მდგომარეობის დიაგრამის აგების ზოგადი პრინციპი ორ A -B კომპონენტის სისტემისათვის. სისტემა ეწოდება ნივთიერებათა ერთობლიობას, რომელიც გარემოდან არის გამოყოფილი.

ორი A -B კომპონენტისასგან შეიძლება დამზადდეს ერთმანეთისაგან შედგენილობით განსხვავებული მრავალი შენადნობი. ყოველი ამ შენადნობის შესწავლა ხდება თერმული კვლევით. ცდის შედეგად აიგება გაცივების მრუდი, რომელიც გვაძლევს ცოდნას მხოლოდ ამ შესწავლილ შენადნობზე. იმისათვის, რომ წარმოდგენა ვიქონიოთ მთელ სისტემაზე, საჭიროა ცალკე ცდებით მიღებული მონაცემები განვაზოგადოთ მთელი სისტემისათვის. სწორედ ასეთი განზოგადების შედეგად აიგება მთელი სისტემის მდგომარეობის დიაგრამა.

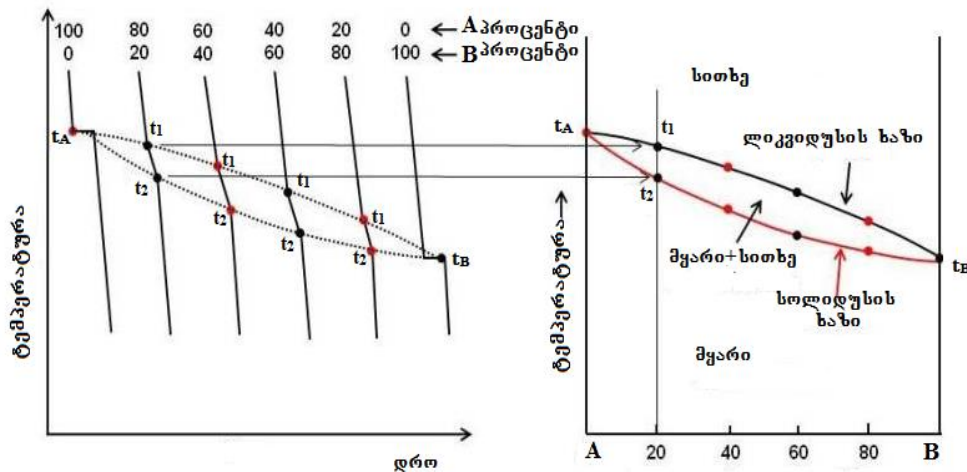
მაგალითისათვის საკვლევ A და B სისტემაში კვლევისათვის ავირჩიოთ ექვსი შენადნობი: სუფთა კომპონენტები A და B და ოთხი შენადნობი (ცხრილი 1)

არჩეულ შენადნობთა შესწავლა მდგომარეობს იმაში, რომ უნდა დავამზადოთ ეს შენადნობები ცალ-ცალკე და ყოველი მათგანისათვის ავაგოთ გაცივების მრუდი (ნახ

შენადნობები	შედგენილობა	
	A	B
I	100	0
II	80	20
III	60	40
IV	40	60
V	20	80
VI	0	100

ვიცით, რომ A და B სუფთა კომპონენტები მუდმივ ტემპერატურაზე მყარდება, ანუ გაცივების მრუდებზე (I და VI) გვაქვას ჰორიზონტალური ბაქნები (გამყარების საწყისი ტემპერატურატა t_1 და საბოლოო ტემპერატურატა t_2 ემთხვევა). ეს ბაქნები ეთანადება სუფთა A და B ლითონის გამყარების ტემპერატურას, ყველა დანარჩენი შენადნობისათვის (II-V) გაცივების მრუდები შეესაბამება შენადნობის გაცივების მრუდს, სადაც გამყარება მიმდინარეობს ტემპერატურულ ინტერვალში- იწყება t_1

ტემპერატურაზე და მთავრდება t_2



ნახ. A – B სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის აგება

გაცივების მრუდების აგების შემდეგ მთელი სისტემის დახასიათებისათვის გვაქვს სამი პარამეტრი: ტემპერატურა, დრო და კონცენტრაცია, რადგან გვინდა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამა სიბრტყეზე ავაგოთ, ერთ-ერთი პარამეტრი უნდა გამოვრიცხოთ და ორი პარამეტრით ტემპერატურა კონცენტრაცია ავაგებთ დიაგრამას.

