

ქ ი მ ი ა

X კ ლ ა ს ი

მოსწავლის ნიგანი

პირველი სემესტრი

ქიმია, X კლასი
მოსწავლის ნიგნი

Don't Copy

გამოცემის წელი და რეგისტრაცია 2022 წელი

სარჩევი

თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა	5
თავი 1. ატომის აღნაგობა	6
1.1 წარმოდგენები ატომის შესახებ	7
1.2 იზოტოპები და რადიოაქტიურობა	10
1.3 ელექტრონული შრეების აღნაგობა	14
1.4 ელექტრონების განაწილება ენერგეტიკულ დონეებზე	17
რადიოაქტიური გამოსხივება	24
ბირთვული რეაქციები	25
შემაჯამებელი სავარჯიშოები	26
თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი	31
2.1 პერიოდულობის კანონი	32
2.2 ელემენტთა განაწილება ბლოკებში	36
2.3 ატომთა მახასიათებლები და მათი პერიოდული ცვლა	39
ექსპერიმენტი	47
შემაჯამებელი სავარჯიშოები	49
თავი 3. ქიმიური ბმა	53
3.1 ქიმიური ბმის ტიპები	54
3.2 იონური ბმა	55
3.3 იონურ ნაერთთა თვისებები	58
3.4 კოვალენტური ბმა	60
3.5 კოვალენტური ბმის ტიპები და მოლეკულის ფორმები	64
3.6 კოვალენტური ბმის წარმოქმნა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით	69
3.7 კოვალენტური ბმის მახასიათებლები	71
3.8 არამოლეკულური აღნაგობის მქონე ნივთიერებები	73
3.9 მეტალური ბმა	77
3.10 წყალბადური ბმა	79
რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი	82
შემაჯამებელი სავარჯიშოები	84
ატომური ელექტროსადგურის (აეს) მუშაობის პრინციპი	91
თემის შემაჯამებელი დავალებები	92
განვლილი მასალის შეჯამება	99
ცხრილი I. როგორ იწერება და როგორ იკითხება ზოგიერთი ქიმიური ელემენტის სიმბოლო	101
ქიმიაში ხშირად გამოყენებული ერთეულები	102
მეტალთა ელექტროქიმიური აქტიურობის მწკრივი	102
ელემენტთა ფარდობითი ელექტროუარყოფითობების ცხრილი	103
მარილების, ფუძეებისა და მჟავების წყალში ხსნადობის ცხრილი	104
ქიმიური ელემენტების პერიოდულობის ცხრილი (გრძელი)	105
ქიმიური ელემენტების პერიოდულობის ცხრილი (მოკლე)	106
გამოსათვლელი დავალებების პასუხები	107
გამოყენებული რესურსები	108

სახელმძღვანელოში გამოყენებული პირობითი ნიშნები



– კითხვები და დავალებები



– ეს საინტერესოა



– საკვანძო კითხვები



– განვლილი მასალის შეჯამება



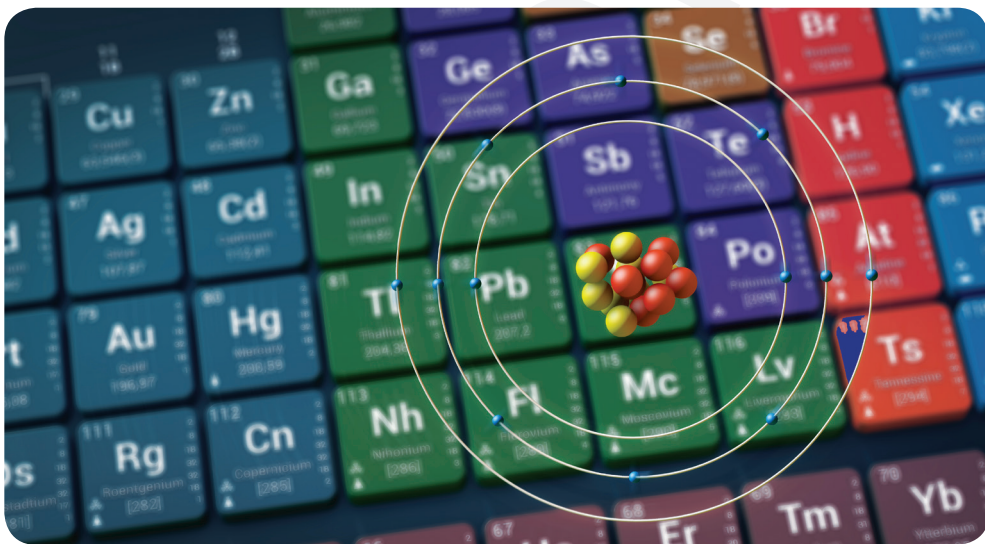
– შემაჯამებელი სავარჯიშოები



– ექსპერიმენტი

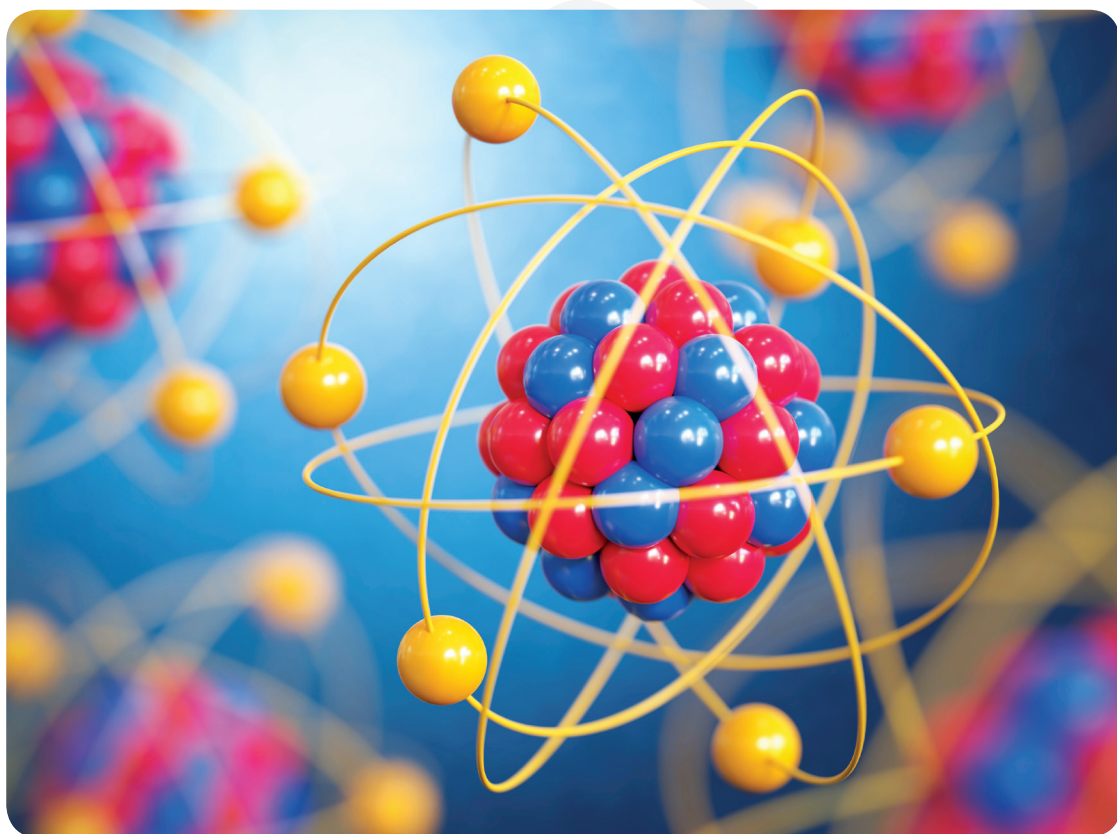
თემა 1.

ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა



- ?** ამ თემის შესწავლის შემდეგ შეძლებთ უპასუხოთ კითხვებს:
- როგორ ვითარდებოდა წარმოდგენები ატომის აღნაგობის შესახებ?
 - როგორ განვსაზღვროთ ელემენტის თვისებები პერიოდულობის ცხრილში მისი მდებარეობის მიხედვით?
 - როგორ იცვლება ელემენტთა ნაერთების თვისებები პერიოდულობის ცხრილის ჯგუფებსა და პერიოდებში?
 - როგორ ადგენენ ნამარხის ასაკს?
 - როგორ უკავშირდება ატომები ერთმანეთს?
 - რა კავშირები შეიძლება არსებობდეს მოლეკულებს შორის?
 - რა განსაზღვრავს ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებს?

თავი 1. ატომის აღნაგობა



1.1

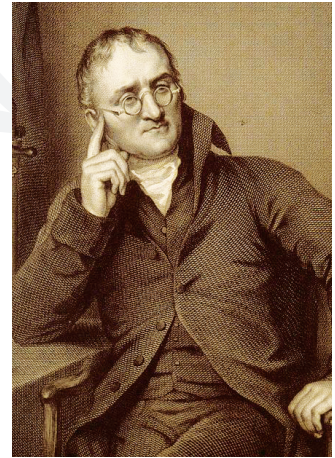
წარმოდგენები ატომის შესახებ

ატომის აღნაგობის შესახებ წარმოდგენა საუკუნეთა განმავლობაში იცვლებოდა და ვითარდებოდა. ჯერ კიდევ ძვ. წ. აღ.-ის 500 წელს ბერძენი ფილოსოფოსები გამოთქვამდნენ მოსაზრებას, რომ ყველაფერი შედგებოდა უმცირესი ნაწილაკებისაგან, რომლებსაც უწოდეს ატომები, რაც ბერძნულად „განუყოფელს“ ნიშნავს. დროთა განმავლობაში გროვდებოდა მონაცემები ნივთიერებათა თვისებებსა და შედგენილობაზე, რის საფუძველზეც 1808 წელს ჯ. დალტონმა (ნახ. 1.1) ჩამოაყალიბა ატომური თეორია, რომლის ძირითადი დებულებები იყო:

- ყველა ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, რომლებსაც ატომები ეწოდება;
- ერთი ელემენტის ყველა ატომი ერთმანეთის მსგავსია ზომით, მასითა და სხვა თვისებებით და ისინი განსხვავდება სხვა ელემენტის ატომებისგან;
- სხვადასხვა ელემენტის ატომები უერთდება ერთმანეთს განსაზღვრული თანაფარდობით და წარმოიქმნება ნაერთები;
- ქიმიურ რეაქციებში ატომები არც წარმოიქმნება და არც ქრება, მხოლოდ ნივთიერებებში შემავალი ატომები გადაჯგუფდება და წარმოიქმნება სხვა ნივთიერებები.

დალტონის ატომურმა თეორიამ საფუძველი ჩაუყარა თანამედროვე ატომურ თეორიას, მიუხედავად იმისა, რომ მისი ზოგიერთი დებულება შეიცვალა. მაგალითად, სადღეისოდ ცნობილია, რომ ერთი ელემენტის ატომები იდენტური არ არის და შეიძლება მასით განსხვავდებოდეს. ასევე გაირკვა, რომ ატომი შედგება კიდევ უფრო მცირე ნაწილაკებისგან, რომელთაც სუბატომური ნაწილაკები უწოდეს. ესენია პროტონები, ნეიტრონები და ელექტრონები.

1897 წელს ჯ. ტომსონმა (ნახ. 1.2) ექსპერიმენტულად დაადგინა, რომ ატომში არის ელექტრონები – უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკები. ამის საფუძველზე მან წარმოადგინა ატომის მოდელი, რომელიც „ქიმიშიანი პუდინგის“ სახელწოდებით არის ცნობილი (ნახ. 1.3). მან ჩათვალა, რომ ატომი არის დადებითად დამუხტული მასა, რომელშიც განაწილებულია ელექტრონები, ისევე, როგორც პუდინგში ქიმიშიის მარცვლები.

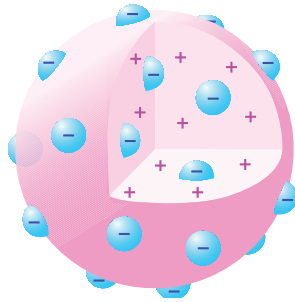


ნახ. 1.1. ჯონ დალტონი
(John Dalton
1766-1844)



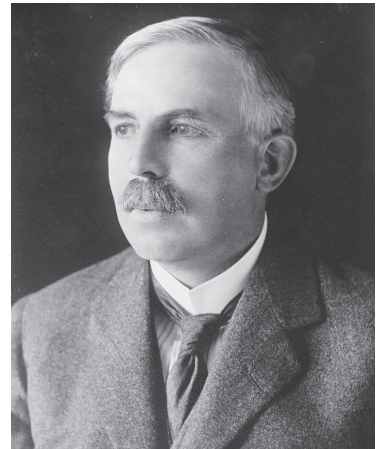
ნახ. 1.2. ჯოზეფ ჯონ ტომსონი
(Joseph John Thomson,
1856-1940)

თავი 1. ატომის აღნაგობა



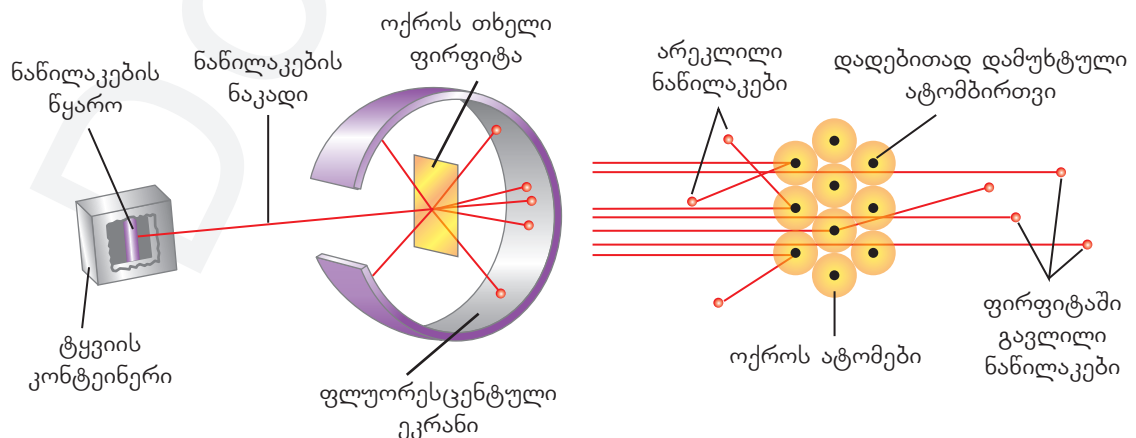
ნახ. 1.3. ტომსონის „ქიშმიშიანი“ პუდინგის მოდელი.

1911 წელს ე. რეზერფორდმა (ნახ. 1.4) ჩაატარა ექსპერიმენტი (ნახ. 1.5), რომელშიც მან ოქროს თხელ ფირფიტას დაასხივა დადებითად დამუხტული ნაწილაკების ნაკადი. აღმოჩნდა, რომ ნაწილაკთა უმრავლესობამ ფირფიტაში გავლისას ტრაექტორია არ შეიცვალა, მცირე ნაწილი მიმართულებიდან გადაიხარა, ძალიან მცირე ნაწილი კი ფირფიტიდან აირეკლა. ამ ექსპერიმენტის შედეგები ასე აიხსნა: ატომებში არსებობს დადებითად დამუხტული ბირთვი, რომელსაც ძალიან მცირე მოცულობა უკავია. ამიტომ დასხივებული ნაწილაკების უმეტესობა ფირფიტაში დაბრკოლების გარეშე გადის; ბირთვთან ახლოს ჩავლილი ნაწილაკები ბირთვის დადებითი მუხტით განიზიდება და მათი მიმართულება გადაიხრება; ამავე მიზეზით უშუალოდ ბირთვთან შეჯახებული ნაწილაკები აირეკლება. ბირთვის მცირე ზომის გამო ამ უკანასკნელთა რაოდენობა ძალიან მცირეა. ელექტრონებს რაც შეეხება, რეზერფორდმა ივარაუდა, რომ ისინი ატომბირთვის გარშემო არსებულ სივრცეში მოძრაობს.



ნახ. 1.4. ერნესტ რეზერფორდი (Ernest Rutherford, 1871-1937)

ამრიგად, რეზერფორდმა ჩამოაყალიბა ატომის აღნაგობის პლანეტური მოდელი, რომელშიც ატომბირთვის ირგვლივ მოძრავი ელექტრონები მზის გარშემო მოძრავ პლანეტებს იყო შედარებული.



ნახ. 1.5. რეზერფორდის ექსპერიმენტი.

თავი 1. ატომის აღნაგობა

რეზერფორდმა ასევე აღმოაჩინა, რომ ატომბირთვში დადებით მუხტს ქმნის პროტონები – ისეთივე ნაწილაკები, როგორებიც წყალბადის ატომბირთვშია.

შემდგომში ჯ. ჩედვიკმა აღმოაჩინა, რომ პროტონების გარდა ატომბირთვში არსებობს უმუხტო ნაწილაკებიც, რომელთა რაოდენობის ზრდა, იწვევს ატომის მასის ზრდას. ამ ნაწილაკს ნეიტრონი ეწოდა და ექსპერიმენტულად დამტკიცდა, რომ მისი მასა დაახლოებით პროტონის მასის ტოლია.

შეჯამებული სახით სუბატომურ ნაწილაკთა შესახებ ინფორმაცია მოცემულია ცხრილში 1.1.

ცხრილი 1.1. სუბატომური ნაწილაკების მუხტი და მასა.

ნაწილაკი	სიმბოლო	მუხტი		მასა	
		კულონებში	პირობით ერთეულებში	გრამებში	მასის ატომურ ერთეულებში
პროტონი	p	$1.6 \cdot 10^{-19}$	+1	$1.67 \cdot 10^{-24}$	1.00728
ნეიტრონი	n	0	0	$1.67 \cdot 10^{-24}$	1.00866
ელექტრონი	e ⁻	$1.6 \cdot 10^{-19}$	-1	$9.11 \cdot 10^{-28}$	0.00055

ქიმიური ელემენტის თვისებებს მის ატომბირთვში პროტონების რიცხვი განსაზღვრავს. ეს რიცხვი Z სიმბოლოთი აღინიშნება და მას ატომური, ანუ რიგობრივი ნომერი ეწოდება. რადგან ატომი ელექტრონეიტრალურია, მასში პროტონების რიცხვი ელექტრონების რიცხვის ტოლია, ამიტომ ატომური ნომერი ელექტრონების რაოდენობასაც გვიჩვენებს.

ცხრილიდან 1.1 ჩანს, რომ ელექტრონის მასა სხვა ნაწილაკთა მასასთან შედარებით ძალიან მცირეა. ამიტომ ატომის მასა მხოლოდ პროტონებისა და ნეიტრონების რაოდენობაზეა დამოკიდებული. შესაბამისად, ატომის მასური რიცხვი (A) პროტონებისა (N_p) და ნეიტრონების (N_n) რიცხვთა ჯამის ტოლია:

$$A = N_p + N_n$$

რადგან ატომში პროტონთა რაოდენობა (N_p) ატომურ ნომერს (Z) შეესაბამება, ატომის მასური რიცხვი ასეც შეიძლება გამოისახოს:

$$A = Z + N_n$$

პროტონსა და ნეიტრონს საერთო სახელწოდება აქვს – **ნუკლონი** („ნუკლეუს“ ლათინურად „ბირთვს“ ნიშნავს). ატომბირთვში მათი ერთობლიობის გამოსახვისთვის იყენებენ ტერმინს – **ნუკლიდი**. ამრიგად, ელემენტი წარმოადგენს პროტონების ერთნაირი რიცხვის მქონე ნუკლიდების სახესხვაობას, რომელშიც ელექტრონთა რაოდენობა ატომური ნომრის ტოლია.



კითხვები და დავალებები:

ცხრილი გადაიხაზეთ სამუშაო რვეულში და შეავსეთ ცარიელი უჯრები:

ელემენტის სიმბოლო	სახელწოდება	Z	A	N_p	N_n	N_e
Ti	ტიტანი	22	47	22	25	22
		32	72			32
	კალიუმი		39			18
Ar					22	

1.2

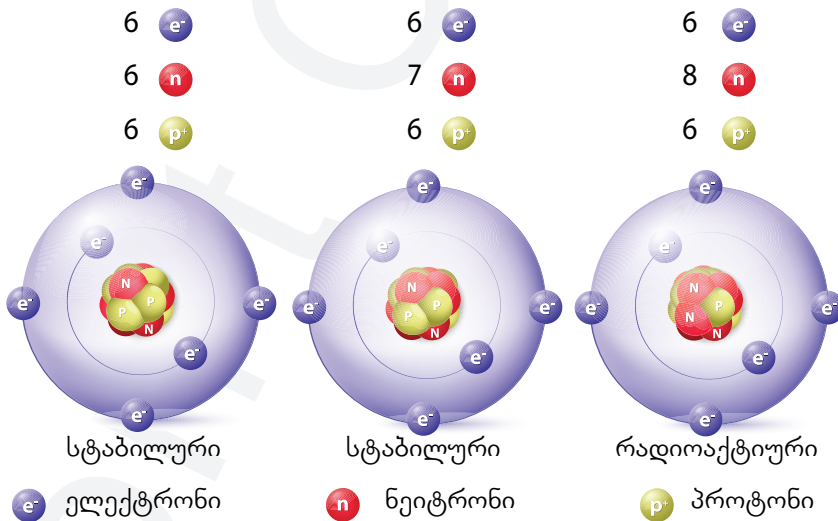
იზოტოპები და რადიოაქტიურობა

აღბათ შეგიმჩნევიათ ნახ. 1.6-ზე მოცემული სიმბოლო, რომელიც რადიაციის არსებობის მაჩვენებელია. რა არის რადიაცია, საიდან ჩნდება და რატომ არის საშიში? ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად გავიხსენოთ, თუ რა არის იზოტოპები. იზოტოპები ეწოდება ატომებს, რომლებსაც პროტონების ერთნაირი რაოდენობა, მაგრამ განსხვავებული მასური რიცხვი აქვს.



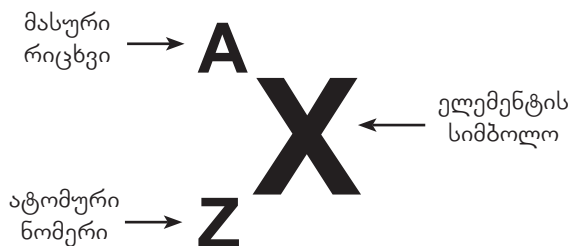
ნახ. 1.6. რადიაციის ნიშანი

სხვანაირად რომ ვთქვათ, იზოტოპები ისეთი ნუკლიდებია, რომელთა შედგენილობაშიც პროტონთა რაოდენობა ერთნაირია, ნეიტრონებისა კი – განსხვავებული. მაგალითად, ნახშირბადის იზოტოპები ნაჩვენებია ნახ. 1.7-ზე.

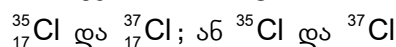


ნახ. 1.7. ნახშირბადის იზოტოპები

ნუკლიდები იწერება შემდეგნაირად: ელემენტის სიმბოლოს მარცხენა ზედა ინდექსად იწერება მასური რიცხვი, ხოლო მარცხენა ქვედა ინდექსად – ატომური ნომერი.



მაგალითად, ელემენტი ქლორს აქვს ორი იზოტოპი, მისი ნუკლიდები ასე ჩაიწერება:



თავი 1. ატომის აღნაგობა

ტექსტში ნუკლიდი შეიძლება მოვიხსენიოთ სახელწოდებითა (ან სიმბოლოთი) და მასური რიცხვის მინიშნებით, მაგალითად:

ქლორ-35 და ქლორ-37; ან Cl-35 და Cl-37

ბუნებაში მხოლოდ ზოგიერთი ელემენტია წარმოდგენილი თითო ნუკლიდის სახით, მაგალითად: ბერილიუმი, ფთორი, ალუმინი, ფოსფორი და სხვ. ქიმიურ ელემენტთა უმრავლესობას რამდენიმე ბუნებრივი ნუკლიდი აქვს, ამიტომ ელემენტის ფარდობითი ატომური მასა ბუნებრივი იზოტოპების საშუალო მასით უნდა გამოისახოს. მისი გამოთვლისას საჭიროა გავითვალისწინოთ, რა წილითაა წარმოდგენილი ბუნებაში თითოეული ნუკლიდი.

მაგალითად, მაგნიუმის ბუნებრივი იზოტოპებია ^{24}Mg (78.6%), ^{25}Mg (10.1%) და ^{26}Mg (11.3%). მაგნიუმის საშუალო ფარდობით მასას თუ გამოვთვლით, მივიღებთ:

$$A_r(\text{Mg}) = \frac{24 \cdot 78.6\% + 25 \cdot 10.1\% + 26 \cdot 11.3\%}{100\%} \approx 24.3$$

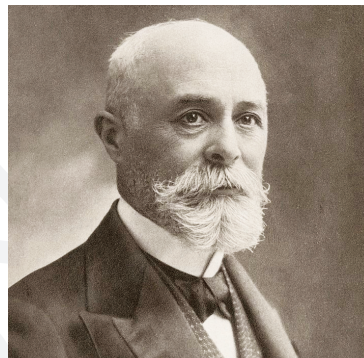
ზოგიერთი ელემენტის იზოტოპი რადიოაქტიურია, რაც ნიშნავს, რომ ატომს შეუძლია თავისთავად გამოასხივოს უხილავი ნაწილაკები. ეს მოვლენა 1896 წელს აღმოაჩინა ა. ბეკერელმა (ნახ. 1.8) და მას **რადიოაქტიურობა** ეწოდა. რადიოაქტიური დაშლის პროცესი შემდგომში შეისწავლა მ. სკლადოვსკა-კიურიმ (ნახ. 1.9), რომელმაც ახალი ელემენტები – პოლონიუმი და რადიუმი აღმოაჩინა.

რადიოაქტიურ იზოტოპებს **რადიოიზოტოპები** ეწოდება. ნახშირბადის ერთ-ერთი იზოტოპი C-14, რადიოაქტიურია და ადვილად იშლება. რადიოიზოტოპები სხვადასხვა სიჩქარით იშლება. მათი სიცოცხლისუნარიანობა განისაზღვრება ე. წ. **ნახევრად დაშლის პერიოდით**. ნახევრად დაშლის პერიოდი დროის ის მონაკვეთია, რომლის განმავლობაშიც რადიოიზოტოპის რაოდენობა ორჯერ მცირდება. ნახევრად დაშლის პერიოდი შეიძლება მერყეობდეს რამდენიმე წამიდან მილიონობით წლამდე (ცხრილი 1.2). მაგალითად, ნახშირბად-14-ის ნახევრად დაშლის პერიოდია 5730 წელი, რაც იმას ნიშნავს, რომ თუ გვაქვს ნახშირბად-14-ის 1000 ცალი ატომი, 5730 წლის შემდეგ დარჩება 500 ატომი, 11460 წლის შემდეგ – 250 და ა. შ.

ცხრილი 1.2. ზოგიერთი რადიოაქტიური ელემენტის ნახევრად დაშლის პერიოდი.

ელემენტი	რადიოიზოტოპი	ნახევრად დაშლის პერიოდი
რადონი	რადონ-220	55.5 წმ
კობალტი	კობალტ-60	5.26 წელი
კალიუმი	კალიუმ-40	1300 წელი

რადიოაქტიური გამოსხივება მავნედ ზემოქმედებს ორგანიზმზე. მას შეუძლია დაარღვიოს უჯრედებში მიმდინარე ცხოველქმედების პროცესები, გამოიწვიოს სხვადასხვა პათოლოგია და სიმსივნური დაავადებები. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი სხივები ადამიანის სასიკეთოდაც გამოიყენება, მაგალითად, სიმსივნური კერების აღმოსაჩენად.



ნახ. 1.8. ანტუან ჰენრი ბეკერელი (Antoine Henri Becquerel, 1852-1908)



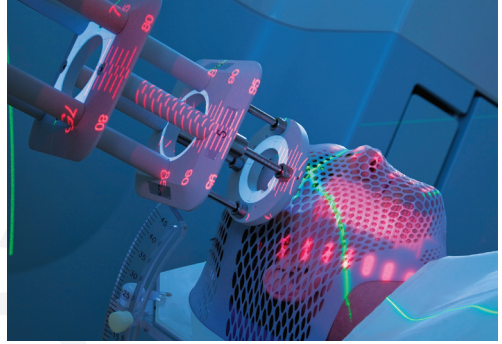
ნახ. 1.9. მარია სკლადოვსკა-კიური (Marie Skłodowska-Curie, 1867-1934)

თავი 1. ატომის აღნაგობა

რადიოთერაპიაში სხივები სიმსივნურ დაავადებათა სამკურნალოდ გამოიყენება (ნახ. 1.10). ამ შემთხვევაში კონკრეტულად დაზიანებული უბანს ასხივებენ, რაც მიზნობრივად ანადგურებს მხოლოდ სიმსივნურ უჯრედებს. ერთ-ერთი იზოტოპი, რომელიც ამ მიზნით გამოიყენება, არის კობალტ-60.

უსაფრთხოების მიზნით სამედიცინო დაწესებულებებში, სადაც გამოიყენება რადიოთერაპია, შეხვედებით რადიაციის ნიშანს (ნახ. 1.6).

რადიოაქტიური იზოტოპების ნახევრად დაშლის პერიოდის გამოყენებით შესაძლებელია არქეოლოგიური ნაშთების დათარიღება (ნახ. 1.11). ატმოსფეროში კოსმოსური სხივების აზოტზე მოქმედებით წარმოიქმნება ნახშირბად-14 იზოტოპი, რომელიც ფოტოსინთეზის დროს ნახშირორჟანგის სახით შეითვისება მცენარეთა მიერ და ორგანული ნაერთების შედგენილობაში ხვდება. მცენარეებიდან C-14 კვებითი ჯაჭვით სხვა ცოცხალ ორგანიზმებშიც გადადის. ამ ორგანიზმთა სიკვდილის შემდეგ ნახშირბად-14 იზოტოპი, ცხადია, აღარ შეითვისება. ორგანიზმში არსებული რადიოიზოტოპი რადიოაქტიურ დაშლას იწყებს და მისი რაოდენობა მცირდება. შესაბამისად, ორგანიზმთა ნაშთებში იცვლება ნახშირბადის რადიოაქტიური (C-14) და არარადიოაქტიური (C-12 და C-13) იზოტოპების თანაფარდობა. რაც უფრო ნაკლებია რადიოიზოტოპის შემცველობა, მით უფრო მეტია ნაშთის ასაკი, რომლის გამოსათვლელადაც C-14 იზოტოპის ნახევრად დაშლის პერიოდი გამოიყენება.



ნახ. 1.10. რადიოთერაპიის პროცედურა თავის ტვინის სიმსივნის სამკურნალოდ.

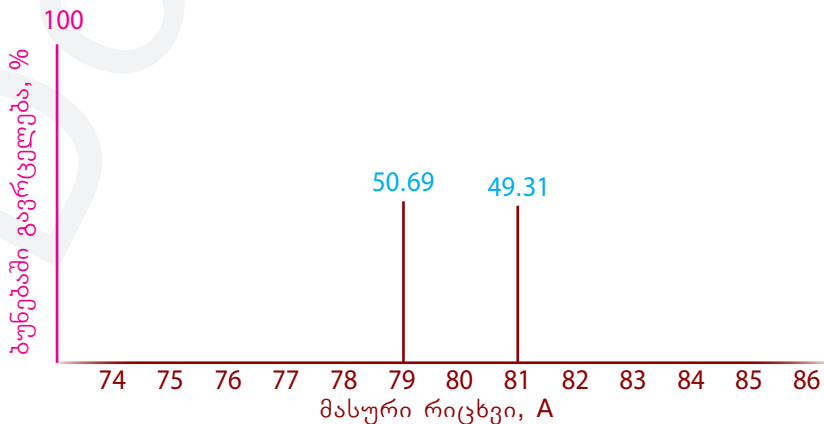


ნახ. 1.11. ეგვიპტის პირამიდებში ნაპოვნი მუმების ასაკი რადიოიზოტოპური დათარიღების მეთოდითაა დადგენილი.



კითხვები და დავალებები:

1. დიაგრამაზე მოცემულია ბრომის იზოტოპების ბუნებაში გავრცელება:



გამოთვალეთ ბრომის საშუალო ფარდობითი ატომური მასა.

თავი 1. ატომის აღნაგობა

2. ნობელის პრემიის არსებობის ისტორიაში კიურების ოჯახი ერთადერთია, რომელსაც პრემიის სამი ლაურეატი ჰყავს. მოიძიეთ ინფორმაცია მათი მოღვაწეობისა და აღმოჩენების შესახებ.
3. I-131 გამოიყენება ფარისებრი ჯირკვლის სიმსივნის დიაგნოსტიკისა და მკურნალობისათვის. ცხრილში მოცემულია იოდ-131-ის მასის ცვლილება დროში. გადახაზეთ ცხრილი სამუშაო რეგულში და შეავსეთ ცარიელი უჯრები, თუ იოდ-131-ის ნახევრად დაშლის პერიოდია 8 დღე.

გავლილი დრო, დღე	0	8	16			128	
I-131-ის მასა, გ	1024			128	64		16

4. რომელი ნუკლიდის ატომბირთვშია პროტონებისა და ნეიტრონების თანაბარი რაოდენობა?
 - ა) ^{19}F ; ბ) ^{28}Si ; გ) ^{27}Al ; დ) ^7Li .
5. რომელი ნუკლიდის ატომბირთვი შეიცავს 26 პროტონს?
 - ა) S; ბ) Cu; გ) Fe; დ) Ca.
6. რას უდრის ნეიტრონების რიცხვი $^{31}_{15}\text{P}$ ნუკლიდში?
 - ა) 31; ბ) 16; გ) 15; დ) 46.
7. ნუკლიდის $^{24}_{12}\text{Mg}$ ბირთვის მუხტი და მასური რიცხვი შესაბამისად არის:
 - ა) +24; 12; ბ) +12; 24; გ) +24; 24; დ) +12; 12.
8. ელემენტის ატომი შეიცავს 17 პროტონს, 20 ნეიტრონსა და 17 ელექტრონს. ამ ელემენტის მასური რიცხვია:
 - ა) 17; ბ) 20; გ) 37; დ) 54.
9. ელემენტი არგონი ბუნებაში არსებობს სამი იზოტოპის სახით. მათი მასებია 36, 38 და 40.
 - ა) დაწერეთ ელემენტის სიმბოლო.
 - ბ) რა აქვს ამ იზოტოპებს საერთო?
 - გ) რით განსხვავდება ისინი ერთმანეთისგან?
 - დ) რატომ არაა არგონის ფარდობითი ატომური მასა მთელი რიცხვი?
 - ე) ივარაუდეთ, ჩამოთვლილთაგან რომელი იზოტოპია ყველაზე გავრცელებული ბუნებაში.
10. $^{14}_7\text{N}$ და $^{14}_6\text{C}$ აქვს ერთნაირი:
 - ა) ელექტრონების რიცხვი; ბ) პროტონების რიცხვი;
 - გ) ნეიტრონების რიცხვი; დ) მასური რიცხვი.

1.3

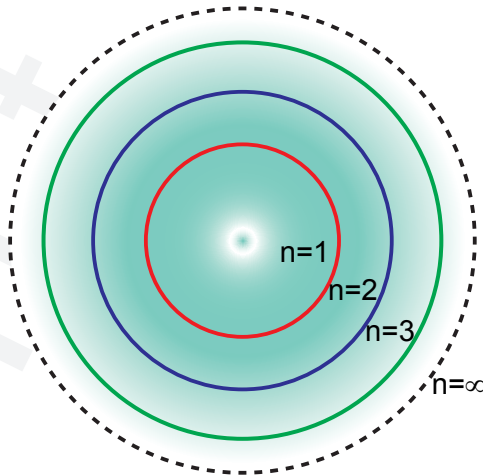
ელექტრონული შრეების აღნაგობა

მე-20 საუკუნეში ტექნოლოგიურმა პროგრესმა მეცნიერებს შესაძლებლობა მისცა განევიტარებინათ არსებული წარმოდგენები ატომის აღნაგობის შესახებ. 1913 წელს ნ. ბორმა (ნახ. 1.12) ჩამოაყალიბა დებულებები, რომელთა მიხედვითაც ელექტრონები მოძრაობს ბირთვის გარშემო გარკვეული ენერგიის შრეებზე.

სივრცის იმ ნაწილს, სადაც ელექტრონი მოძრაობს ბირთვის გარშემო, ელექტრონული გარსი ანუ ელექტრონული შრე ეწოდება. ამ შრეებზე ელექტრონის ბრუნვას გარკვეული ენერგია სჭირდება, ამიტომ მათ ენერგეტიკულ დონეებსაც უწოდებენ (ნახ. 1.13). პირველი შრე ყველაზე ახლოსაა ატომბირთვთან და ყველაზე ნაკლები ენერგიით ხასიათდება. რაც უფრო დაშორებულია ენერგეტიკული დონე ატომბირთვიდან, მით უფრო მეტი ენერგიაა საჭირო მასზე მოძრაობისათვის. რაც უფრო დაშორებულია შრე ატომბირთვიდან, მით უფრო მეტი ელექტრონი შეიძლება მასზე მოძრაობდეს. ენერგეტიკულ დონეზე ელექტრონების მაქსიმალური რიცხვი (N) გამოითვლება ფორმულით $N = 2n^2$, სადაც n არის ენერგეტიკული დონის ნომერი, რომელზეც ეს ელექტრონებია განლაგებული (ცხრილი 1.3).



ნახ. 1.12. ნილს ბორი (Niels Bohr, 1885-1962)



ნახ. 1.13. ელექტრონული შრეები ანუ ენერგეტიკული დონეები.

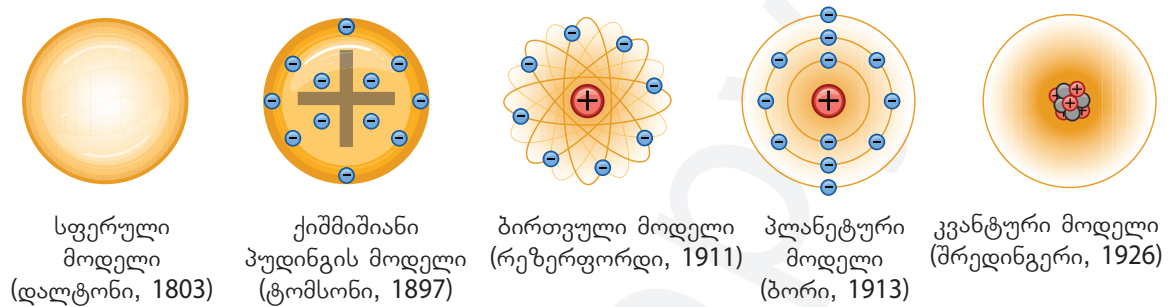
ცხრილი 1.3. ელექტრონების რიცხვი ენერგეტიკულ დონეებზე.

ენერგეტიკული დონის ნომერი	1	2	3	4
ელექტრონების მაქსიმალური რიცხვი	2	8	18	32

თანამედროვე ატომური თეორია, რომლის ფუძემდებლებად ე. შრედინგერი, ლ. დე ბროილი და ვ. ჰაიზენბერგი ითვლებიან, 1920 წლიდან ჩამოყალიბდა. ამის შედეგად შეიქმნა ატომის თანამედროვე მოდელი (ნახ. 1.14), რომლის თანახმადაც ელექტრონი ზუსტად განსაზღვრული ტრაექტორიით კი არ მოძრაობს, არამედ იმყოფება ატომის

თავი 1. ატომის აღნაგობა

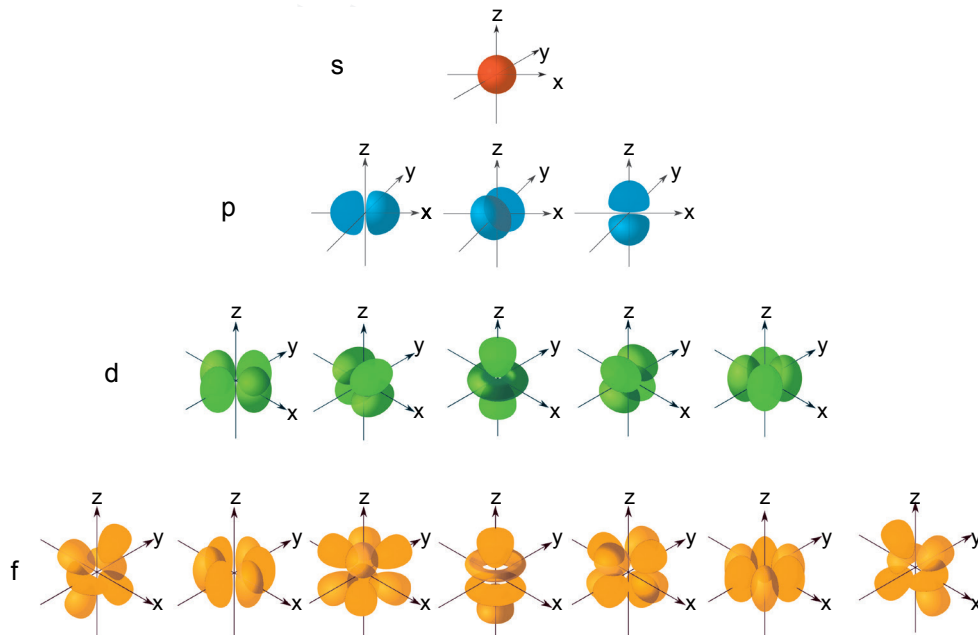
გარშემო სივრცის გარკვეულ ნაწილში, რომელსაც **ელექტრონული ღრუბელი** ეწოდება. შეუძლებელია იმის განსაზღვრა, თუ რა წერტილში იმყოფება ელექტრონი დროის მოცემულ მომენტში. **სივრცის იმ ნაწილს, რომელშიც ელექტრონი ყველაზე ხშირად იმყოფება, ელექტრონული ორბიტალი ეწოდება.**



ნახ. 1.14. ატომის აღნაგობის შესახებ წარმოდგენების განვითარება.