ერთსახელა წერტილების ურთიერთშეერთება დიაგრამაზე გვამძლევს ორ ხაზს. დიაგრამებზე გამყარების საწყისი ტემპერატურებით მიღებულ ხაზს ლიკვიდუსის ხაზი ეწოდება, რაც ნიშნავს, რომ ამ ხაზის ზევით ყველა შენადნობი თხევად მდგომარეობაშია. ხოლო გამყარების საბოლოო ტემპერატურებით მიღებულ ხაზს ეწოდება სოლიდუსის ხაზი. ამ ხაზის ქვევით ყველა შენადნობი მყარ მდგომარეობაშია.

ლიკვიდუსისა და სოლიდუსის ხაზებს შორის მიმდინარეობს შენადნობების გამყარების პროცესი, ანუ ერთდროულად არსებობს როგორც სითხე, ისე მყარი ნაწილაკები.

მიღებულ დიაგრამას ეწოდება შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის ან წონასწორობის დიაგრამა. იგი გვიჩვენებს სისტემის ნებისმიერი შენადნობის მდგომარეობას ნებისმიერ ტემპერატურაზე, როცა სისტემა წონასწორობის მდგომარეობაში იმყოფება. ამავე დროს გვიჩვენებს იმ ტემპერატურებს, სადაც მიმდინარეობს სისტემის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა.

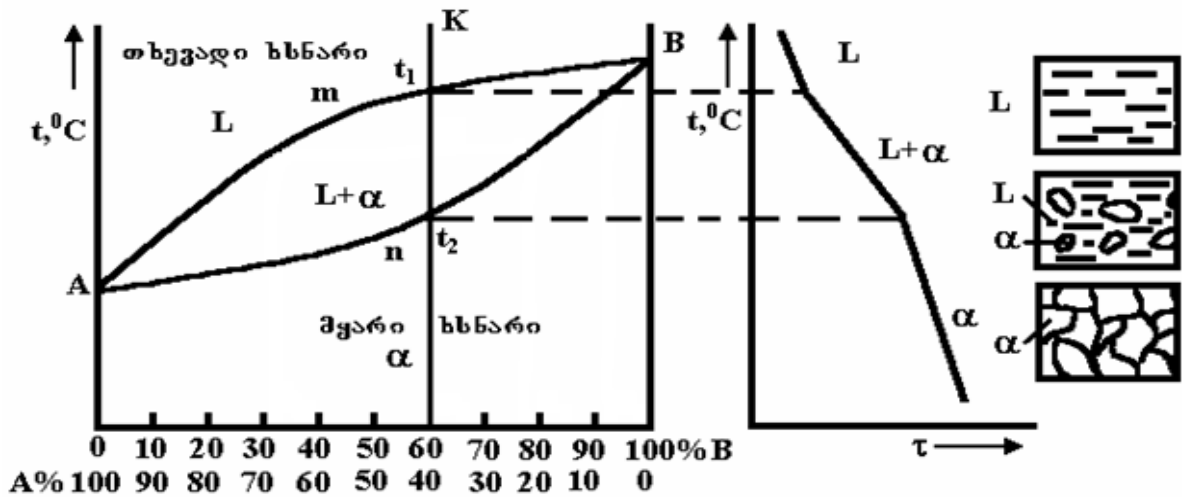
ერთგვაროვანი თხევადი ხსნარი ერთფაზა სისტემას წარმოადგენს, ხოლო ორი სახის კრისტალების მექანიკური ნარევი – ორფაზა სისტემას. ფაზებად განიხილება აგრეთვე ქიმიური ნაერთი და თხევადი ხსნარი მდგენელი კომპონენტების რაოდენობის მიუხედავად.

5.2 შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ძირითადი ტიპები

მყარ მდგომარეობაში ორკომპონენტის სისტემები შეიძლება იყოს გამოკრისტალებული მიკრომექანიკური ნარევის, ქიმიური ნაერთის, ან მყარი ხსნარების (განსაზღვრული ან განუსაზღვრელი ხსნადობის) სახით და თითოეულ მათგანს აქვს შენადნობთა მდგომარეობის თავისებური დიაგრამა

განვიხილოთ თითოეული მათგანი: 1. როდესაც კომპონენტები განუსაზღვრელად იხსნებიან ერთმანეთში; 2. როდესაც კომპონენტები განსაზღვრულად იხსნებიან ერთმანეთში; 3. როდესაც კომპონენტები არ იხსნებიან ერთმანეთში; 4. როდესაც კომპონენტები წარმოქმნიან ქიმიურ ნაერთს და გამოკრისტალდებიან ქიმიური ნაერთის სახით.

1. შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამა კომპონენტების განუსაზღვრელი ხსნადობის შემთხვევაში -კომპონენტები: A, B. ფაზები: სითხე L, ამყარი ხსნარი. კომპონენტები განუსაზღვრელად იხსნებიან ერთმანეთში როგორც თხევად, ისე მყარ მდგომარეობაში, შესაძლებელია მხოლოდ ორი ფაზის – სითხისა (L) და მყარი ხსნარის (α) ერთდროული თანაარსებობა (ნახ. 2). AmB არის ლიკვიდუსის ხაზი, ხოლო AnB – სოლიდუსის ხაზი. დიაგრამა სამი უბნისგან შედგება. ლიკვიდუსის ხაზს ზემოთ არსებობს თხევადი ფაზა, ლიკვიდუსსა და სოლიდუსს შორის – როგორც თხევადი ფაზა, ისე მყარი ხსნარის კრისტალები, ხოლო სოლიდუსის ხაზს ქვემოთ – მხოლოდ გამოკრისტალებული α მყარი ხსნარი.



ნახ 2. შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამა კომპონენტების განუსაზღვრელი ხსნადობის შემთხვევაში

განხილული ტიპის დიაგრამები დამახასიათებელია Au-Cu, Fe-Co, Fe-Ni, Fe-V, Fe-Cr, Ni-Cu და სხვა სისტემებისათვის.

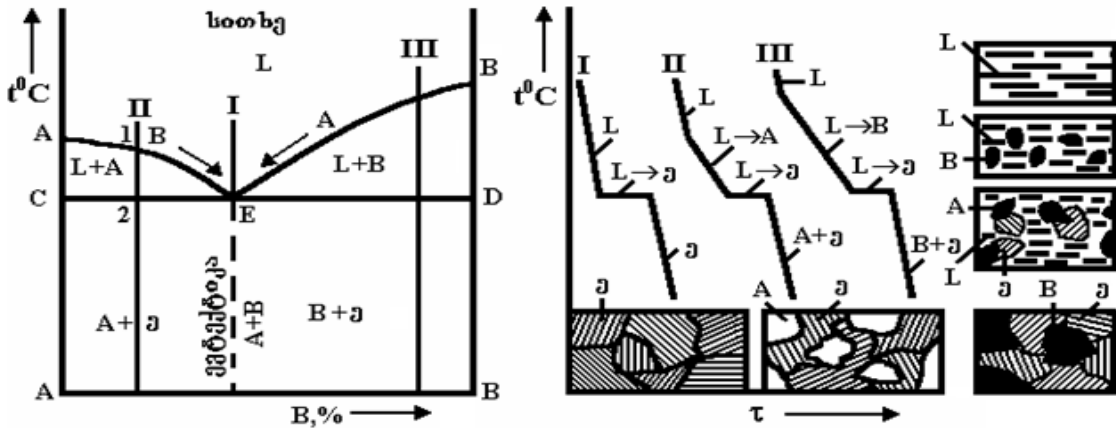
როგორც დიაგრამიდან ჩანს, ამ სისტემაში რაიმე განსაკუთრებული შენადნობი არ მიიღება. ნებისმიერი კონცენტრაციის შენადნობი მყარდება ტემპერატურათა მონაკვეთში ლიკვიდუსსა და სოლიდუსს შორის. წარმოქმნილი α მყარი ხსნარები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან მხოლოდ შედგენილობით (კონცენტრაციით), რაც სტრუქტურულ განსხვავებას არ იძლევა.

2. განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც კომპონენტები არ იხსნებიან ერთმანეთში და წარმოქმნიან შენადნობებს მექანიკური ნარევით -კომპონენტები: A და B. ფაზები: სითხე L, A და B კომპონენტების კრისტალები. 3 ნახაზზე წარმოდგენილია შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამა კომპონენტების სრული უხსნადობის შემთხვევაში. AEB არის ლიკვიდუსის ხაზი, ხოლო CED – სოლიდუსის ხაზი, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში ჰორიზონტალურია.