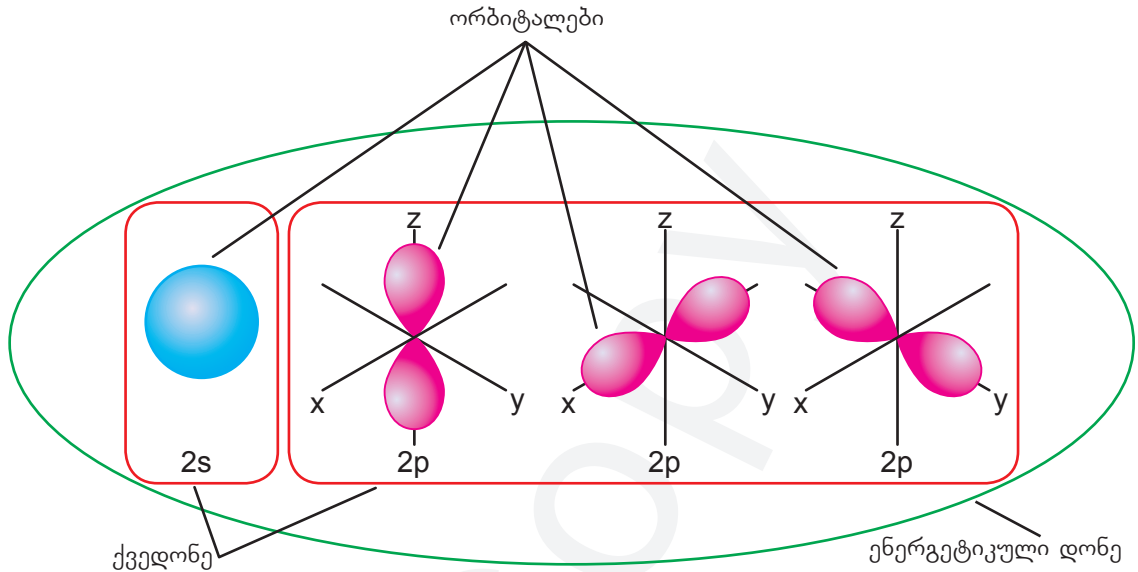
აღმოჩნდა, რომ ელექტრონული ორბიტალი 4 სხვადასხვა ფორმის შეიძლება იყოს (ნახ. 1.15):

- **s** ორბიტალს სფეროს ფორმა აქვს;
- **p** ორბიტალს ჰანტელისებური (რვიანის მსგავსი) ფორმა აქვს და სივრცეში სამი სხვადასხვა სახით შეიძლება იყოს ორიენტირებული (აღინიშნება: p_x , p_y , p_z);
- **d** და **f** ორბიტალებს გაცილებით რთული ფორმა აქვს. მათ, შესაბამისად, 5 და 7 განსხვავებული სივრცითი ორიენტაცია ახასიათებს.



ნახ. 1.15. ელექტრონული ორბიტალების სივრცული აღნაგობა.

თავი 1. ატომის აღნაგობა



ნახ. 1.16. მე-2 ენერგეტიკული დონის 2s და 2p ქვედონეები.

ატომში თითოეული ენერგეტიკული დონე შედგება ქვედონეებისგან, ხოლო ქვედონეები აერთიანებს ერთი და იმავე შრის ერთნაირი ფორმის ორბიტალებს (ნახ. 1.16). მაგალითად, 1-ლი ელექტრონული შრე შედგება ერთი ქვედონისგან, რომელსაც მხოლოდ ერთი s ორბიტალი შეესაბამება – 1s. მეორე ენერგეტიკული დონე იყოფა ორ ქვედონედ: 2s, რომელიც მხოლოდ ერთ s ორბიტალს მოიცავს და 2p, რომელიც სამ p ორბიტალს მოიცავს. მე-3 შრიდან ქვედონეებს კიდევ ხუთი d ორბიტალი ემატება, ხოლო მე-4 შრიდან – შვიდი f ორბიტალი (ცხრილი 1.4).

ცხრილი 1.4. ენერგეტიკულ დონეები და ქვედონეები.

ენერგეტიკული დონე	ენერგეტიკული ქვედონეები				ელექტრონთა რაოდენობა თითოეულ ქვედონეზე				ელექტრონთა საერთო რიცხვი ენერგეტიკულ დონეზე
					s	p	d	f	
1	1s				2				2
2	2s	2p			2	6			8
3	3s	3p	3d		2	6	10		18
4	4s	4p	4d	4f	2	6	10	14	32



კითხვები და დავალებები:

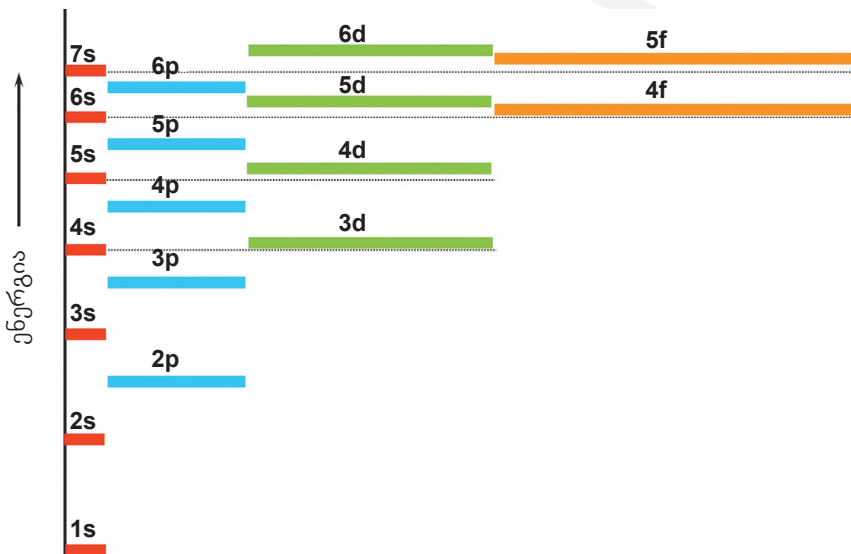
ნახ. 1.14-ის მიხედვით შეადარეთ ერთმანეთს ატომთა მოდელები, დაასახელეთ თითოეული მათგანის ნაკლი და განიხილეთ, თუ როგორ შეუწყო ხელი თითოეულმა მისი მომდევნო მოდელის განვითარებას.

1.4

ელექტრონების განაწილება ენერგეტიკულ დონეებზე

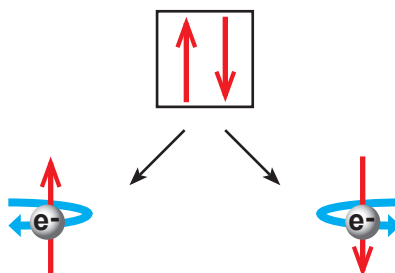
ელექტრონების ენერგეტიკულ დონეებზე განაწილებისას, პირველ რიგში, გასათვალისწინებელია, რომ ელექტრონები ჯერ მინიმალური ენერგიის მქონე ქვედონეს იკავებს, ხოლო შემდეგ უფრო მაღალი ენერგიის მქონე ქვედონეებს ავსებს. ამ წესს **უმცირესი ენერგიის პრინციპი** ეწოდება. ქვედონეების ენერგიები გამოსახულია ნახ. 1.17-ზე, საიდანაც ჩანს, რომ ისინი ივსება შემდეგი თანმიმდევრობით:

$$1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p \dots$$



ნახ. 1.17. ენერგეტიკული ქვედონეები.

ორბიტალზე მოძრაობისას ელექტრონი საკუთარი ღერძის გარშემოც მოძრაობს. მას შეუძლია იმოძრაოს როგორც საათის ისრის მიმართულებით (აღნიშვნა ზემოთ მიმართული ისრით), ისე მის საწინააღმდეგოდ. ისინი, შესაბამისად, ზემოთ და ქვემოთ მიმართული ისრებით აღინიშნება (ნახ. 1.18).



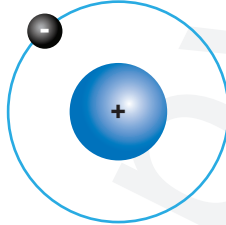
ნახ. 1.18. ელექტრონთა მოძრაობა საკუთარი ღერძის გარშემო.

აღმოჩნდა, რომ ერთსა და იმავე ორბიტალზე შეიძლება მოძრაობდეს ორი ისეთი ელექტრონი, რომლებიც საკუთარი ღერძის გარშემო ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით ბრუნავს.

თავი 1. ატომის აღნაგობა

თითოეული ელემენტის ატომში ელექტრონების განაწილება ანუ კონფიგურაცია გამოისახება ელექტრონული და ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულების, ანუ ორბიტალური დიაგრამების საშუალებით.

მაგალითად, წყალბადის ერთ ენერგეტიკულ დონეზე მოძრაობს ერთი ელექტრონი, რომელიც შეიძლება მარტივად შემდეგნაირად გამოისახოს (ნახ. 1.19):



ნახ. 1.19. წყალბადის ატომის მოდელი.

ქვედონეებზე ელექტრონების განაწილების საჩვენებლად გამოიყენება ელექტრონული ფორმულა (ნახ. 1.19):



ნახ. 1.20. წყალბადის ელექტრონული ფორმულა.

ელექტრონული ფორმულის ჩანერისას თითოეული ქვედონისათვის ჯერ იწერება ენერგეტიკული დონის ნომერი, შემდეგ კი ქვედონის აღმნიშვნელი ასო, რომელსაც ხარისხის მაჩვენებლად ეწერება ამ ქვედონეზე არსებული ელექტრონების რაოდენობა (ნახ. 1.20). მაგალითად, $1s^2$ ნიშნავს, რომ პირველი ენერგეტიკული დონის s ქვედონეზე 2 ელექტრონია; $3p^4$ – მე-3 ენერგეტიკული დონის p ქვედონეზე 4 ელექტრონია განლაგებული.

ატომში ელექტრონების მდგომარეობის საჩვენებლად ასევე გამოიყენება ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა, ანუ ორბიტალური დიაგრამა, რომელიც უჯრების საშუალებით გამოისახება. აქ თითოეულ ორბიტალს თითო უჯრა შეესაბამება, ხოლო ელექტრონებს – ისრები, რომლებიც საკუთარი ღერძის გარშემო მოძრაობის მიმართულების შესაბამისია. მაგალითად, წყალბადის ატომში ერთი ელექტრონია და ის აღინიშნება ზევით მიმართული ისრით (ნახ. 1.21 და ცხრილი 1.5).



ნახ. 1.21. წყალბადის ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა, ანუ ორბიტალური დიაგრამა.

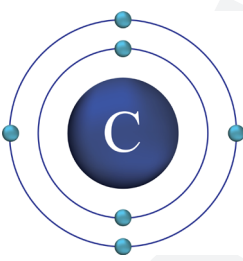
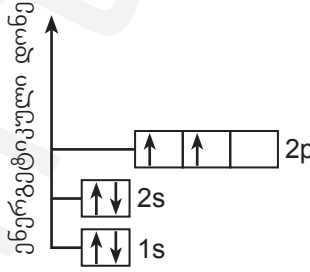
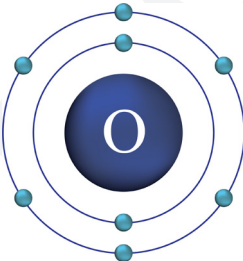
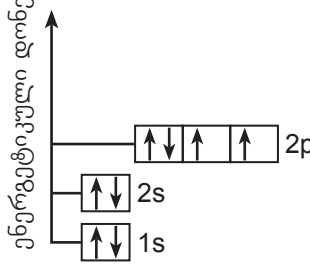
ჰელიუმის ატომში უკვე გვაქვს მეორე ელექტრონიც, რომელიც საკუთარი ღერძის გარშემო მოძრაობს საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ამიტომ ჩაიწერება ქვევით მიმართული ისრით (ცხრილი 1.5).

თავი 1. ატომის აღნაგობა

ცხრილი 1.5. ელექტრონების განაწილება წყალბადისა და ჰელიუმის ატომებში.

ელექტრონების განაწილება ენერგეტიკულ დონეებზე	ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა (ორბიტალური დიაგრამა)	ელექტრონული ფორმულა
1 	 1s	$1s^1$
2 	 ენერგეტიკული დონე	$1s^2$

p, d და f ორბიტალები ჯერ ერთი მიმართულების ელექტრონებით შეივსება (ზევით მიმართული ისარი), ხოლო შემდეგ განწყვილდება საპირისპიროდ მიმართული ელექტრონებით (ქვევით მიმართული ისარი).

6 	 ენერგეტიკული დონე	$1s^2 2s^2 2p^2$
8 	 ენერგეტიკული დონე	$1s^2 2s^2 2p^4$

მე-11 ელემენტიდან იწყება ახალი, მე-3 დონის ორბიტალების შევსება, რაც მე-2 დონის ანალოგიურად ხდება, მიუხედავად იმისა, რომ მე-2 დონისაგან განსხვავებით, აქ 3s და 3p ქვედონეების გარდა, 3d ქვედონეცაა (ცხრილი 1.6).

თავი 1. ატომის აღნაგობა

ცხრილი 1.6. ელექტრონების განაწილება ნატრიუმისა და არგონის ატომებში.

11			$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
18			$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

ელექტრონული ფორმულების ჩანერის გამარტივების მიზნით გამოიყენება კეთილშობილი აირების სიმბოლო. შევსებული ელექტრონული კონფიგურაციის მაგივრად იწერება მისი შესაბამისი კეთილშობილი აირის სიმბოლო, რომელიც ჩასმულია კვადრატულ ფრჩხილში.

მაგალითად, ჩავენროთ ალუმინის ატომის შემოკლებული ელექტრონული ფორმულა: ფორმულა სრული სახით ასეთია:



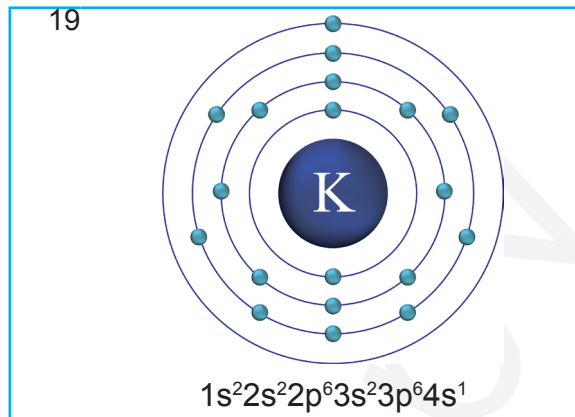
მე-2 დასრულებული შრის კონფიგურაცია ($1s^2 2s^2 2p^6$) შეეცვალოთ შესაბამისი კეთილშობილი აირის, ანუ ნეონის სიმბოლოთი, ხოლო ფორმულის დანარჩენი ნაწილი დავტოვოთ უცვლელი (ნახ. 1.22):



ნახ. 1.22. ალუმინის ატომის ელექტრონული კონფიგურაციის გამოსახვა შემოკლებული ელექტრონული ფორმულის სახით.

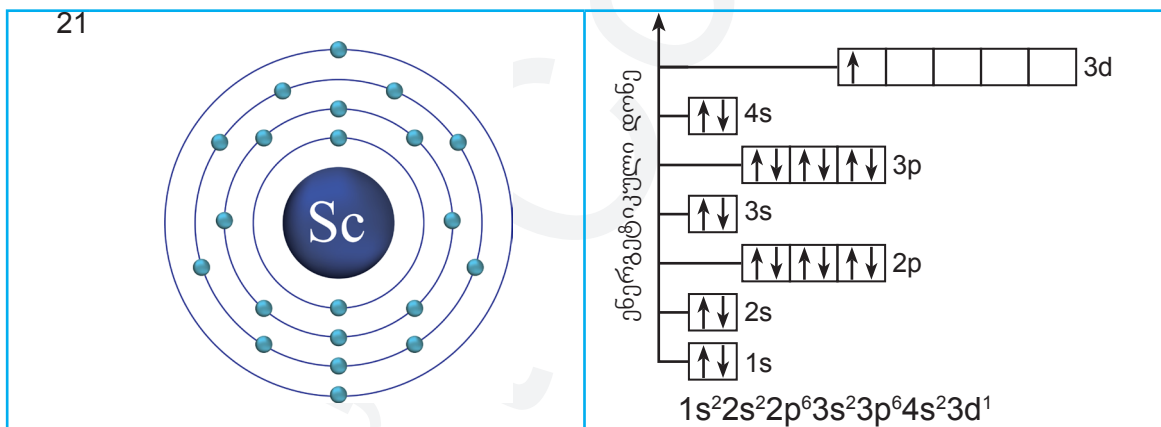
IV პერიოდის ელემენტებში თითქოს უნდა გაგრძელებულიყო 3d ორბიტალის შევსება, მაგრამ 3d ორბიტალზე ელექტრონს უფრო მაღალი ენერგია სჭირდება, ვიდრე შემდეგი შრის 4s ორბიტალზე (იხ. ნახ. 1.17), ამიტომ ჯერ შეივსება 4s ორბიტალი, შემდეგ – 3d ორბიტალი, შემდეგ კი – 4p. აქედან გამომდინარე, კალიუმის ელექტრონული ფორმულაა (ნახ. 1.23):

თავი 1. ატომის აღნაგობა



ნახ. 1.23. კალიუმის ელექტრონული კონფიგურაცია.

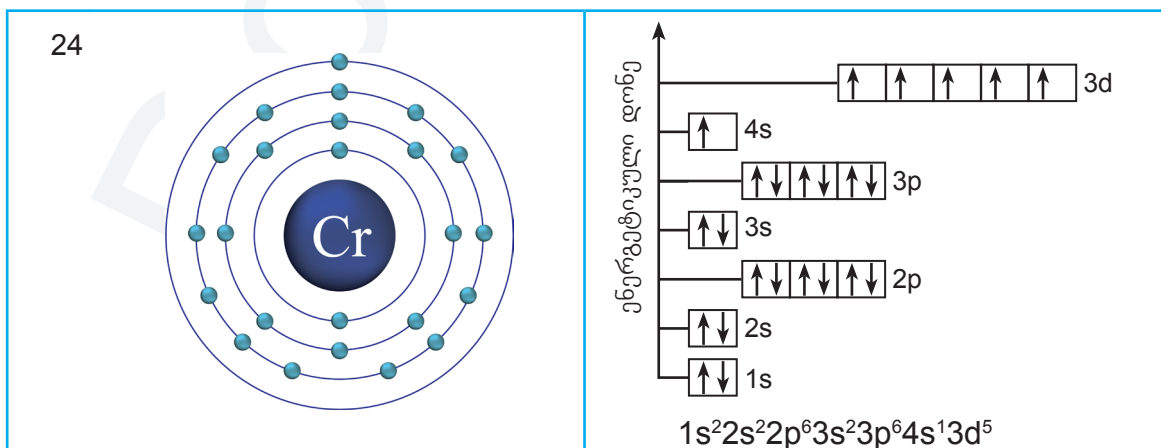
21-ე ელემენტიდან (სკანდიუმი) იწყება 3d ორბიტალის შევსება (ნახ. 1.24).



ნახ. 1.24. სკანდიუმის ელექტრონული კონფიგურაცია.

ამ შემთხვევაშიც ქვედონეებზე ელექტრონების განაწილებისას ზემოთ აღწერილი წესები ძირითადად დაცულია, მაგრამ ზოგიერთ ელემენტში გვხვდება გამონაკლისი.

მაგალითად, ქრომის ატომის ელექტრონული ფორმულა არის $[Ar]4s^1 3d^5$, ნაცვლად $[Ar]4s^2 3d^4$ -სა (ნახ. 1.25), რაც აიხსნება ნახევრად შევსებული 3d ორბიტალის ენერგეტიკული სტაბილურობით.



ნახ. 1.25. ქრომის ელექტრონული კონფიგურაცია.

თავი 1. ატომის აღნაგობა

30-ე ელემენტი სრულად ივსება 3d ქვედონე. ხოლო მომდევნო ელემენტიდან კი იწყება 4p ქვედონის შევსება, რომელიც სრულდება კრიპტონში.



კითხვები და დავალებები:

1. გადახაზეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში და შეავსეთ ცარიელი უჯრები:

ელემენტის სიმბოლო	ატომბირთვის მუხტი	ელექტრონული ფორმულა
Si		
	+17	
		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

2. მოცემული ელექტრონული ფორმულებიდან, რომელი ჩანანერია არასწორი?

ა) $3s^2$; ბ) $2s^3$; გ) $2p^6$; დ) $3p^8$; ე) $3d^4$; ვ) $2d^3$

3. გადაიხაზეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში და შეავსეთ ცარიელი უჯრები:

ელექტრონების განაწილება ენერგეტიკულ დონეებზე	ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა (ორბიტალური დიაგრამა)	ელექტრონული ფორმულა
3		
5		

თავი 1. ატომის აღნაგობა

		$1s^2 2s^2 2p^3$
		$1s^2 2s^2 2p^6$
20		

4. პერიოდულობის ცხრილის მე-4 პერიოდში, მსგავსად ქრომისა, ორბიტალის შევსების წესის გამონაკლისს წარმოადგენს სპილენძი. შეადგინეთ მისი ელექტრონული და ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა.

5. ივარაუდეთ, მე-5 პერიოდის ელემენტებიდან რომელი იქნება გამონაკლისი, სპილენძისა და ქრომის მსგავსად.

6. მოცემულთაგან რომელ ნაწილას აქვს ისეთივე ელექტრონული კონფიგურაცია, როგორიც კალიუმის იონს (K^+)?

ა) ფთორის იონს;

ბ) ნატრიუმის იონს;

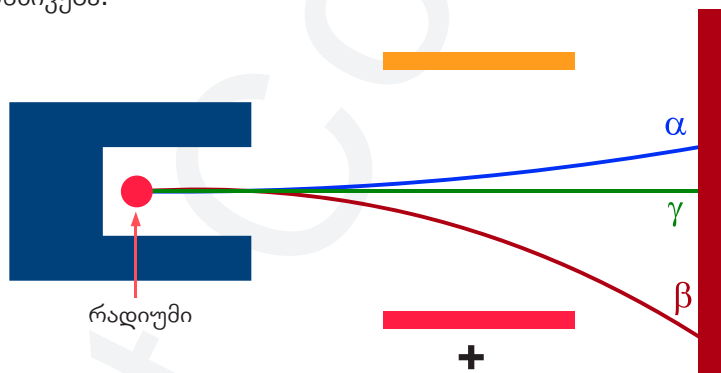
გ) ნეონის ატომს;

დ) არგონის ატომს.



რადიოაქტიური გამოსხივება

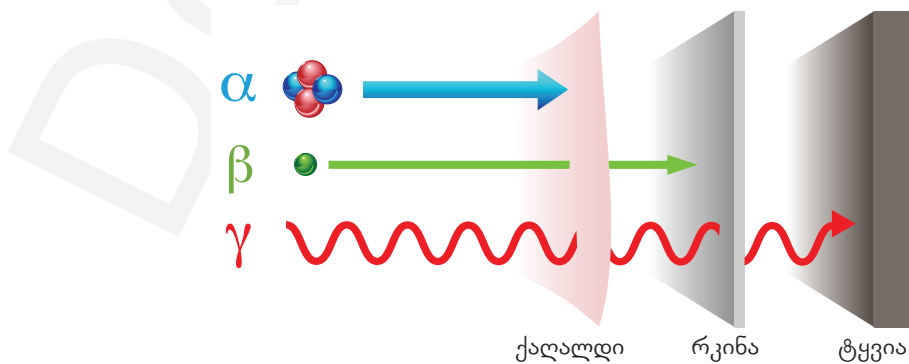
1899 წელს ერნესტ რეზერფორდმა დაადგინა რადიოაქტიური გამოსხივების ბუნება. ამისათვის მან რადიოაქტიური ნივთიერება - რადიუმი მოათავსა ორ ურთიერთსაწინააღმდეგოდ დამუხტულ ფირფიტას შორის, ძლიერ ელექტრომაგნიტურ ველში (ნახ. 1). აღმოჩნდა, რომ რადიუმიდან გამოსული სხივთა კონა სამ ნაწილად გაიყო: პირველი ნაწილი გადაიხარა უარყოფითად დამუხტული ფირფიტის მხარეს, მეორე ნაწილი საერთოდ არ გადაიხარა, ხოლო მესამე ნაწილი - დადებითად დამუხტული ფირფიტის მხარეს. შესაბამისად, უარყოფითი ფირფიტისკენ გადახრილ ნაწილაკებს გააჩნდა დადებითი მუხტი, დადებითისაკენ გადახრილს - უარყოფითი მუხტი, ხოლო გადაუხრელი იყო უმუხტო. რეზერფორდმა დადებითად დამუხტულ ნაწილაკებს α გამოსხივება უწოდა, უარყოფით ნაწილაკებს - β , ხოლო სხივის იმ ნაწილს, რომელიც საერთოდ არ გადაიხარა და იყო უმუხტო - γ გამოსხივება.



ნახ. 1. რადიოაქტიური გამოსხივების დაშლა α -, β - და γ -სხივებად.

რეზერფორდმა დაადგინა, რომ α -სხივები წარმოადგენს ჰელიუმის ატომბირთვების ნაკადს, β -სხივები - სწრაფი ელექტრონების ნაკადს, ხოლო γ -სხივები - მაღალი ენერგიის მქონე ელექტრომაგნიტურ ტალღებს.

α -სხივების გამჭოლუნარიანობა ძალიან მცირეა - ქაღალდშიც კი ვერ გადის. β -სხივების გამჭოლუნარიანობა დაახლოებით 100-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე α -სხივების, ხოლო γ -სხივებისა კიდევ უფრო მაღალია - თავისუფლად გადის 30 სმ-ის სისქის რკინის ფირფიტაში, მათ მხოლოდ ტყვიის სქელი ფენა აკავებს (ნახ. 2).

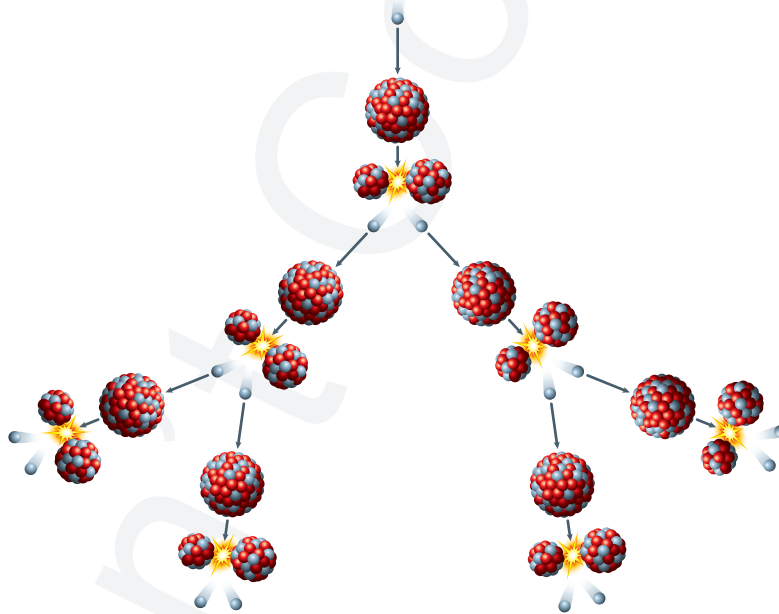


ნახ. 2. რადიოაქტიური სხივების განსხვავებული გამჭოლუნარიანობა.



ბირთვული რეაქციები

ბირთვულს უწოდებენ ისეთ რეაქციებს, რომლებიც ატომთა ბირთვების ან სუბ-ატომური ნაწილაკების ურთიერთქმედებით მიმდინარეობს. პირველი ბირთვული რეაქცია, რომელიც ენერგიის მისაღებად გამოიყენეს, იყო $U-235$ ატომბირთვის დაშლა ნეიტრონებთან შეჯახებით ანუ დაბომბვით (ნახ. 3). ამ დროს გამოიყოფა 2 ახალი, ე. წ. „მეორადი“ ნეიტრონი და თავისუფლდება კოლოსალური ენერგია – მაგალითად, 1 გ $U-235$ -ის დაშლისას გამოიყოფა $7,5 \cdot 10^7$ კჯ, რაც 2 ტონა ნახშირის დაწვის დროს გამოყოფილ ენერგიას აღემატება. მეორადი ნეიტრონები ბომბავს $U-235$ -ის სხვა ატომს და იწვევს მის დაშლას ახალი ნეიტრონების გამოყოფით, რომლებიც, თავის მხრივ, კიდევ სხვა ატომზე მოქმედებს და ა. შ. ამიტომ პროცესი ჯაჭვურად გრძელდება, რის გამოც მას ჯაჭვური რეაქცია ეწოდა.



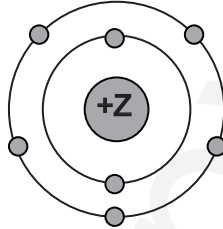
ნახ. 3. ბირთვული ჯაჭვური რეაქცია.

ბირთვული რეაქცია შეიძლება ჯაჭვურად არ გაგრძელდეს და შეწყდეს, თუ მასში ყველა მეორადი ნეიტრონი არ მიიღებს მონაწილეობას. ეს რომ არ მოხდეს, ურანის მასა დიდი უნდა იყოს, მაგრამ არ უნდა აღემატებოდეს მის ე. წ. „კრიტიკულ მასას“. კრიტიკული მასა არის ბირთვულ რეაქციაში მონაწილე ნივთიერების მინიმალური მასა, რომელიც საჭიროა ჯაჭვური რეაქციის დასაწყებად. მაგალითად, $U-235$ -ის კრიტიკული მასა არის 50 კგ.



შემაჯამებელი სავარჯიშოები

1. რას უდრის მოცემული ელემენტის ატომბირთვის მუხტი?



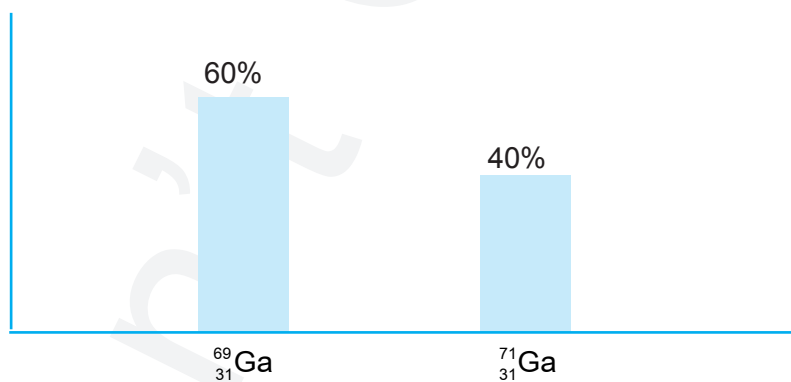
- ა) +5; ბ) +7; გ) + 14; დ) +8.
2. რამდენი პროტონი და ნეიტრონია $^{235}_{92}\text{U}$ -ის ატომბირთვში?
 ა) 92 პროტონი და 235 ნეიტრონი; ბ) 92 პროტონი და 143 ნეიტრონი;
 გ) 92 ნეიტრონი და 235 პროტონი; დ) 92 ნეიტრონი და 143 პროტონი.
3. რამდენი პროტონი(p), ნეიტრონი(n) და ელექტრონია(e) $^{11}_5\text{B}$ ნუკლიდში?
 ა) p=5; n=5; e=11; ბ) p=5; n=6; e=11;
 გ) p=5; n=6; e=5; დ) p=5; n=5; e=6.
4. ელემენტის ატომური ნომერი, რომლის ატომბირთვიც შეიცავს 4 პროტონს და 5 ნეიტრონს, არის:
 ა) 9; ბ) 5; გ) 4; დ) 1.
5. თუ ელემენტის ატომი შეიცავს 4 პროტონს, 5 ნეიტრონს და 4 ელექტრონს, ეს ელემენტი არის:
 ა) Be; ბ) N; გ) B; დ) C.
6. მოცემულია ნუკლიდი $^{56}_{26}\text{Fe}$. რამდენ ნეიტრონია მოცემულ ატომში?
 ა) 26; ბ) 30; გ) 56; დ) 82.
7. რამდენ ელექტრონს შეიცავს Ca^{2+} ?
 ა) 18; ბ) 20; გ) 22; დ) 40.
8. რამდენ ელექტრონს შეიცავს N^{3-} ?
 ა) 7; ბ) 4; გ) 10; დ) 14.
9. რას აჩვენებს ელემენტის რიგობრივი ნომერი?
 ა) სავალენტო ელექტრონების რაოდენობას;
 ბ) ენერგეტიკული დონეების რაოდენობას;
 გ) პროტონების რაოდენობას ატომბირთვში;
 დ) ნეიტრონების რაოდენობას ატომბირთვში.
10. s- და p-ბლოკის ელემენტებისთვის ჯგუფის ნომერი გვიჩვენებს ...
 ა) ენერგეტიკული დონეების რაოდენობას;
 ბ) სავალენტო ელექტრონების რაოდენობას;
 გ) ნეიტრონების რაოდენობას ატომბირთვში;
 დ) პროტონების რაოდენობას ატომბირთვში.

თავი 1. ატომის აღნაგობა

11. მოცემულია ნუკლიდი $^{52}_{24}\text{Cr}$. რამდენ ნეიტრონს შეიცავს მოცემული ატომი?
 ა) 24; ბ) 28; გ) 52; დ) 76.
12. მოცემულია ნუკლიდი $^{197}_{79}\text{Au}$. რამდენ ნეიტრონს შეიცავს მოცემული ატომი?
 ა) 79; ბ) 118; გ) 197; დ) 276.
13. იხელმძღვანელეთ ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილით და შეავსეთ ცხრილის ცარიელი უჯრები:

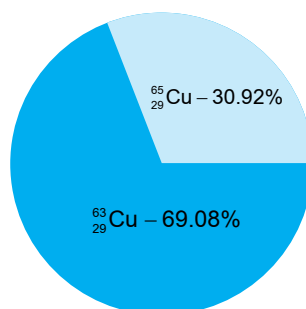
ელემენტის სახელწოდება	სიმბოლო	Z	A	N _p	N _n	N _e
	Al		27			
		12			12	
კალიუმი					20	
				16	15	
			56			26

14. ელემენტი გალიუმი ბუნებაში გავრცელებულია ორი იზოტოპის სახით:



გამოთვალეთ გალიუმის საშუალო ფარდობითი ატომური მასა.

15. ელემენტი სპილენძი ბუნებაში გავრცელებულია ორი იზოტოპის სახით:



გამოთვალეთ სპილენძის საშუალო ფარდობითი ატომური მასა.

თავი 1. ატომის აღნაგობა

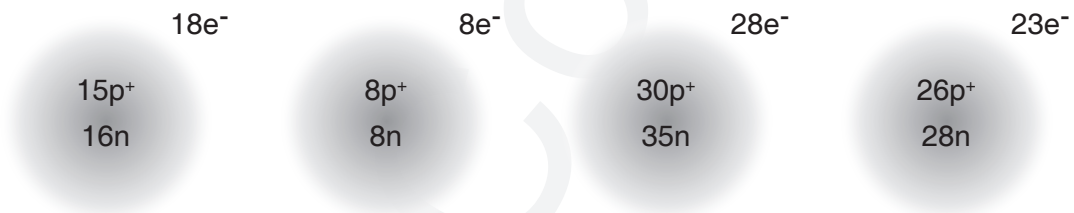
16. პროტონებისა და ელექტრონების რაოდენობის მიხედვით ჩაწერეთ იონის სიმბოლო:

- ა) 3 პროტონი და 2 ელექტრონი; ბ) 9 პროტონი და 10 ელექტრონი;
 გ) 12 პროტონი და 10 ელექტრონი; დ) 26 პროტონი და 23 ელექტრონი;
 ე) 8 პროტონი და 10 ელექტრონი; ვ) 19 პროტონი და 18 ელექტრონი.

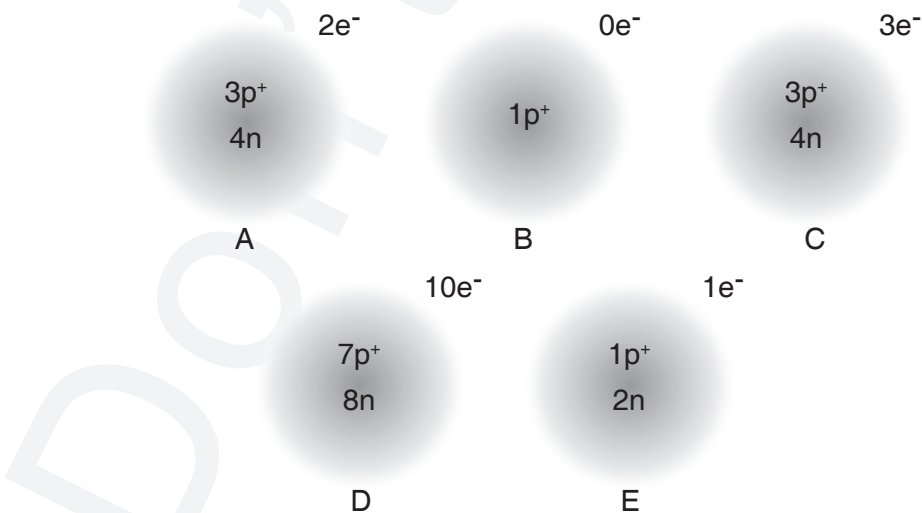
17. რომელი კეთილშობილი აირის ელექტრონული კონფიგურაცია აქვს მოცემულ ელემენტთა იონებს? დაწერეთ მათი ელექტრონული ფორმულები.

- ა) ნატრიუმი და ფთორი; ბ) კალიუმი და გოგირდი; გ) კალციუმი და ქლორი.

18. თითოეულ მოდელს მიაწერეთ შესაბამისი ნაწილაკის (ატომის ან იონის) ფორმულა:



19. თითოეულ მოდელს A, B, C, D, E მიაწერეთ შესაბამისი ნაწილაკის (ატომის ან იონის) ფორმულა.



20. დაწერეთ ენერგეტიკულ შრეებზე ელექტრონების განაწილება მოცემული იონებისთვის:

- ა) N^{3-} ; ბ) Mg^{2+} ; გ) P^{3-} ; დ) Al^{3+} ; ე) Li^{+} .

თავი 1. ატომის აღნაგობა

21. ქრომი ბუნებაში გავრცელებულია ოთხი იზოტოპის სახით.

იზოტოპი	გავრცელება ბუნებაში %
$^{50}_{24}\text{Cr}$	4.35
$^{52}_{24}\text{Cr}$	83.79
$^{53}_{24}\text{Cr}$	9.50
$^{54}_{24}\text{Cr}$	2.36

გამოთვალეთ ქრომის საშუალო ფარდობითი ატომური მასა.

22. სილიციუმი ბუნებაში გავრცელებულია სამი იზოტოპის სახით.

იზოტოპი	გავრცელება ბუნებაში %
$^{28}_{14}\text{Si}$	92.2
$^{29}_{14}\text{Si}$	4.7
$^{30}_{14}\text{Si}$	3.1

გამოთვალეთ სილიციუმის საშუალო ფარდობითი ატომური მასა.

23. ინდიუმი ბუნებაში გავრცელებულია ორი იზოტოპის სახით: ინდიუმ-113 და ინდიუმ-115. მისი ფარდობითი ატომური მასაა 114.82. გამოთვალეთ ინდიუმის იზოტოპთა გავრცელება ბუნებაში (%).

24. სტიბიუმი ორი იზოტოპის სახითაა ბუნებაში. სტიბიუმ-121 და სტიბიუმ-123. გამოიყენეთ პერიოდულობის ცხრილი და იპოვეთ იზოტოპთა გავრცელება ბუნებაში (%).

25. შეადგინეთ მოცემულ იონთა ელექტრონული კონფიგურაციები:

ა) Ca^{2+} ; ბ) Cr^{3+} ; გ) Co^{2+} ; დ) Rb^{+} .

26. შეავსეთ ცხრილი:

	$^{16}_8\text{O}$	$^{17}_8\text{O}$	$^{18}_8\text{O}$
მასური რიცხვი			
პროტონების რაოდენობა			
ნეიტრონების რაოდენობა			
ატომბირთვის მუხტი			
ელექტრონების რაოდენობა			

27. რომელი ელემენტის სიმბოლოა აღნიშნული E ასოთი თითოეულ შემთხვევაში?
ა) ${}_{17}^{37}\text{E}$; ბ) ${}_{18}^{38}\text{E}$; გ) ${}_{20}^{40}\text{E}$; დ) ${}_{20}^{44}\text{E}$.
28. განსაზღვრეთ ელექტრონთა რიცხვი შემდეგ იონებში:
ა) Na^+ ; ბ) Cl^- ; გ) Mg^{2+} ; დ) S^{2-} ; ე) F^- ; ვ) Ca^{2+} ; ზ) O^{2-} ; თ) Li^+ .
29. მოცემულია ატომთა ელექტრონული ფორმულები. შეუსაბამეთ მათ ატომის სიმბოლო.
ა) $1s^2 2s^2 2p^2$; ბ) $1s^2 2s^2 2p^5$; გ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$;
დ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$; ე) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$.
30. რომელ იონებს შეიძლება შეესაბამებოდეს მოცემული ელექტრონული ფორმულები?
ა) $1s^2$; ბ) $1s^2 2s^2 2p^6$; გ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

თავი 2.

ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი



პერიოდულობის კანონი

ატომის აღნაგობის შესწავლამ პერიოდულობის კანონსა და პერიოდულობის ცხრილს ახალი შინაარსი შესძინა. აღმოჩნდა, რომ ელემენტის ქიმიური თვისებები დამოკიდებულია ატომში პროტონების რაოდენობაზე და არა ატომის მასაზე. ამიტომ შეიცვალა ელემენტის განმარტება – ქიმიური ელემენტი ეწოდება ერთნაირი ატომბირთვის მუხტის ანუ ერთნაირი რაოდენობის პროტონების მქონე ატომთა ერთობლიობას. შესაბამისად, შეიცვალა პერიოდულობის კანონის ფორმულირებაც: **ელემენტების და მათი ნაერთების თვისებები პერიოდულ დამოკიდებულებაშია ატომბირთვის მუხტის სიდიდესთან ანუ ატომში პროტონების რაოდენობასთან.**

აღრინდელ პერიოდულობის ცხრილში ელემენტები ატომური მასის ზრდის მიხედვით იყო დალაგებული, თუმცა ეს პრინციპი ზოგიერთ შემთხვევაში ირღვეოდა. მაგალითად, არგონი, რომლის ატომური მასაც მეტია კალიუმის მასაზე ($A_r(\text{Ar})=40$, $A_r(\text{K})=39$), ცხრილში კალიუმზე წინაა. ატომბირთვის შედგენილობის შესწავლამ აჩვენა, რომ არგონის ბირთვში 18 პროტონია ($Z=18$), ხოლო კალიუმის ბირთვში – 19 ($Z=19$), ამიტომ კალიუმი მართლაც არგონის შემდეგ უნდა მდებარეობდეს.