როგორც დიაგრამიდან ჩანს, მოცემულ სისტემაში ერთი, სახელდობრ, E წერტილის შესაბამისი კონცენტრაციის შენადნობი (I), გარკვეული თავისებურებებით ხასიათდება სხვა შენადნობებთან შედარებით:

1. გამყარების (დნობის) ტემპერატურა მინიმალურია;
2. იგი მყარდება (ან დნება) ერთ მუდმივ ტემპერატურაზე (ლიკვიდუსი და სოლიდუსი E წერტილში თანმიხვეულია), რის გამოც გაცივების მრუდზე ჰორიზონტალური ბაქანი მიიღება (ნახ. 3);
3. შენადნობის გამყარება A და B კომპონენტების კრისტალების ერთდროული ზრდით ხდება, რაც განაპირობებს მეტად თანაბარი განლაგების წვრილკრისტალური, ევტექტიკური (ევტექტიკა -ბერძნულად ეუტექტოს - ნიშნავს ყველაზე დაბალი დნობის შენადნობი) მიკრომექანიკური ნარევის წარმოქმნას.

ყოველი აღებული სისტემისათვის ევტექტიკური შენადნობი ერთია და ხასიათდება ერთი გარკვეული კონცენტრაციით.



ნახ 3. შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამა კომპონენტების უხსნადობის შემთხვევაში

E წერტილის მიხედვით სისტემის ყველა შენადნობი სამ ჯგუფად იყოფა: 1. ევტექტიკური (E წერტილის შესაბამისი); 2. ქვეევტექტიკური (E წერტილის მარცხნივ) და 3. ზევევტექტიკური (E წერტილის მარჯვნივ).

ყველა არაევტექტიკური შენადნობის კრისტალიზაცია ორ ეტაპად მიმდინარეობს ტემპერატურათა მონაკვეთში და იწყება ევტექტიკურ კონცენტრაციასთან შედარებით ჭარბი კომპონენტის გამოყოფით. ამ კრისტალებს ხშირად პირველადსაც უწოდებენ. კერძოდ, ქვეევტექტიკურ შენადნობებში ევტექტიკურთან შედარებით ჭარბი კომპონენტია A, ამიტომ ლიკვიდუსის AE შტოზე გამყარება თხევადი ხსნარიდან A კომპონენტის გამოკრისტალებით იწყება (II შენადნობი). ჭარბი კომპონენტის გამოყოფა 1-2 ტემპერატურულ ინტერვალში ხდება. სითხის კონცენტრაცია იცვლება ლიკვიდუსის ხაზის 1-E შტოს შესაბამისად - A-ს რაოდენობა მასში მცირდება, ხოლო B-ს პროცენტული რაოდენობა - იზრდება. ასეთი ცვლილების პროცესში სითხის კონცენტრაცია ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად მისწრაფვის ევტექტიკური კონცენტრაციისაკენ, რაშიც ადვილად დავრწმუნდებით, თუ დიაგრამის რაოდენობრივი ანალიზისათვის მონაკვეთების წესს გამოვიყენებთ.

როდესაც შენადნობის ტემპერატურა დაეცემა ევტექტიკურ ტემპერატურამდე (წერტილი 2), ჭარბი A-ს მარცვლები მთლიანად გამოკრისტალებული აღმოჩნდება და დარჩენილი თხევადი ხსნარის შედგენილობა ევტექტიკურის შესაბამისი გახდება. ამ მომენტიდან იწყება კრისტალიზაციის მეორე ეტაპი, ანუ დარჩენილი სითხის ევტექტიკური კრისტალიზაცია. რადგან ევტექტიკა კრისტალდება მუდმივ ტემპერატურაზე, გაცივების მრუდზე ჰორიზონტალური ბაქანი მიიღება. როდესაც გამოკრისტალდება სითხის უკანასკნელი წვეთი, ტემპერატურის ვარდნა შენადნობში

კვლავ გაგრძელდება.