ატომის აღნაგობის შესწავლამ ახსნა ელემენტთა თვისებების პერიოდული ცვლილების მიზეზიც:

პერიოდებში ელემენტთა ატომების სავალენტო შრეზე ელექტრონების რაოდენობის პერიოდული ცვლილება იწვევს ელემენტთა და მათ ნაერთთა თვისებების პერიოდულ ცვლილებას.

ეს კანონზომიერება შემდეგნაირად ვლინდება – ატომის გარე შრეზე ელექტრონთა რაოდენობის ზრდასთან ერთად, ყოველ პერიოდში:

- ელემენტთა მეტალური თვისებები თანდათან სუსტდება და არამეტალურში გადადის;
- ელემენტთა ოქსიდებში ვალენტობა I-დან VII-მდე იზრდება;
- ელემენტთა ოქსიდების ფუძე თვისებები სუსტდება, ხოლო მჟავური – ძლიერდება;
- ელემენტთა მიერ წარმოქმნილი ფუძეების თვისებები სუსტდება, ხოლო ჟანგბადიანი მჟავებისა – ძლიერდება.

პერიოდულობის ცხრილში ერთი და იმავე ჯგუფის ელემენტებს მსგავსი თვისებები აქვს, რადგანაც მათ გარე სავალენტო შრეზე ელექტრონების ერთნაირი რიცხვი აქვს. მაგალითად, ტუტე მეტალებს გარე ელექტრონულ შრეზე აქვს 1 ელექტრონი, მეორე ჯგუფის ელემენტებს – 2, მე-13-18 ჯგუფების ელემენტებს შესაბამისად 3-დან 8-მდე. პერიოდში ელექტრონების რიცხვის ზრდა განაპირობებს თვისებების პერიოდულ ცვლილებას.

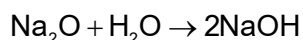
მაგალითისათვის განვიხილოთ მე-3 პერიოდის ელემენტებისა და მათი ნაერთების ფორმები და თვისებები (ცხრილი 2.1).

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

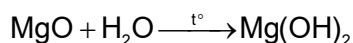
ცხრილი 2.1. მე-3 პერიოდის ელემენტებისა და მათი ნაერთების (ოქსიდები, შესაბამისი ფუძეები და მჟავები) ფორმებისა და თვისებების შედარება.

მე-3 პერიოდის ელემენტები								
ელემენტი	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
ელემენტის თვისება	მეტალი	მეტალი	მეტალი	მეტალოიდი	არამეტალი	არამეტალი	არამეტალი	არამეტალი
უმაღლესი ოქსიდი	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl ₂ O ₇	-
ოქსიდის ბუნება	ფუძე ოქსიდი	ფუძე ოქსიდი	ამფოტერული ოქსიდი	მჟავა ოქსიდი	მჟავა ოქსიდი	მჟავა ოქსიდი	მჟავა ოქსიდი	-
ფუძე	NaOH	Mg(OH) ₂	Al(OH) ₃	-	-	-	-	-
ჟანგბადიანი მჟავა	-	-	HAlO ₂	H ₂ SiO ₃	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄	HClO ₄	-
ფუძე-მჟავური ბუნება	ძლიერი ფუძე	ფუძე	ამფოტერული	სუსტი მჟავა	საშუალო მჟავა	ძლიერი მჟავა	ძლიერი მჟავა	-

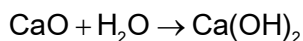
1-ლი ჯგუფის ელემენტები, რომელთა გარე ელექტრონულ შრეზე თითო ელექტრონია, ძალიან აქტიური მეტალებია და წარმოქმნიან ფუძე ბუნების ოქსიდებს, რომელთა წყალთან ურთიერთქმედებისას შესაბამისი ტუტეები მიიღება. მაგალითად:



მე-2 ჯგუფის ელემენტების, მაგნიუმისა და კალციუმის ქიმიური აქტიურობა ნაკლებია, ვიდრე ტუტე მეტალებისა. შესუსტებულია მათი ოქსიდების ფუძე თვისებებიც – MgO წყალთან მხოლოდ მაღალ ტემპერატურაზე ურთიერთქმედებს და მისი ჰიდროქსიდი უხსნადია:

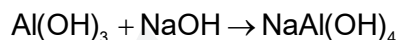
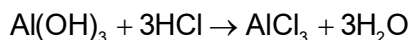
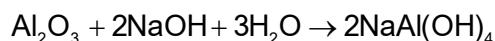
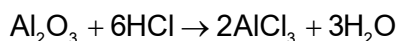
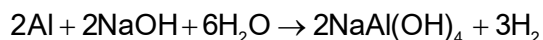
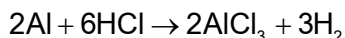


ხოლო CaO წყალში გახსნისას მცირედ ხსნად ტუტეს წარმოქმნის:



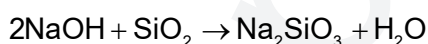
მე-3 ჯგუფის ელემენტები – ალუმინი და გალიუმი ამფოტერულ თვისებებს ავლენს – ეს მეტალები, მათი ოქსიდები და ჰიდროქსიდები რეაქციაში შედის როგორც მჟავასთან, ისე ტუტესთან:

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი



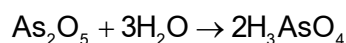
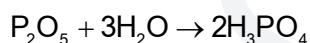
ანალოგიური რეაქციები ახასიათებს გალიუმსა და მის ნაერთებს.

მე-14 ჯგუფის ელემენტები – სილიციუმი და გერმანიუმი – მეტალოიდებია და მათ შეესაბამება ოქსიდები SiO_2 და GeO_2 . ისინი უკვე მჟავა თვისებებს ავლენს, რაც ტუტესთან ურთიერთქმედებისას მარილის წარმოქმნაში გამოიხატება:

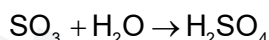


სილიციუმისა და გერმანიუმის ოქსიდებს შეესაბამება სუსტი მჟავები (H_2SiO_3 და H_2GeO_3), რომლებიც წყალში უხსნადია.

რაც შეეხება მე-15 ჯგუფის ელემენტებს, ფოსფორი არამეტალია, დარიშხანი კი – მეტალოიდი. ისინი ერთნაირი შედგენილობის ოქსიდებს წარმოქმნიან – P_2O_5 , As_2O_5 , რომლებსაც მსგავსი შედგენილობის მჟავები შეესაბამება:



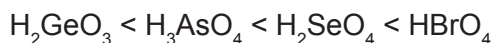
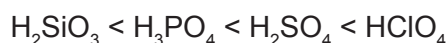
შემდეგი ჯგუფის ელემენტი – გოგირდი არამეტალია, მისი უმაღლესი ოქსიდია – SO_3 . ის მჟავა ოქსიდია და მისი წყალში გახსნით მიიღება გოგირდმჟავა:



ანალოგიურია სელენიც, უმაღლესი ოქსიდით – SeO_3 , რომლის წყალში გახსნით მიიღება სელენმჟავა.

მე-17 ჯგუფის ელემენტები, ქლორი და ბრომი, არამეტალებია, მათი უმაღლესი ოქსიდების ფორმულებია Cl_2O_7 და Br_2O_7 , რომელთაც შეესაბამება მჟავები HClO_4 და HBrO_4 .

პერიოდში, რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად, არამეტალური თვისებების გაძლიერება განაპირობებს ჟანგბადიანი მჟავების სიძლიერის ზრდას. ეს კანონზომიერება ჩვენ მიერ განხილულ ორივე პერიოდში მეორდება:



მჟავას სიძლიერე იზრდება



კითხვები და დავალებები:

- რატომ არის პერიოდულობის ცხრილში ტელური იოდის წინ, მაშინ როდესაც ტელურის ფარდობითი ატომური მასა იოდისაზე მეტია? გაეცით დასაბუთებული პასუხი.
კიდევ რომელი ელემენტების განლაგებაშია ასეთივე შემთხვევა?
- შეადგინეთ კალიუმის, ლითიუმისა და რუბიდიუმის ოქსიდების წყალთან ურთიერთქმედების რეაქციათა ტოლობები.
- შეადგინეთ ბარიუმისა და სტრონციუმის ოქსიდების წყალთან ურთიერთქმედების რეაქციათა ტოლობები.
- შეადგინეთ გალიუმის, მისი ოქსიდისა და ჰიდროქსიდის ურთიერთქმედების რეაქციები:
ა) ნატრიუმის ტუტესთან;
ბ) გოგირდმჟავასთან.
- შეადგინეთ შემდეგი ელემენტების უმაღლესი ოქსიდებისა და მათი შესაბამისი მჟავების ფორმულები:
ა) ინდიუმი; ბ) კალა; გ) სტიბიუმი; დ) ტელური.
- გადახაზეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში და შეავსეთ ცარიელი უჯრები. ცხრილი 2.1-ის მიხედვით იმსჯელეთ ნივთიერებათა თვისებების ცვლილებების კანონზომიერებაზე.

მე-4 პერიოდის ელემენტები

ელემენტი	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
ელემენტის თვისება	მეტალი	მეტალი	მეტალი	მეტალოიდი	არამეტალი	არამეტალი	არამეტალი	არამეტალი
უმაღლესი ოქსიდი								
ოქსიდის ბუნება								
ფუძე								
ჟანგბადიანი მჟავა								
ფუძემჟავური ბუნება								

2.2

ელემენტთა განაწილება ბლოკებში

სავალენტო ელექტრონების ორბიტალებზე განაწილების მიხედვით ელემენტები იყოფა s-, p-, d- და f-ბლოკის ელემენტებად (ნახ. 2.1). ბლოკის სახელწოდება იმ ქვედონის სახელწოდებიდან გამომდინარეობს, რომელიც ბოლოს ივსება.

ჯგუფი	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																															
	s-ბლოკი		d-ბლოკი										p-ბლოკი																																				
პერიოდი	1	H																	He																														
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																															
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																															
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																															
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																															
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																															
7	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																															
			<table><tr><td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td></tr><tr><td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td></tr></table>																La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	f-ბლოკი
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																			
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																			

ნახ. 2.1. ელემენტთა ბლოკები.

s-ბლოკი მოიცავს 1-ლ და მე-2 ჯგუფის ელემენტებს. 1-ლი ჯგუფის ელემენტებს გარე შრეზე აქვს 1-ელექტრონიანი s ორბიტალები; მათი ელექტრონული კონფიგურაციაა ns^1 , სადაც n გვიჩვენებს პერიოდის ნომერს. მე-2 ჯგუფის ელემენტების ელექტრონული კონფიგურაციაა ns^2 . ვინაიდან s ორბიტალებზე განლაგდება არა უმეტეს 2 ელექტრონისა, s-ბლოკი ელემენტთა მხოლოდ ორ ჯგუფს მოიცავს.

p-ბლოკი წარმოდგენილია ელემენტებით მე-13-დან მე-18 ჯგუფის ჩათვლით. ამ ელემენტებისათვის დამახასიათებელია ნაწილობრივ ან მთლიანად შევსებული p ორბიტალები. p-ბლოკის ელემენტები არ გვხვდება 1-ლ პერიოდში, ვინაიდან პირველი ენერგეტიკული დონე (ელექტრონული შრე) p ქვედონეს არ მოიცავს. ამიტომ p-ბლოკის ელემენტები მე-2 პერიოდიდან იწყება და მათ შორის პირველი ელემენტია ბორი.

p ორბიტალზე შეიძლება განლაგდეს მაქსიმუმ 6 ელექტრონი, შესაბამისად p-ბლოკი ელემენტთა ექვს ჯგუფს მოიცავს. მე-18 ჯგუფის ელემენტები (კეთილშობილი აირები) p-ბლოკის განსაკუთრებული წევრებია. მათი ატომები ქიმიურად ძალიან სტაბილურია და ისინი ნაერთებს თითქმის არ წარმოქმნიან – დღეისათვის მხოლოდ კრიპტონისა და ქსენონის ნაერთებია მიღებული. ჰელიუმს მხოლოდ სრულად შევსებული s ქვედონე აქვს, ხოლო დანარჩენ კეთილშობილ აირთა s და p ქვედონეები სრულად არის შევსებული, რაც განაპირობებს ამ ნივთიერებათა განსაკუთრებულ ქიმიურ მდგრადობას.

d-ბლოკი მოიცავს გარდამავალ მეტალებს და დღეისათვის ყველაზე დიდ ბლოკს წარმოადგენს. d-ბლოკის ელემენტთა ატომებში ელექტრონები ნაწილობრივ ან მთლიანად

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

ავსებს **d** ორბიტალებს. ხუთ **d** ორბიტალზე შეიძლება განთავსდეს მაქსიმუმ 10 ელექტრონი. შესაბამისად, **d**-ბლოკი პერიოდულობის ცხრილის ათ ჯგუფს (მე-3-დან მე-12 ჯგუფის ჩათვლით) მოიცავს.

f-ბლოკი ასევე გარდამავალი მეტალებისაგან შედგება. ამ ელემენტთა ატომებში ელექტრონები ნაწილობრივ ან სრულად ავსებს **4f** და **5f** ქვედონეებს. **f** ქვედონეზე 7 ორბიტალია, მათზე შეიძლება განლაგდეს მაქსიმუმ 14 ელექტრონი, ამიტომ ამ ბლოკში ელემენტთა 14 ჯგუფია გაერთიანებული. პერიოდულობის ცხრილის კომპაქტურად გამოსახვისათვის **f**-ბლოკის ელემენტები გამოტანილია ცხრილის ქვედა ნაწილში ლანთანოიდებისა (**La-Lu**) და აქტინოიდების (**Ac-Lr**) სახით (ნახ. 2.1).

როგორც ნახ. 2.1-დან ჩანს, პირველ პერიოდში მხოლოდ **s** ბლოკის 2 ელემენტია, მე-2 და მე-3 პერიოდში კი **s**- და **p**-ბლოკის 8-8 ელემენტი, ამ პერიოდებს **მცირე პერიოდებს** უწოდებენ; მე-4 და მე-5 პერიოდში განთავსებულია **s**-, **p**- და **d**-ბლოკის ელემენტები, ხოლო მე-6 და მე-7 პერიოდში შედის ოთხივე ბლოკის ელემენტები, ამიტომ მე-4-მე-7 პერიოდებს **გრძელი პერიოდები** ეწოდება.

მეტალების, მეტალოიდებისა და არამეტალების ბლოკებში განაწილების მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ, დავინახავთ, რომ **s**-ბლოკში ორი არამეტალია (**H, He**), დანარჩენი კი ტუტე და ტუტე მინათა მეტალებია; **p**-ბლოკი მოიცავს როგორც მეტალებს, ასევე მეტალოიდებსა და არამეტალებს. **d**-ბლოკი და **f**-ბლოკი კი მეტალებისაგან შედგება.

როგორც ნახ. 2.2-ზე ჩანს, ქიმიურ ელემენტთა მხოლოდ მცირე ნაწილი მოიცავს არამეტალებსა და მეტალოიდებს, უმრავლესობა კი მეტალებს წარმოადგენს.

მეტალური თვისებები მცირდება

მეტალოიდი

მეტალი

არამეტალი

მეტალური თვისებები იზრდება

Li	Be	d-ბლოკისა და f-ბლოკის ელემენტები		B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg			Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca			Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr			In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba			Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra								

ნახ. 2.2. მეტალების, მეტალოიდებისა და არამეტალების განაწილება ელემენტთა ბლოკებში.



კითხვები და დავალებები:

- როგორ იცვლება მეტალური და არამეტალური თვისებები პერიოდებსა და ჯგუფებში? განიხილეთ რომელიმე ერთი ჯგუფისა და პერიოდის ელემენტების მაგალითზე.
- ქვემოთ ჩამოთვლილი ელემენტებიდან რომელი ავლენს ყველაზე მეტად არამეტალურ თვისებებს? პასუხი დაასაბუთეთ.
 - B
 - Al
 - Ga
 - In
- ჩამოთვლილთაგან რომელს აქვს ყველაზე მეტად გამოხატული მეტალური თვისებები? პასუხი დაასაბუთეთ.
 - Br
 - Ge
 - Ca
 - Ga
- ცხრილში მოცემულია ინფორმაცია X, Y და Z ქიმიური ელემენტების შესახებ:

X – ელემენტის რიგობრივი ნომერია 82

Y – ელემენტის ელექტრონული შრეების აღნაგობაა $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

Z – ელემენტის ელექტრონული ფორმულაა $[\text{Ne}]3s^2$

დაადგინეთ რომელი ელემენტებია X, Y და Z და შეავსეთ ცხრილი:

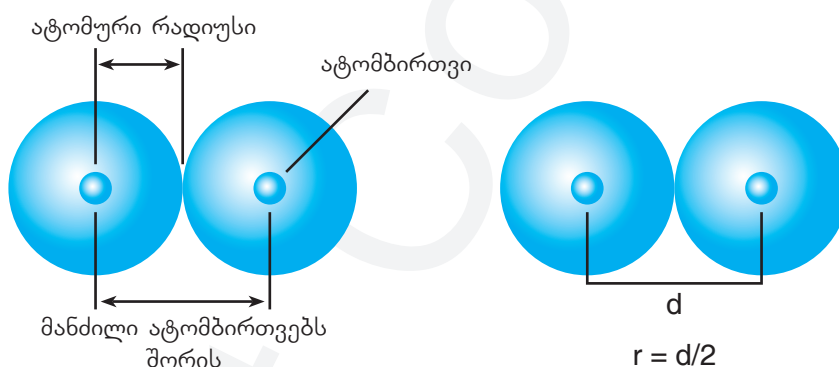
X ელ- ემენტის სიმბოლო	X უმაღლესი ჟანგბად- ნაერთის ფორმულა	Y ელ- ემენტის სიმბოლო	Y ელემენ- ტის წყალ- ბადნაერთის ფორმულა	Z ელ- ემენტის სიმბოლო	Z ელემენ- ტის ჰიდრო- ქსიდის ფორმულა

2.3

ატომთა მახასიათებლები და მათი პერიოდული ცვლა

როგორც ვიცით, ელემენტთა ატომები განსხვავდება პროტონების რიცხვით, რაც მათ მრავალფეროვან თვისებებს განაპირობებს. კიდევ რა მახასიათებლებით შეიძლება განვასხვავოთ ისინი?

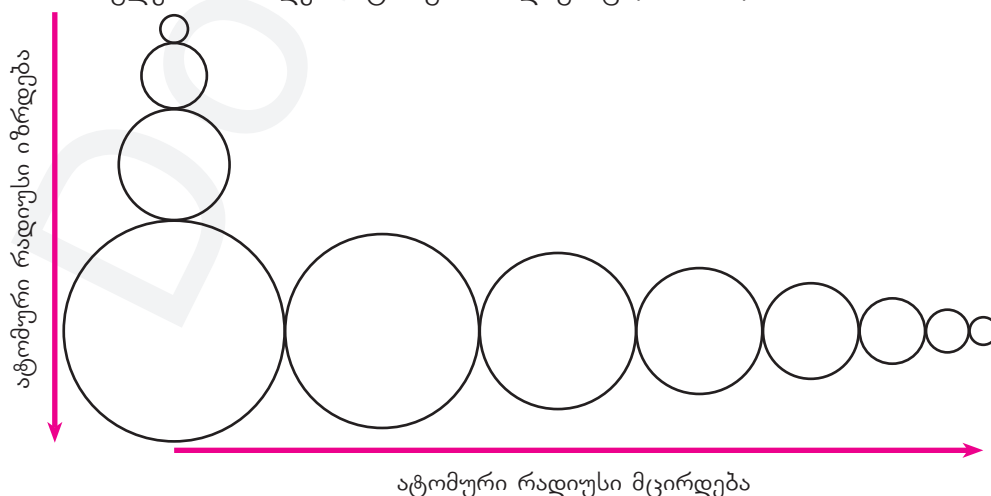
თანამედროვე შეხედულებით, ატომს მკვეთრად გამოკვეთილი ფორმა არ აქვს, ამიტომ ატომური რადიუსის უშუალოდ განსაზღვრა შეუძლებელია, თუმცა სხვადასხვა ფიზიკური მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია მოლეკულაში ატომთა შორის მანძილის დადგენა. ამდენად, **ატომურ რადიუსად ითვლება ორ მეზობელ ატომბირთვს შორის მანძილის ნახევარი** (ნახ. 2.3).



ნახ. 2.3. ატომური რადიუსის დადგენა.

პერიოდში რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად ბირთვის მუხტი იზრდება, ხოლო ელექტრონული შრეების რაოდენობა უცვლელი რჩება. ამის გამო იზრდება მიზიდულობა სავალენტო ელექტრონებსა და ატომბირთვს შორის. შესაბამისად, პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ ატომური რადიუსი მცირდება.

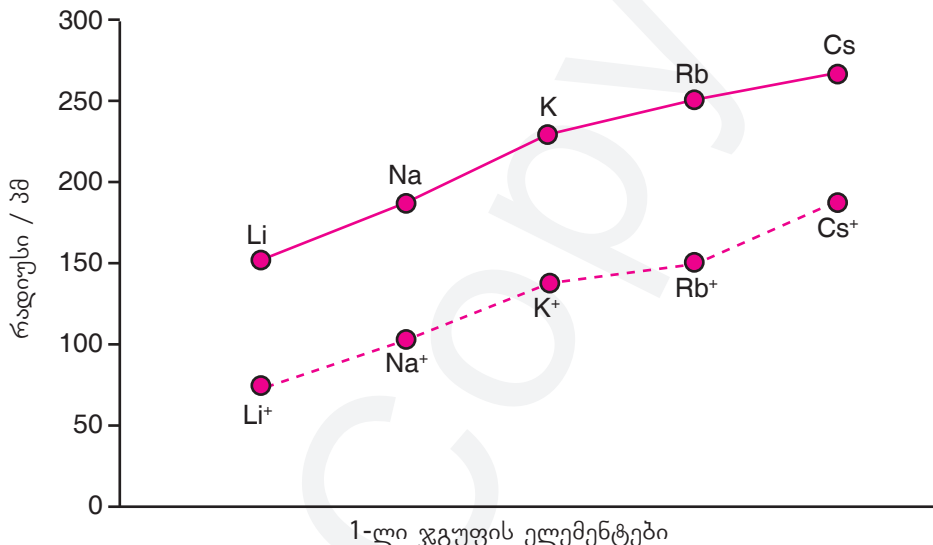
ჯგუფებში ზევიდან ქვევით ელექტრონული შრეების რაოდენობა იზრდება. ბუნებრივია, ამ მიმართულებით იზრდება ატომური რადიუსიც (ნახ. 2.4).



ნახ. 2.4. ატომური რადიუსის ცვლილება პერიოდულობის ცხრილში.

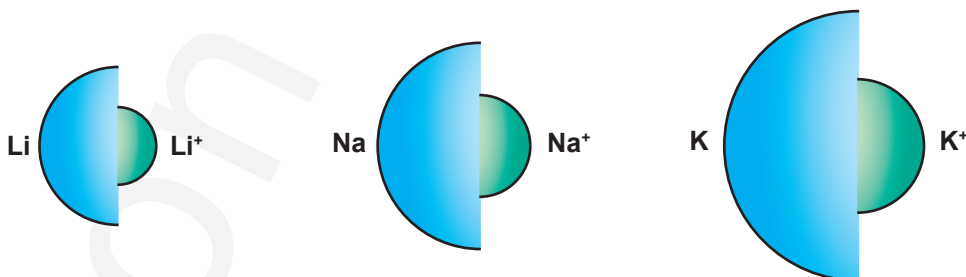
2.3.1. იონური რადიუსი

იონური რადიუსი ყოველთვის განსხვავდება შესაბამისი ატომის რადიუსისაგან. კატიონის (დადებითი იონის) რადიუსი მცირეა შესაბამისი ატომის რადიუსთან შედარებით (ნახ. 2.5).



ნახ. 2.5. ტუტე მეტალთა ატომური და იონური რადიუსები.

როგორც ვიცით, ატომში ელექტრონებისა და პროტონების რიცხვი ერთმანეთის ტოლია, ხოლო ელექტრონების დაკარგვის შემთხვევაში პროტონთა რიცხვი აჭარბებს ელექტრონთა რიცხვს, ამიტომ ელექტრონები უფრო ძლიერ მიიზიდება ატომბირთვის მიერ, რის გამოც ატომის რადიუსი შესაბამისი კატიონის რადიუსს აღემატება (ნახ. 2.6).

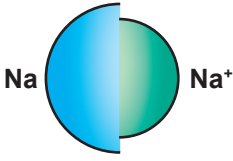
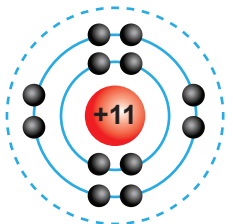
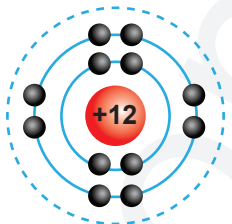
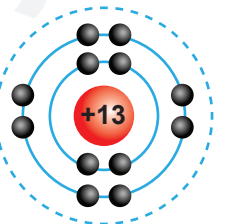
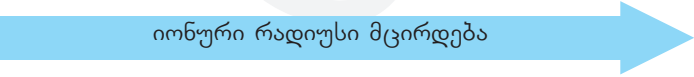


ნახ. 2.6. ატომებისა და კატიონების რადიუსთა შედარება.

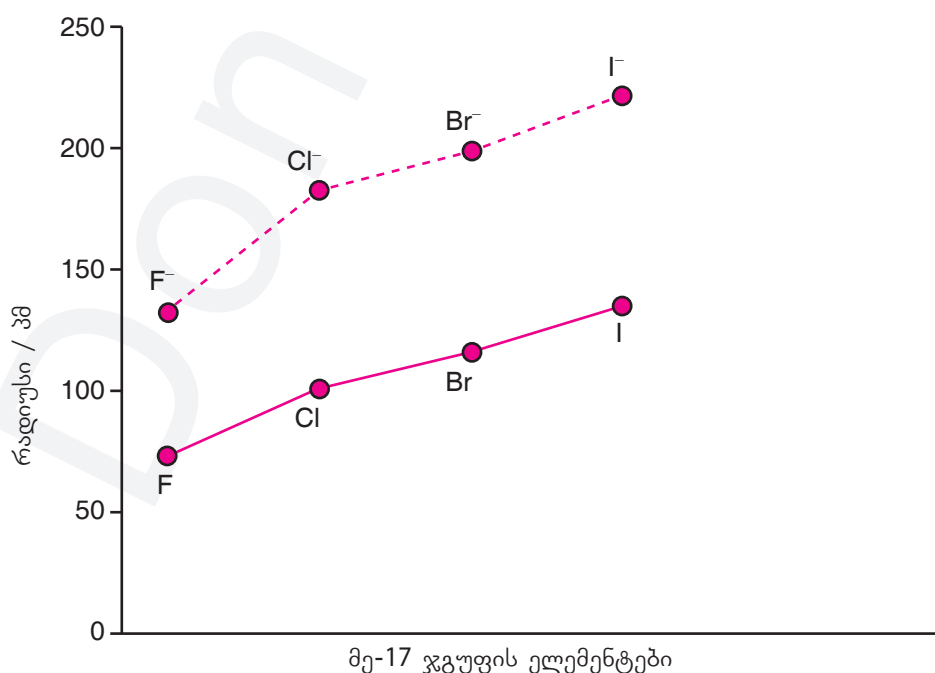
რაც მეტია მუხტის მნიშვნელობა, მით უფრო მცირეა რადიუსი. ცხრილში 2.2 მოცემულია მე-3 პერიოდის ელემენტები, მათი იონური რადიუსი მუხტის ზრდასთან ერთად მცირდება, ვინაიდან პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ პროტონთა რიცხვი იზრდება, ხოლო ელექტრონების რაოდენობა უცვლელი რჩება, შესაბამისად, იზრდება მიზიდულობის ძალა ატომბირთვსა და გარე შრის ელექტრონებს შორის. ამიტომ, რაც მეტია მუხტის მნიშვნელობა, უფრო მცირეა რადიუსი. ცხრილში 2.2 მოცემულ სამივე იონს ელექტრონების ერთი და იგივე რაოდენობა აქვს, ისინი ელექტრონული კონფიგურაციით ემსგავსება წინა პერიოდის ბოლოს მოთავსებულ კეთილშობილ აირს – ნეონს. ატომებს ან იონებს, რომელთაც ელექტრონების ერთნაირი, ხოლო პროტონების განსხვავებული რიცხვი აქვს, **იზოელექტრონული ნაწილაკები** ეწოდება.

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

ცხრილი 2.2. ნატრიუმის, მაგნიუმისა და ალუმინის ატომთა და კატიონთა რადიუსების შედარება.

		
 Na⁺	 Mg²⁺	 Al³⁺
11p 10e⁻	12p 10e⁻	13p 10e⁻
იონური რადიუსი მცირდება 		

ანიონის რადიუსი ყოველთვის მეტია შესაბამისი ატომის რადიუსზე (ნახ. 2.7). ამის მიზეზია გარე შრეზე არსებული და მიერთებული ელექტრონების ურთიერთგანზიდვა, რაც ზრდის რადიუსს.

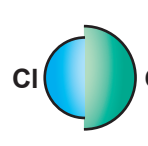
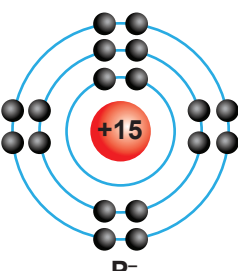
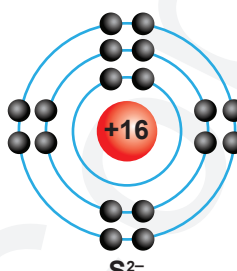
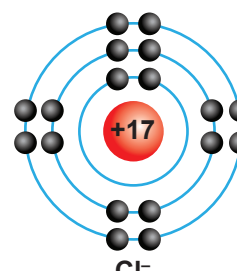
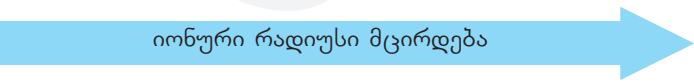


ნახ. 2.7. ჰალოგენების ატომური და იონური რადიუსების შედარება.

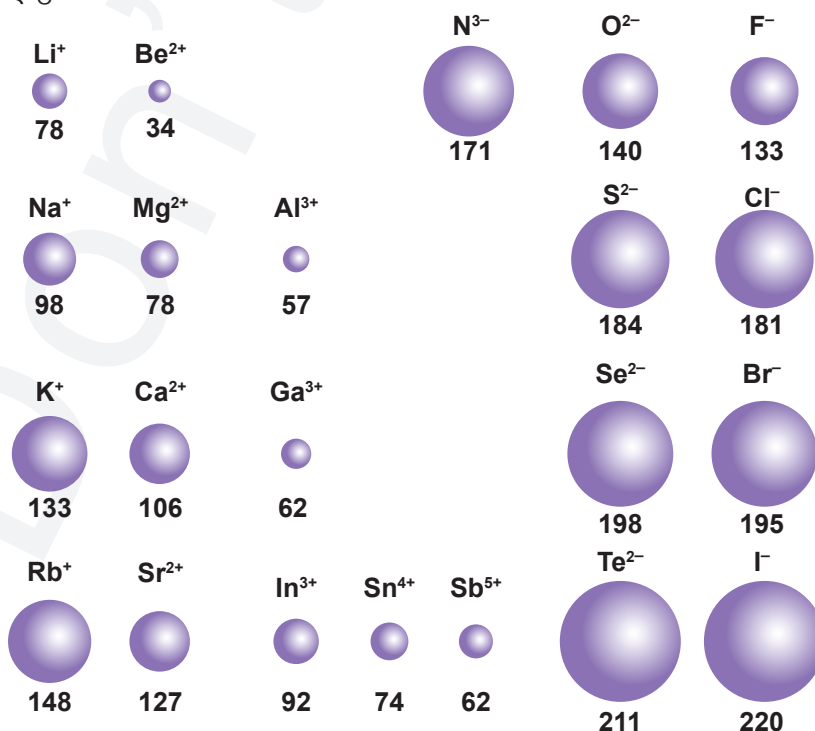
თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

ანიონების შემთხვევაშიც პერიოდში ატომბირთვის მუხტის მნიშვნელობის ზრდასთან ერთად იონური რადიუსი მცირდება (ცხრილი 2.3).

ცხრილი 2.3. ფოსფორის, გოგირდისა და ქლორის ატომთა და ანიონთა რადიუსების შედარება.

		
		
15p 18e⁻	16p 18e⁻	17p 18e⁻
		

ამრიგად, პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ იონური რადიუსის ცვლილება შეიძლება შემდეგნაირად გამოისახოს (ნახ. 2.8):



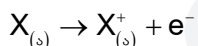
ნახ. 2.8. იონური რადიუსის ცვლილება პერიოდულობის ცხრილში.

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

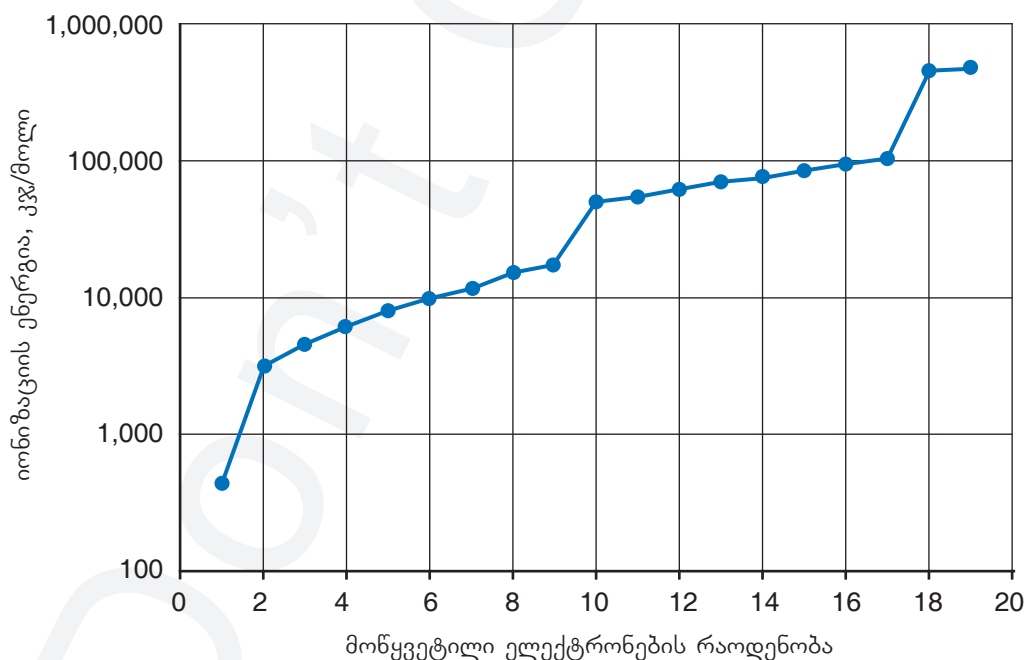
ქიმიური ბმის წარმოქმნისა და მისი ბუნების უკეთ გააზრებისთვის მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ატომთა მიერ ელექტრონის გაცემისა და მიერთების უნარის მახასიათებლები – იონიზაცია და ელექტრონისადმი სწრაფვა. განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

2.3.2. იონიზაციის ენერგია

იონიზაციის ენერგია ეწოდება იმ მინიმალური რაოდენობის ენერგიას, რომელიც საჭიროა აირად მდგომარეობაში ატომიდან ელექტრონის მოსაცილებლად. იონიზაციის ტოლობა შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:



სადაც ატომი აირად მდგომარეობაშია. იონიზაციის ენერგიის ერთეულად ჯოულს (ჯ) ან ელექტრონვოლტს (ევ) იყენებენ. ერთი ელექტრონის მოსაცილებლად დახარჯულ ენერგიას იონიზაციის პირველი პოტენციალი (ენერგია) ეწოდება. იონიზაციის შემდგომ (მეორე, მესამე და ა. შ.) პოტენციალებს უფრო მაღალი მნიშვნელობა აქვს, ვიდრე პირველ პოტენციალს, რადგანაც ელექტრონების მოცილებისას ატომბირთვის მუხტსა და ელექტრონებს შორის მიზიდულობა იმატებს. მაგალითად, კალიუმს აქვს 19 ელექტრონი, შესაბამისად, ექნება იონიზაციის 19 ენერგია, ყოველი მომდევნო იონიზაციის ენერგია მეტია წინა იონიზაციის ენერგიაზე (ნახ. 2.9).



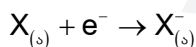
ნახ. 2.9. კალიუმის იონიზაციის ენერგიები.

პერიოდებში მარცხნიდან მარჯვნივ იონიზაციის ენერგია იმატებს ატომბირთვის მუხტის ზრდის გამო. ყველაზე დაბალი იონიზაციის ენერგია აქვს ტუტე მეტალებს, ყველაზე მაღალი – კეთილშობილ აირებს.

ჯგუფებში კი იონიზაციის ენერგია ზევიდან ქვევით მცირდება ატომის რადიუსის ზრდის გამო.

2.3.3. ელექტრონისადმი სწრაფვა

ელექტრონისადმი სწრაფვა არის ის ენერგია, რომელიც გამოიყოფა აირად მდგომარეობაში ატომის მიერ ელექტრონის მიერთების დროს. ელექტრონისადმი სწრაფვა ატომის მიერ ელექტრონის მიერთების უნარის საზომია. ელექტრონის მიერთების ტოლობა შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:



ელექტრონისადმი სწრაფვის ერთეული, ისევე როგორც იონიზაციის ენერგიისა, არის ჯოული ან ელექტრონვოლტი. პერიოდებში ელექტრონისადმი სწრაფვა მარცხნიდან მარჯვნივ იზრდება და მაქსიმალურ მნიშვნელობას ჰალოგენებში აღწევს. კეთილშობილ აირებს ელექტრონისადმი სწრაფვა არ ახასიათებს, რადგან მათი ელექტრონული კონფიგურაცია დასრულებულია.

ჯგუფებში ელექტრონისადმი სწრაფვა მცირდება ზევიდან ქვევით ატომის რადიუსის ზრდასთან ერთად.

2.3.4. ელექტროუარყოფითობა

ელექტროუარყოფითობა არის ელემენტის უნარი – მიიზიდოს ქიმიური ბმის წარმომქმნელი საზიარო ელექტრონული წყვილი. ბინარულ კოვალენტურ ნაერთში საზიარო ელექტრონული წყვილის მიზიდულობა თითოეული ატომის მიერ განსხვავებულია. მიზიდულობის სიძლიერე კი დამოკიდებულია ატომის ზომასა და ატომბირთვის მუხტზე. მაგალითად, ფთორწყალბადის მოლეკულაში საზიარო ელექტრონული წყვილი უფრო მეტად მიიზიდება ფთორის ატომის მიერ, მაშინ როცა ფთორის მოლეკულაში ქიმიურ ბმაში მონაწილე ელექტრონული წყვილი ატომებს შორის თანაბრადაა განაწილებული (ნახ. 2.10).



ნახ. 2.10. საზიარო ელექტრონული წყვილის გადანაწილება ფთორწყალბადისა და ფთორის მოლეკულებში.

ელექტროუარყოფითობა არ არის ფიზიკური სიდიდე, ამდენად, მას ერთეული არ აქვს. ელექტროუარყოფითობის ცნება პირველად 1932 წელს შემოიტანა ლ. პოლინგმა (ნახ.

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

2.12). მან შეადგინა ელემენტთა ელექტროუარყოფითობის ფარდობითი მნიშვნელობების ცხრილი (ნახ. 2.11).

1 H 2.2																
3 Li 1.0	4 Be 1.6															
11 Na 0.9	12 Mg 1.3															
19 K 0.8	20 Ca 1.0	21 Sc 1.4	22 Ti 1.5	23 V 1.6	24 Cr 1.7	25 Mn 1.6	26 Fe 1.8	27 Co 1.9	28 Ni 1.9	29 Cu 1.9	30 Zn 1.7	31 Ga 1.8	32 Ge 2.0	33 As 2.2	34 Se 2.6	35 Br 3.0
37 Rb 0.8	38 Sr 1.0	39 Y 1.2	40 Zr 1.3	41 Nb 1.6	42 Mo 2.2	43 Tc 2.1	44 Ru 2.2	45 Rh 2.3	46 Pd 2.2	47 Ag 1.9	48 Cd 1.7	49 In 1.8	50 Sn 2.0	51 Sb 2.1	52 Te 2.1	53 I 2.7
55 Cs 0.8	56 Ba 0.9	57 La* 1.1	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89 Ac** 1.1														

< 1.0

1.0-1.4

1.5-1.9

< 1.0

1.0-1.4

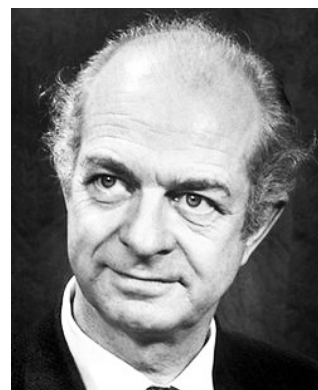
1.5-1.9

ნახ. 2.11. ელემენტთა ელექტროუარყოფითობის მნიშვნელობები.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, პერიოდებში მარცხნიდან მარჯვნივ ელექტროუარყოფითობა იზრდება, ვინაიდან იზრდება ატომბირთვის მუხტი და ის უფრო მეტად იზიდავს საზიარო ელექტრონულ წყვილს (იხ. ნახ. 2.10).