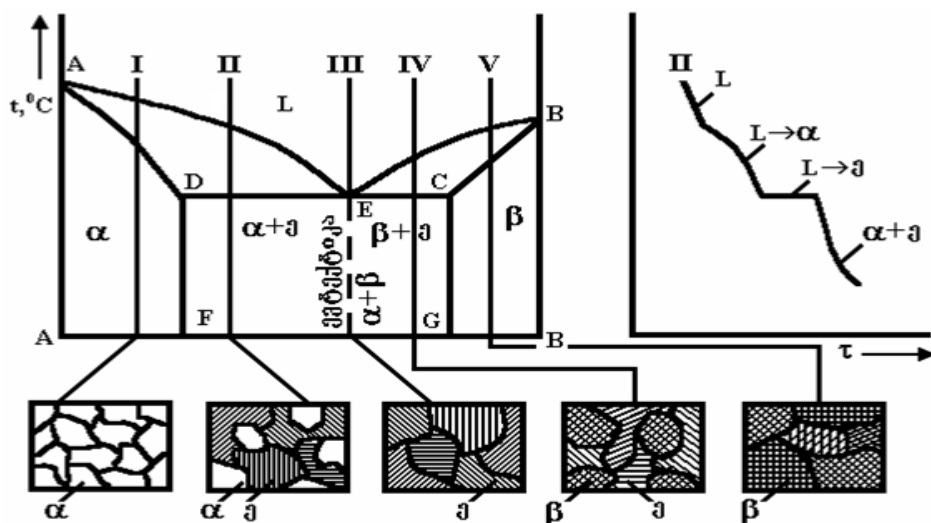
ამგვარად, სრული გაცივების შემდეგ შენადნობის სტრუქტურა შედგენილი იქნება A კომპონენტის ჭარბი მარცვლებისაგან, რომლებიც გარშემორტყმული აღმოჩნდება ევტექტიკით (რადგან ევტექტიკა უკანასკნელად მყარდება).

ყველა ქვეევტექტიკური შენადნობის კრისტალიზაცია ანალოგიურად მიმდინარეობს, მაგრამ რადგან ისინი ერთმანეთისგან განსხვავებულია შედგენილობით (A კომპონენტის სიჭარბით), ამიტომ განსხვავებული იქნება სტრუქტურის შემადენელი მარცვლების ურთიერთფარდობა.

ზეევტექტიკურ შენადნობებში კრისტალიზაცია ზემოთ აღწერილის ანალოგიურად მიმდინარეობს იმ განსხვავებით, რომ ჭარბი კომპონენტი ამ შენადნობებში იქნება B, რომლის გამოკრისტალებითაც დაიწყება სითხის გამყარება (ნახ. 3 III შენადნობი). შენადნობის სტრუქტურა კრისტალიზაციის დამთავრების შემდეგ შედგენილი იქნება ჭარბი B-ს მარცვლებისაგან, რომლებიც გარშემორტყმული აღმოჩნდება ევტექტიკით. რაც უფრო მეტია შენადნობში B, მით უფრო მეტი იქნება სტრუქტურაში მისი ჭარბი მარცვლები და ნაკლები ევტექტიკა. ასეთ სისტემებს მიეკუთვნება, მაგალითად, Pb-Ag, Sn-Pb და Sn-Zn სისტემები.

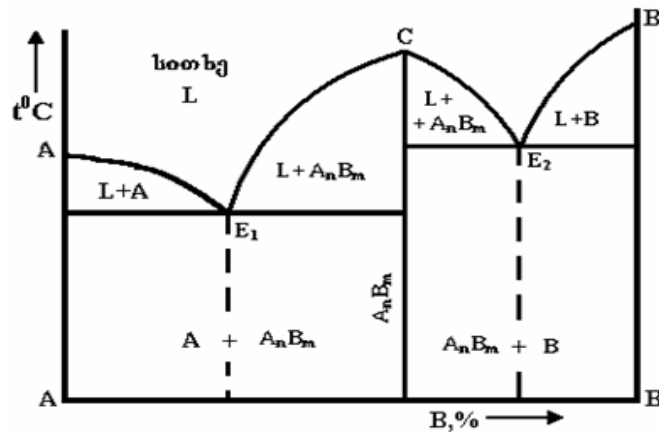
3. განვიხილოთ მდგომარეობის დიაგრამა კომპონენტების განსაზღვრული ხსნადობის შემთხვევაში. კომპონენტები: A და B. ფაზები: სითხე L, α და β ამყარი ხსნარის კრისტალები.