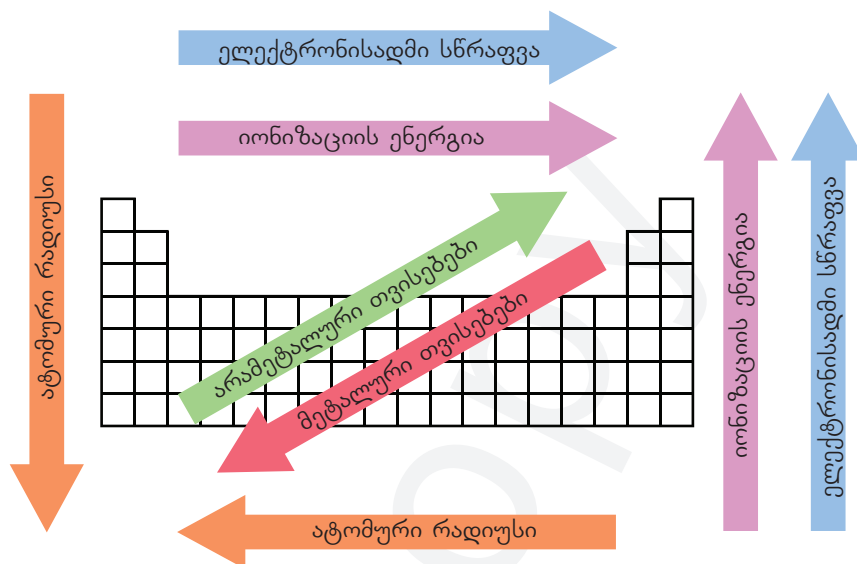
ჯგუფებში ელექტროუარყოფითობა ზევიდან ქვევით მცირდება, რადგანაც იზრდება ელექტრონული შრეების რიცხვი და საზიარო ელექტრონული წყვილის მიზიდვის უნარი იკლებს. ამდენად, ყველაზე ელექტროუარყოფითი ელემენტია ფთორი, ხოლო ყველაზე ნაკლებად ელექტროუარყოფითი – ფრანციუმი. ელექტროუარყოფითობა არაა დამახასიათებელი კეთილშობილი აირებისთვის, ვინაიდან ისინი ნაერთებს არ წარმოქმნიან.

ქიმიურ ელემენტთა თვისებების ცვლილება პერიოდულობის ცხრილში გაერთიანებულად შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ (ნახ. 2.13):



ნახ. 2.12. ლაინუს პოლინგი (Linus Pauling, 1901-1994)

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი



ნახ. 2.13. ელემენტთა მახასიათებლების ცვლილება პერიოდულობის ცხრილში. ისრის მიმართულება გვიჩვენებს თვისებების გაძლიერებას.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ელემენტის რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად, პერიოდებში:

- მეტალური თვისებები სუსტდება, ხოლო არამეტალური – ძლიერდება;
- ატომის რადიუსი მცირდება;
- იონიზაციის ენერგია, ელექტრონისადმი სწრაფვა და ელექტროუარყოფითობა – იზრდება;

ხოლო ჯგუფებში, ზევიდან ქვევით:

- მეტალური თვისებები ძლიერდება, ხოლო არამეტალური – სუსტდება;
- ატომის რადიუსი იზრდება;
- იონიზაციის ენერგია, ელექტრონისადმი სწრაფვა და ელექტროუარყოფითობა მცირდება.



კითხვები და დავალებები:

უპასუხეთ ქვემოთ ჩამოთვლილ კითხვებს და დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება:

- დაალაგეთ მოცემული ნაწილაკები რადიუსის ზრდის მიხედვით:
ა) Sr, Be, Ca, Ba ; ბ) Cl^- , P^{3-} , S^{2-} ; გ) P, Si, Na, Cl ; დ) O^{2-} , F^- , N^{3-} .
- დაალაგეთ მოცემული ელემენტები ელექტროუარყოფითობის კლების მიხედვით:
ა) F, B, Li, C, O ; ბ) P, N, Bi, As, Sb.
- დაალაგეთ მოცემული ელემენტები ელექტრონისადმი სწრაფვის კლების მიხედვით:
ა) Na, S, Al, Cl, Si ; ბ) Br, F, Cl, At, I.
- დაალაგეთ მოცემული ელემენტები იონიზაციის ენერგიის ზრდის მიხედვით:
ა) K, Li, Na, Rb ; ბ) S, Si, Cl, Mg.
- ფრანციუმი რადიოაქტიური ელემენტია, რომლის ნახევრად დაშლის პერიოდი 22 წთ-ია. ამის გამო, მისი თვისებების შესწავლა რთულია. ნახ. 2.5-ის მიხედვით, ივარაუდეთ მისი ატომური და იონური რადიუსების შესაძლო მნიშვნელობები.



ექსპერიმენტი

პერიოდულობის ცხრილში ქიმიური ელემენტები განლაგებულია გარკვეული კანონ-ზომიერებით, კერძოდ, პერიოდებსა და ჯგუფებში პერიოდულად იცვლება ელემენტთა როგორც ფიზიკური, ასევე ქიმიური თვისებები. ჩაატარეთ ექსპერიმენტი და შედეგების ანალიზის საფუძველზე უპასუხეთ კითხვას: როგორ იცვლება მეტალთა ფიზიკური და ქიმიური თვისებები პერიოდსა და ჯგუფებში?

ექსპერიმენტისთვის დაგჭირდებათ:

რეაქტივები:

- ტუტე მეტალები (ლითიუმი, ნატრიუმი)
- ტუტემინა მეტალები (მაგნიუმი, კალციუმი)
- ფენოლფთალეინი (1%-იანი ხსნარის სახით)

ქიმიური ჭურჭელი და ხელსაწყოები:

- პეტრის ჯამი
- ფილტრის ქაღალდი
- საკრისტალიზაციო ჯამი
- საკანცელარიო დანა
- პინცეტი

უსაფრთხოება:

ტუტე მეტალების წყალთან ურთიერთქმედებისას გამოიყოფა წყალბადი - ადვილად აალებადი აირი, ამიტომ საშიშია ცდებში მეტალთა დიდი ზომის ნაჭრების გამოყენება. ექსპერიმენტის ჩატარებისას ჩაიცვით ხელთათმანები და გაიკეთეთ სათვალე. გაითვალისწინეთ, რომ აუცილებელია ექსპერიმენტის ნარჩენების უტილიზაცია სათანადო წესების დაცვით.

ექსპერიმენტის მსვლელობა:

1. საკრისტალიზაციო ჯამში ჩაასხით დაახლოებით 400-500 მლ წყალი და დაამატეთ რამდენიმე წვეთი ფენოლფთალეინის ხსნარი.
2. როგორც იცით, ტუტე მეტალები ინახება ნავთში, ამიტომ ფრთხილად მოხსენით თავსახური ჭურჭელს, რომელშიც მოთავსებულია ლითიუმი; ამოიღეთ პინცეტის საშუალებით მცირე ზომის ნაჭერი, მოათავსეთ ფილტრის ქაღალდზე და შეამშრალეთ.
3. დააკვირდით ზედაპირის შეფერილობას.
4. საკანცელარიო დანის საშუალებით ჩამოჭერით დაახლოებით ხორბლის მარცვლის ზომის ნაჭერი. დააკვირდით ჩამოჭრილი მეტალის ზედაპირს.
5. პინცეტის საშუალებით ჩააგდეთ წყალში ლითიუმის ნაჭერი და დააკვირდით რეაქციის მიმდინარეობას, აირის გამოყოფის ინტენსივობას და ხსნარის ფერის ცვლილებას.
6. ჩაინიშნეთ დაკვირვების შედეგები.
7. გაიმეორეთ საფეხურები 1-6 ნატრიუმის, მაგნიუმის და კალციუმის გამოყენებით.

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

ექსპერიმენტის ანალიზი:

1. შეადარეთ ერთმანეთს ლითიუმისა და ნატრიუმის აქტიურობა.
2. შეადარეთ ერთმანეთს მაგნიუმისა და კალციუმის აქტიურობა.
3. შეადარეთ ერთმანეთს ნატრიუმისა და მაგნიუმის აქტიურობა.
4. რომელი მეტალი (ლითიუმი, ნატრიუმი, კალციუმი თუ მაგნიუმი) იჭრება დანით უფრო ადვილად? ყველაზე რბილი მეტალი შეაფასეთ 1-ით, ყველაზე მაგარი კი - 4-ით.
5. რომელი ტიპის რეაქციას მიეკუთვნება მეტალების წყალთან ურთიერთქმედება? შეადგინეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები.
6. რა დასკვნას გამოიტანთ მეტალთა რეაქციისუნარიანობაზე მათი წყალთან ურთიერთქმედების მიხედვით? შეადგინეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები.

ცხრილი გადახაზეთ სამუშაო რვეულში და ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე შეავსეთ ცარიელი უჯრები:

	ფერი	სიბილუ	რეაქციისუნარიანობა	წყალთან რეაქციის ტოლობა
ლითიუმი				
ნატრიუმი				
მაგნიუმი				
კალციუმი				

გაანალიზეთ ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები და ივარაუდეთ, როგორი ქიმიური აქტიურობა ექნება:

- კალიუმს, ლითიუმისა და ნატრიუმის თვისებების გათვალისწინებით?
 - ბარიუმს, მაგნიუმისა და კალციუმის თვისებების გათვალისწინებით?
 - ალუმინს, ნატრიუმისა და მაგნიუმის თვისებების გათვალისწინებით?
- დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრებები.



შემაჯამებელი სავარჯიშოები

- ელემენტთა რომელი მწკრივია დალაგებული ატომთა იონიზაციის ენერგიის ზრდის მიხედვით? პასუხი დაასაბუთეთ.
ა) F, Cl, Br; ბ) Na, Cl, Al; გ) Na, K, Cs; დ) As, Se, Br.
- ელემენტთა რომელი მწკრივია დალაგებული ატომური რადიუსის შემცირების მიხედვით? პასუხი დაასაბუთეთ.
ა) Al, Si, Mg; ბ) Cl, I, Br; გ) Sr, Sb, I; დ) P, Si, Na.
- არამეტალური თვისებები პერიოდულობის ცხრილში ძლიერდება:
ა) პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ და ჯგუფში ქვევიდან ზევით;
ბ) პერიოდში მარჯვნიდან მარცხნივ და ჯგუფში ქვევიდან ზევით;
გ) პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ და ჯგუფში ზევიდან ქვევით;
დ) პერიოდში მარჯვნიდან მარცხნივ და ჯგუფში ზევიდან ქვევით.
- მეტალური თვისებები პერიოდულობის ცხრილში:
ა) სუსტდება პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ და ძლიერდება ჯგუფში ზევიდან ქვევით;
ბ) ძლიერდება პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ და სუსტდება ჯგუფში ზევიდან ქვევით;
გ) სუსტდება პერიოდში მარჯვნიდან მარცხნივ და ძლიერდება ჯგუფში ქვევიდან ზევით;
დ) ძლიერდება პერიოდში მარჯვნიდან მარცხნივ და სუსტდება ჯგუფში ქვევიდან ზევით.
- მოცემულია პერიოდულობის ცხრილის ფრაგმენტი:

7 N აზოტი 14.00	8 O ჟანგბადი 15.99
15 P ფოსფორი 30.97	16 S ბოზირი 32.06

მოცემულთაგან რომელი ელემენტის ელექტროუარყოფითობაა ყველაზე მეტი?

ა) აზოტი; ბ) ჟანგბადი; გ) ფოსფორი; დ) გოგირდი.

- მოცემულია პერიოდულობის ცხრილის ფრაგმენტი:

6 C ნახშირბადი 12.01	7 N აზოტი 14.00
14 Si სილიციუმი 28.08	15 P ფოსფორი 30.97

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

მოცემულთაგან რომელი ელემენტის ელექტროუარყოფითობაა ყველაზე ნაკლები?

ა) ნახშირბადი; ბ) აზოტი; გ) სილიციუმი; დ) ფოსფორი.

7. დანერეთ იმ ელემენტის სიმბოლო, რომელიც:

ა) მდებარეობს მეორე პერიოდსა და მე-14 ჯგუფში;

ბ) მდებარეობს მესამე პერიოდსა და მე-15 ჯგუფში;

გ) პირველ პერიოდშია და კეთილშობილ აირს წარმოადგენს;

დ) მესამე პერიოდში მდებარე ტუტე მეტალია;

ე) რიგით მეცამეტეა;

ვ) მეხუთე პერიოდში მდებარე ჰალოგენია.

8. მოცემულ წყვილებში შეარჩიეთ უფრო დიდი ატომური რადიუსის მქონე ელემენტი.

ა) Na თუ Cl; ბ) Na თუ Rb; გ) Na თუ Mg; დ) Rb თუ I.

თითოეულ შემთხვევაში დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი.

9. წყვილებში შეარჩიეთ ელემენტი, რომლის ატომს იონიზაციის უფრო დიდი ენერგია აქვს:

ა) Br თუ I; ბ) Mg თუ Sr; გ) Si თუ P; დ) I თუ Xe.

თითოეულ შემთხვევაში დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი.

10. შეადარეთ ერთმანეთს ორი ელემენტი: ნატრიუმი და სილიციუმი. რომელ მათგანს აქვს უფრო დიდი რადიუსი? მეტად გამოხატული მეტალური თვისებები?

11. შეადარეთ ერთმანეთს ორი ელემენტი: სტრონციუმი და სტიბიუმი. რომელ მათგანს აქვს უფრო დიდი რადიუსი? მეტად გამოხატული მეტალური თვისებები?

12. ჩამოთვლილი ელემენტების – Na, Mg, Si, S, Cl და Ar – შესახებ უპასუხეთ კითხვებს:

ა) რომელ მათგანს აქვს უდიდესი ატომური რადიუსი?

ბ) რომელია მათ შორის ჰალოგენი?

გ) რომელ მათგანს აქვს ელექტრონების განაწილება ენერგეტიკულ შრეებზე: 2, 8, 4?

დ) რომელ მათგანს აქვს იონიზაციის უდიდესი ენერგია?

ე) რომელი მათგანია მე-16 ჯგუფის ელემენტი?

ვ) რომელია მათ შორის ყველაზე ძლიერი მეტალი?

ზ) რომელ მათგანს აქვს ორი სავალენტო ელექტრონი?

13. მოცემულია ელემენტთა ატომების ელექტრონული კონფიგურაციები:

I. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ II. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ III. $1s^2 2s^2 2p^6$

IV. $1s^2 2s^2 2p^4$ V. $1s^2 2s^2 2p^3$ VI. $1s^2 2s^2 2p^1$

უპასუხეთ კითხვებს:

ა) რომელი მათგანი წარმოქმნის უარყოფით იონს?

ბ) რომელი მათგანის იონიზაციის ენერგიაა ყველაზე დაბალი?

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

- გ) რომელს აქვს ყველაზე ძლიერად გამოსხატული მეტალური თვისებები?
 დ) რომელს აქვს ყველაზე მეტი გაუწყვილებელი ელექტრონი?
 ე) რომელი ელემენტი შეუერთდება ჟანგბადს 1:1 რაოდენობრივი თანაფარდობით?
 ვ) ივარაუდეთ II და V ელემენტთა ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის ფორმულა.
 ზ) ივარაუდეთ I და V ელემენტთა ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის ფორმულა.
 თ) დააღაგეთ ეს ელემენტები იონიზაციის ენერგიის ზრდის მიხედვით.

14. ცხრილში მოცემულია ნაწილაკებში პროტონების, ნეიტრონებისა და ელექტრონების რაოდენობა:

ელემენტი	პროტონი	ნეიტრონი	ელექტრონი
A	27	30	25
B	17	18	18
C	35	44	35
D	20	20	20
E	35	46	36

დაადგინეთ:

- ა) თითოეული ნაწილაკის სიმბოლო და ელექტრონული ფორმულა.
 ბ) რომელი მათგანია ატომი?
 გ) რომელი მათგანია კატიონი და რომელი ანიონი?
 დ) მოცემლის ელემენტებიდან, რომელთა შორის დამყარდება იონური ბმა?
 ე) რომელი ელემენტის/ელემენტების შესაბამისი მარტივი ნივთიერება იქნება გამტარი?
15. მოცემული მტკიცებულებებიდან რომელია მართებული? პასუხი დაასაბუთეთ.
- ა) გერმანიუმის ატომური რადიუსი ნაკლებია სილიციუმისაზე, მაგრამ სილიციუმის იონიზაციის ენერგია მეტია.
 ბ) სელენს აქვს მეტი იონიზაციის ენერგია და ელექტროუარყოფითობა, ვიდრე გოგირდს.
 გ) სტიბიუმის იონიზაციის ენერგია და ელექტროუარყოფითობა უფრო მეტია, ვიდრე კალისა.
 დ) Cl^- იონის რადიუსი მეტია ქლორის ატომურ რადიუსზე.
 ე) Se^{2-} იონის რადიუსი ნაკლებია სელენის ატომურ რადიუსზე.
16. X ელემენტის იონიზაციის ენერგიაა 736 კჯ/მოლი, Y ელემენტისა – 1000 კჯ/მოლი. აღნიშნეთ, რომელი მათგანი უფრო მეტად ავლენს მეტალურ თვისებებს?
17. X ელემენტის ატომური რადიუსია 0.136 ნმ, Y ელემენტისა – 0.104 ნმ. აღნიშნეთ, რომელი მათგანი უფრო მეტად ავლენს მეტალურ თვისებებს?
18. X ელემენტის ელექტროუარყოფითობაა 1.3, Y ელემენტისა – 2.6. აღნიშნეთ,

თავი 2. ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილი

რომელი მათგანი უფრო მეტად ავლენს მეტალურ თვისებებს?

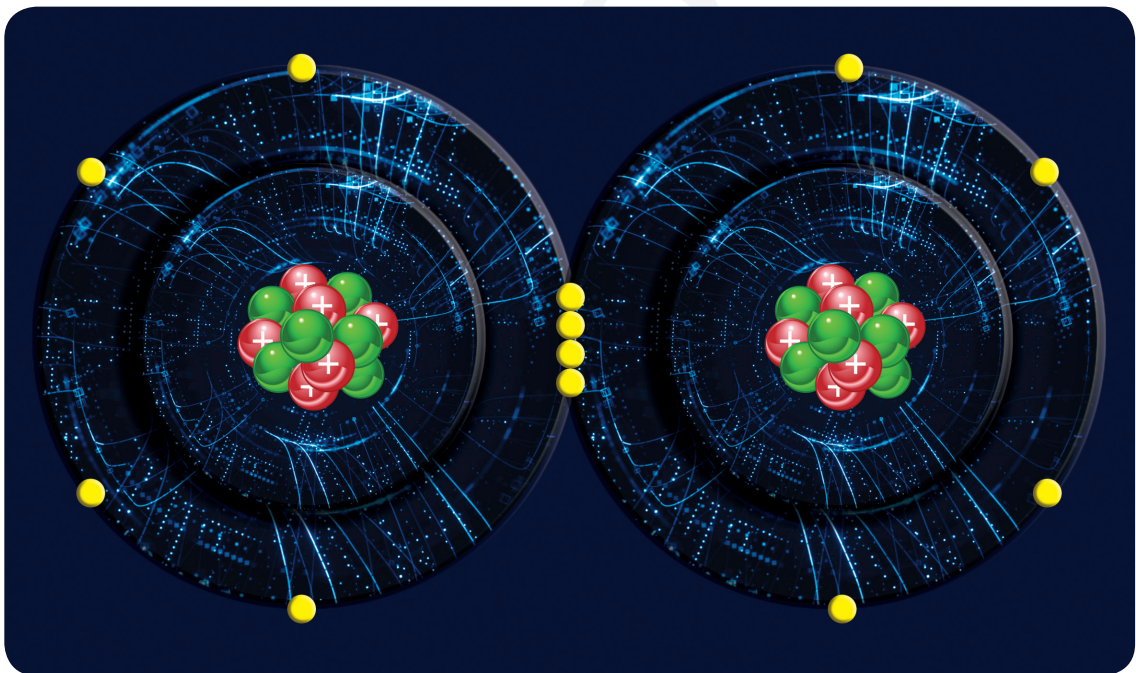
19. ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი ატომისა და იონის რადიუსები:

ელემენტი	ატომური რადიუსი (პმ)	იონური რადიუსი (პმ)
Na	186	98
Al	143	45
Cl	99	181
K	231	133

გაანალიზეთ მონაცემები და უპასუხეთ კითხვებს:

- ა) რატომაა ალუმინის ატომური რადიუსი უფრო ნაკლები, ვიდრე კალიუმისა?
- ბ) რატომ არის ალუმინის იონური რადიუსი უფრო მცირე, ვიდრე მისივე ატომისა; ხოლო ქლორის იონური რადიუსი მეტი, ვიდრე ქლორის ატომისა?
- გ) რატომაა კალიუმის იონური რადიუსი უფრო ნაკლები, ვიდრე ქლორისა?