როგორც 4 ნახაზზე წარმოდგენილი დიაგრამიდან ჩანს, მოცემული სისტემის შენადნობებში სითხიდან გამოიყოფა არა სუფთა A და B კომპონენტები, არამედ მათ ფუძეზე წარმოქმნილი α და β მყარი ხსნარები. ამიტომ A და B კომპონენტების ტემპერატურულ ღერძებთან ჩნდება α და β მყარი ხსნარების არსებობის არეები. AEB არის ლიკვიდუსის ხაზი, ხოლო ADECB- სოლიდუსის ხაზი. DF ხაზი დიაგრამაზე მიუთითებს B კომპონენტის ხსნადობის ზღვარს A-ში, ხოლო CG ხაზი - A კომპონენტის ხსნადობის ზღვარს B-ში. ხაზების ვერტიკალური ხასიათი იმის მაჩვენებელია, რომ კომპონენტების ხსნადობის ზღვარი არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე.



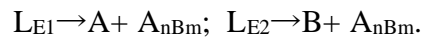
ნახ 4. შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამა კომპონენტების განსაზღვრული ხსნადობის შემთხვევაში ევტექტიკით

4. განვიხილოთ მდგომარეობის დიაგრამა მდგრადი ქიმიური ნაერთის შემთხვევაში. როგორც შენადნობების შესწავლის დროს იყო აღნიშნული, ქიმიური ნაერთი მიიღება კომპონენტების გარკვეული თანაფარდობის შემთხვევაში, რაც მდგომარეობის დიაგრამაზე ვერტიკალური ხაზით აისახება. იგი აბსცისის ღერძის იმ წერტილში იქნება აღმართული, რომელიც პასუხობს ქიმიური ნაერთის შედგენილობას. მდგრადი ქიმიური ნაერთი განიხილება როგორც დამოუკიდებელი კომპონენტი, რომელიც მთელ A-B სისტემას ორ ქვესისტემად ყოფს: A- A_nB_m - და A_nB_m - B (ნახ. 5.). იმისდა მიხედვით, თუ რა ურთიერთობა მყარდება ქიმიურ ნაერთსა და ცალკე A, ცალკე B კომპონენტებს შორის, შეიძლება ნებისმიერი ტიპის ქვესისტემები წარმოიქმნას. 5 ნახაზზე წარმოდგენილია ისეთი შემთხვევა, როდესაც A_nB_m ქიმიური ნაერთი ცალკე A და ცალკე B კომპონენტთან მექანიკურ ნარევს იძლევა. დიაგრამაზე ჩ წერტილი შეესაბამება ქიმიური ნაერთის დნობის ტემპერატურას. სისტემაში შეიძლება წარმოიქმნას სამი მყარი ფაზა – A, A_nB_m - და B. და B. ოთხი შესაძლო ფაზიდან (L, A, B და A_nB_m)-კი შეიძლება ერთდროულად თანაარსებობდეს სამი: L, A, A_nB_m ან L, B, A_nB_m .



ნახ 5. შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამა კომპონენტების მდგრადი ქიმიური ნაერთის შემთხვევაში

დიაგრამაზე ორი ევტექტიკური წერტილი მიიღება – E1 და E2. E1 ევტექტიკა წარმოადგენს A კომპონენტისა და ქიმიური ნაერთის მექანიკურ ნარევს, ხოლო E2 - ქიმიური ნაერთისა და B კომპონენტის მექანიკურ ნარევს. ევტექტიკის წარმოქმნის შესაბამისი რეაქციები შემდეგნაირად ჩაიწერება:



ქიმიური ნაერთის პირველადი კრისტალები მიიღება ლიკვიდუსის E_1C და E_2C შტოებზე. მაშასადამე, პირველი ქვესისტემის ზეევტექტიკური შენადნობები და მეორე ქვესისტემის ქვეევტექტიკური შენადნობები მყარ მდგომარეობაში შესაბამის ევტექტიკასთან ერთად შეიცავენ პირველადი ქიმიური ნაერთის კრისტალებსაც.

ასეთი ურთიერთობა მყარდება, მაგალითად, Mg-Ca სისტემაში.

თუ A და B კომპონენტები ერთმანეთთან ორ ან მეტ ქიმიურ ნაერთს წარმოქმნიან, მაშინ სისტემის მდგომარეობის დიაგრამა შედგენილი იქნება შესაბამისად სამი და მეტი ქვესისტემისგან. ამის მაგალითია Mg-Ca სისტემის შენადნობები.