თავი 3. ქიმიური ბმა



ქიმიური ბმის ტიპები

როგორც ჩვენთვის უკვე ცნობილია, ჰაერში არსებული მარტივი ნივთიერებებიდან – აზოტი, ჟანგბადი და წყალბადი ორატომიანი მოლეკულებია, ხოლო კეთილშობილი აირები ერთატომიანია. რა არის ამის მიზეზი?

ელემენტთა უმეტესობა, გარდა კეთილშობილი აირებისა, ბუნებაში ნაერთების სახით გვხვდება. კეთილშობილი აირების ქიმიური სტაბილურობა კი განპირობებულია მათი ელექტრონული კონფიგურაციით – გარე შრეზე 8 სავალენტო ელექტრონის არსებობით (გარდა ჰელიუმისა, რომელსაც გარე შრეზე 2 ელექტრონი აქვს). 8-ელექტრონიან გარე შრეს **დასრულებული შრე** ეწოდება.

ატომის გარე შრის კონფიგურაციის გამოსახვისათვის იყენებენ ლუისის ელექტრონულ ფორმულებს, სადაც სავალენტო ელექტრონები გამოსახულია წერტილების საშუალებით (ნახ. 3.1).

H•							He:
Li•	Be•	•B•	•C•	•N•	•O•	•F•	•Ne•
Na•	Mg•	•Al•	•Si•	•P•	•S•	•Cl•	•Ar•
K•	Ca•						

ნახ. 3.1. პირველი ოცი ელემენტის ლუისის ელექტრონული ფორმულა.

ატომის გარე შრეზე ელექტრონების რაოდენობა თუ მაქსიმალურზე ნაკლებია, ასეთ შრეს დაუსრულებელი შრე ეწოდება. ყოველი ატომი, რომელსაც დაუსრულებელი გარე შრე აქვს, მიისწრაფის გარე შრის დასრულების – მდგრადი ელექტრონული, 8-ელექტრონიანი შრის წარმოქმნისაკენ (გარდა წყალბადატომისა, რომელიც ცდილობს 2-ელექტრონიანი შრე წარმოქმნას). დასრულებულ, 8-ელექტრონიან შრეს **ოქტეტი** ეწოდება. გარე შრეს, რომელზეც სავალენტო ელექტრონებია მოთავსებული, **სავალენტო შრე** ეწოდება.

გარე შრის დასრულების ორი პრინციპული გზა არსებობს:

- 1) გარე შრის ელექტრონების გადატანა ერთი ელემენტის ატომიდან მეორეზე;
- 2) საზიარო ელექტრონული წყვილების წარმოქმნა ორ ატომს შორის.

პირველი გზა განპირობებს იონური ბმის დამყარებას, მეორე კი – კოვალენტურის.

3.2

იონური ბმა

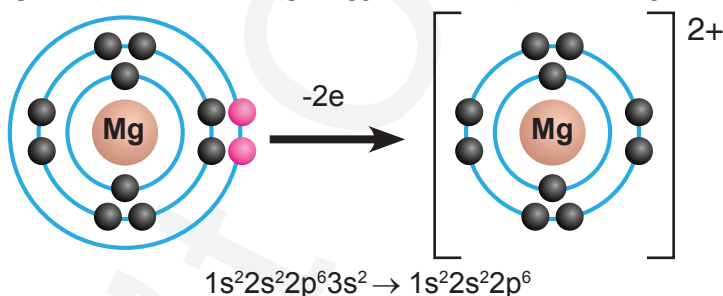
იონური ბმა წარმოიქმნება ურთიერთსაწინააღმდეგო მუხტის მქონე იონებს შორის ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალების მეშვეობით.

იონური ბმა მყარდება ძირითადად მეტალისა და არამეტალის ატომებს შორის. მეტალის ატომები გადასცემს გარე შრის ელექტრონებს არამეტალის ატომებს, რის შედეგადაც მეტალის ატომს რჩება მის წინ მდებარე კეთილშობილი აირის მდგრადი ელექტრონული ოქტეტი, ხოლო არამეტალის ატომი იძენს მომდევნო კეთილშობილი აირის მდგრად ელექტრონულ ოქტეტს.

მაგალითისათვის, განვიხილოთ მაგნიუმის ოქსიდის წარმოქმნა. მაგნიუმი არის მეტალი, რომელსაც გარე შრეზე ორი „ზედმეტი“ ელექტრონი აქვს და იმისათვის, რომ დასრულებული შრე ჰქონდეს, გასცემს ამ ორ ელექტრონს და წარმოქმნის კატიონს მუხტით +2:



ამ დროს მაგნიუმი იღებს ისეთსავე ელექტრონულ კონფიგურაციას, როგორიც აქვს პერიოდულობის ცხრილში მის წინ მდგომ კეთილშობილ აირს – ნეონს (ნახ. 3.2):

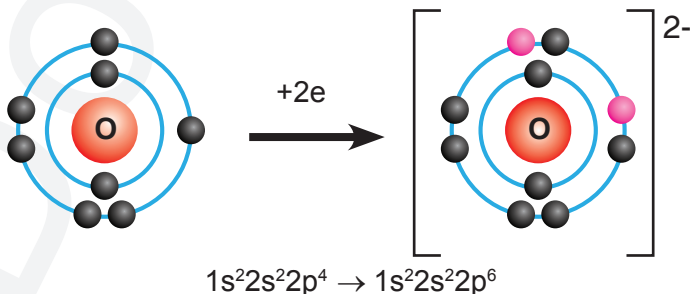


ნახ. 3.2. მაგნიუმის იონის წარმოქმნის სქემა.

ჟანგბადს გარე შრეზე აქვს ექვსი ელექტრონი, სტაბილური ელექტრონული შრის მისაღებად ჟანგბადი იძენს ორ ელექტრონს და მიიღება ჟანგბადის ანიონი მუხტით -2:



ამ დროს ჟანგბადი იღებს ისეთსავე ელექტრონულ კონფიგურაციას, როგორც აქვს პერიოდულობის ცხრილში მის შემდგომ მდგომ კეთილშობილ აირს – ნეონს (ნახ. 3.3):

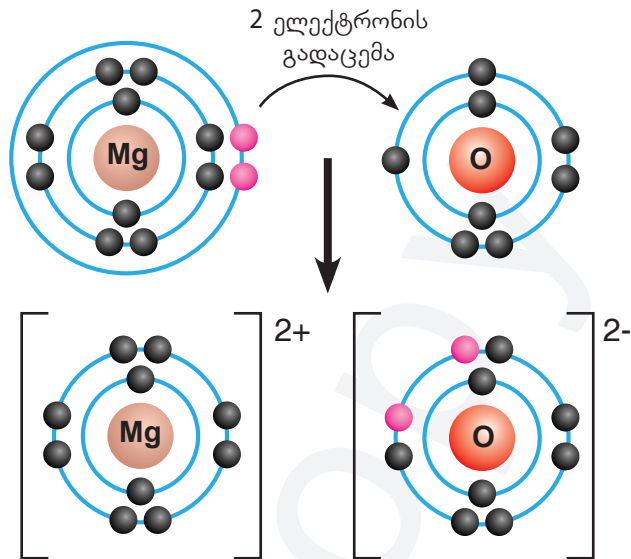


ნახ. 3.3. ჟანგბადის იონის წარმოქმნის სქემა.

როგორც ვხედავთ, მაგნიუმის იონს, ჟანგბადის იონსა და ნეონის ატომს ერთნაირი ელექტრონული კონფიგურაცია აქვს ანუ ისინი იზოლექტრონული ნაწილაკებია.

სხვადასხვა ნიშნით დამუხტული იონები ერთმანეთს ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალებით იზიდავს და იონურ ნაერთს წარმოქმნის. ჩვენ მიერ განხილულ შემთხვევაში ასეთი ნაერთია მაგნიუმის ოქსიდი – MgO (ნახ. 3.4).

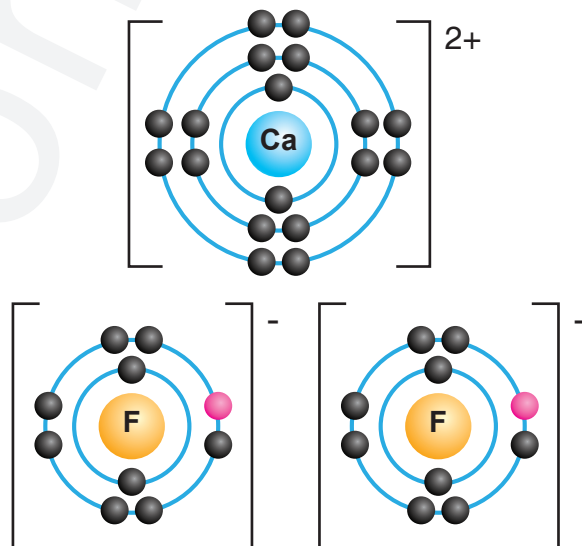
თავი 3. ქიმიური ბმა



ნახ. 3.4. მაგნიუმის ოქსიდის წარმოქმნის სქემა.

იონური ნაერთის წარმოქმნის დროს ელექტრონები გადადის ერთი ელემენტის ატომიდან მეორეზე, რის შედეგადაც წარმოიქმნება დადებითი და უარყოფითი იონები, შესაბამისად, გაცემული ელექტრონების საერთო რაოდენობა მიერთებული ელექტრონების საერთო რაოდენობის ტოლი უნდა იყოს.

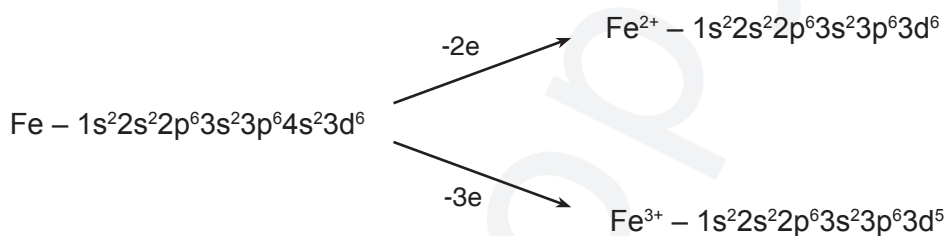
მაგალითისათვის განვიხილოთ კალციუმის ფთორიდის წარმოქმნა. ამ დროს კალციუმის მიერ გაცემულ ორ ელექტრონს მიიერთებს ფთორის ორი ატომი. კალციუმი მდებარეობს მე-2 ჯგუფში, გარე შრეზე აქვს ორი ელექტრონი. შრის დასრულებისათვის ის 2 ელექტრონს გასცემს და, შესაბამისად, $+2$ მუხტის მქონე იონს წარმოქმნის. ფთორი მდებარეობს მე-17 ჯგუფში, გარე შრეზე აქვს 7 ელექტრონი და შრის დასასრულებლად ერთ ელექტრონს იერთებს. ამრიგად, კალციუმის ფთორიდის წარმოქმნისას კალციუმის ერთი ატომის მიერ მიერ გაცემულ ორ ელექტრონს ფთორის ორი ატომი იერთებს (ნახ. 3.5).



ნახ. 3.5. კალციუმის ფთორიდის წარმოქმნის სქემა.

თავი 3. ქიმიური ბმა

გარე შრის შევსების წესი, ძირითადად, სამართლიანია პერიოდულობის ცხრილის პირველი 20 ელემენტისთვის და განსხვავებულია გარდამავალი მეტალებისთვის, რადგან მათ შეუძლია ერთზე მეტი იონის წარმოქმნა. ეს განპირობებულია იმით, რომ ეს მეტალები ელექტრონებს გასცემს არა მხოლოდ გარე (s და p), არამედ გარეს წინა (d) ქვედონიდან. მაგალითად, Fe^{2+} იონის წარმოქმნისას რკინის ატომი გარე შრიდან, 4s ორბიტალიდან, გასცემს 2 ელექტრონს. Fe^{3+} -ის შემთხვევაში ატომი გასცემს 2 ელექტრონს 4s ორბიტალიდან, მესამეს კი – 3d ორბიტალიდან:



კითხვები და დავალებები:

- ნახ. 3.4 და 3.5 მსგავსად წარმოადგინეთ შემდეგი ნაერთების წარმოქმნის სქემები:
ა) Na_2S ბ) Li_2O გ) Al_2O_3 დ) Mg_3N_2
- როგორ იცვლება ელექტრონული კონფიგურაცია შემდეგი გარდაქმნების მიმდინარეობისას?
ა) $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+$ ბ) $\text{Br} \rightarrow \text{Br}^-$ გ) $\text{P}^{5+} \rightarrow \text{P}$
დ) $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+}$ ე) $\text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{Zn}$ ვ) $\text{N}^{3-} \rightarrow \text{N}$
- რამდენი ელექტრონის მიერთება ან გაცემა სჭირდება მოცემულ ელემენტთა ატომებს, რომ უახლოესი კეთილშობილი აირის მსგავსი ელექტრონული კონფიგურაცია მიიღოს?
ა) Li; ბ) Ca; გ) Cs; დ) Ba; ე) Al.
ვ) Cl; ზ) Se; თ) N; ი) I; კ) S.

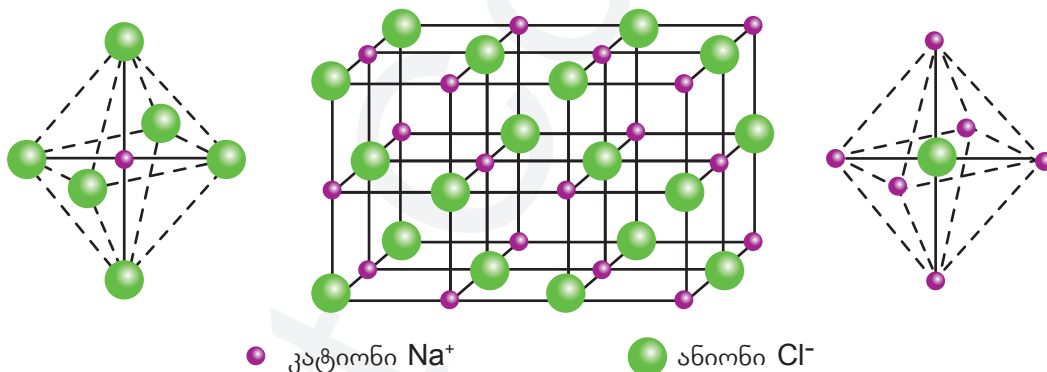
3.3

იონურ ნაერთთა თვისებები

სუფრის მარილი (NaCl) ჩვენი ყოველდღიური რაციონის განუყოფელი ნაწილია. მყარ ნატრიუმის ქლორიდს ლღობის მაღალი ტემპერატურა აქვს, რაც დაკავშირებულია მასში იონური ბმის არსებობასთან.

იონის ელექტროსტატიკური ველი სივრცეში ყველა მიმართულებით თანაბრად ვრცელდება, ამიტომ ერთი იონი ყველა მის გარშემო განლაგებულ საპირისპირო მუხტის მქონე იონებს იზიდავს. მაგალითად, NaCl -ის კრისტალურ მესერში ნატრიუმის კატიონის (Na^+) გარშემო ქლორის ექვსი ანიონია (Cl^-) და პირიქით.

კრისტალურ მესერში ერთი იონის გარშემო განლაგებული საპირისპირო იონების რიცხვს კოორდინაციული რიცხვი (კრ) ეწოდება. **კოორდინაციული რიცხვი** დამოკიდებულია იონების ზომებზე და იგი მერყეობს 2-დან 12-მდე. NaCl -ის კრისტალურ მესერში ნატრიუმისა და ქლორის იონების კოორდინაციული რიცხვია 6 (ნახ. 3.6).



ნახ. 3.6. ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალური მესერი.

იონური ნაერთების (ფუძე ოქსიდების, ჰიდროქსიდებისა და მარილების) კრისტალში ყველა კატიონი და ანიონი ერთმანეთთანაა დაკავშირებული, ხოლო ცალკეულ წყვილებს შორის უშუალო, განცალკევებული ქიმიური ბმა არ არსებობს. ამის გამო, იონურ კრისტალში ცალკეული მოლეკულები არ გვხვდება. NaCl -ის მთელი კრისტალი გიგანტურ მოლეკულას წარმოადგენს, რომლის შედგენილობაა Na_nCl_n . იონური ნაერთის უმარტივეს ფორმულას ადგენენ კატიონებსა და ანიონებს შორის თანაფარდობით. მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდის პირობით მოლეკულას ჩაწერენ ასე: NaCl , რაც ნაერთის უმარტივეს შედგენილობას გამოსახავს.

დამუხტულ ნაწილაკებს შორის მიზიდულობა მათ შორის მანძილსა და მუხტის სიდიდეზეა დამოკიდებული. მიზიდულობის ძალა განისაზღვრება **კულონის კანონით**, რომლის მიხედვითაც ძალა პირდაპირპროპორციულია მუხტების (q) ნამრავლისა და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის (r) კვადრატისა:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

იონური ნაერთები, ჩვეულებრივ, ლღობისა და დუღილის მაღალი ტემპერატურებით გამოირჩევა. ისინი ოთახის ტემპერატურაზე მყარი ნივთიერებებია. მაგალითად, ნატრიუმის ქლორიდის ლღობისა და დუღილის ტემპერატურებია, შესაბამისად, 801°C და

თავი 3. ქიმიური ბმა

1465 °C, ხოლო მაგნიუმის ოქსიდისა – 2852 °C და 3600 °C. ასეთი მაღალი ლღობისა და დუღილის ტემპერატურები განპირობებულია სხვადასხვა ნიშნით დამუხტულ იონებს შორის ძლიერი ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალებით. შესაბამისად, ამ ძალების დაძლევისა და მთელი კრისტალური მესრის დაშლას დიდი ენერგია ესაჭიროება.

მაგნიუმის ოქსიდს აქვს ბევრად მაღალი ლღობის ტემპერატურა, ვიდრე ნატრიუმის ქლორიდს, რადგან ელექტროსტატიკური მიზიდულობა მაგნიუმის ოქსიდში არსებული +2 და -2 ნიშნით დამუხტულ იონებს შორის ბევრად მეტია, ვიდრე ნატრიუმის ქლორიდში არსებულ +1 და -1 იონებს შორის. გარდა ამისა, Mg^{2+} და O^{2-} იონთა ზომები ნაკლებია Na^+ და Cl^- იონთა ზომებზე, ამიტომ მაგნიუმსა და ჟანგბადს შორის ბმა უფრო მტკიცეა, ვიდრე ნატრიუმსა და ქლორს შორის. შესაბამისად, მაგნიუმის ოქსიდში იონებს შორის არსებული ძალების დასაძლევად ბევრად მეტი ენერგიაა საჭირო.

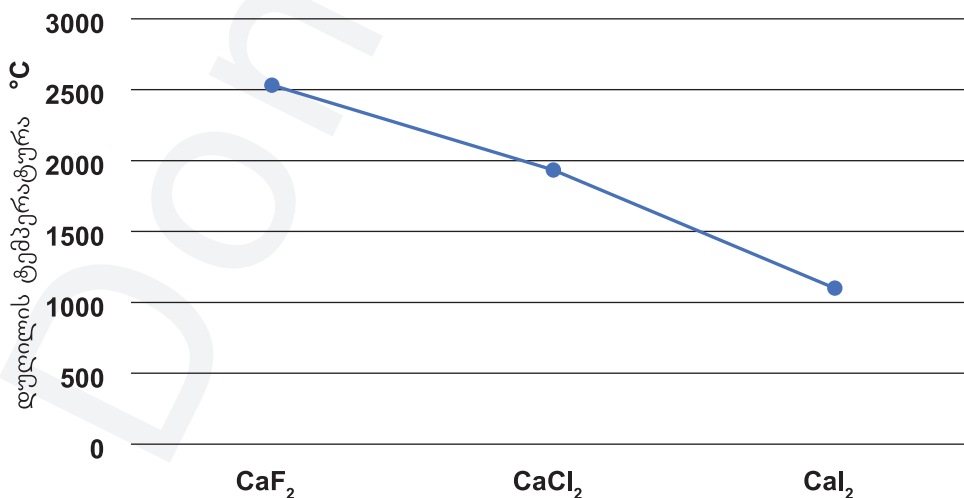
მიუხედავად იმისა, რომ იონური ნაერთები დამუხტულ ნაწილაკებს შეიცავს, ისინი მყარ მდგომარეობაში დენს არ ატარებს. ამ მდგომარეობაში იონები მტკიცედ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული და არ გადაადგილდება, მხოლოდ ირხევა. გაღობისას იონები თავისუფლად გადაადგილდება და, შესაბამისად, თხევად მდგომარეობაში იონური ნაერთი დენს ატარებს.

იონური ნაერთების უმეტესობა წყალში კარგად ხსნადია. წყალში გახსნისას იონებსა და წყლის მოლეკულებს შორის მიზიდულობის ძალების არსებობის გამო, იონური ნაერთი იონებად იშლება, რის შედეგადაც მიღებული წყალხსნარი დენს ატარებს. ამ საკითხს უკვე გავეცანით მეცხრე კლასში.



კითხვები და დავალებები:

გრაფიკზე წარმოდგენილია კალციუმის ჰალოგენებთან ნაერთების დუღილის ტემპერატურები.



კულონის კანონის დახმარებით ახსენით, რა იწვევს მოცემული ნაერთების დუღილის ტემპერატურებს შორის განსხვავებას.

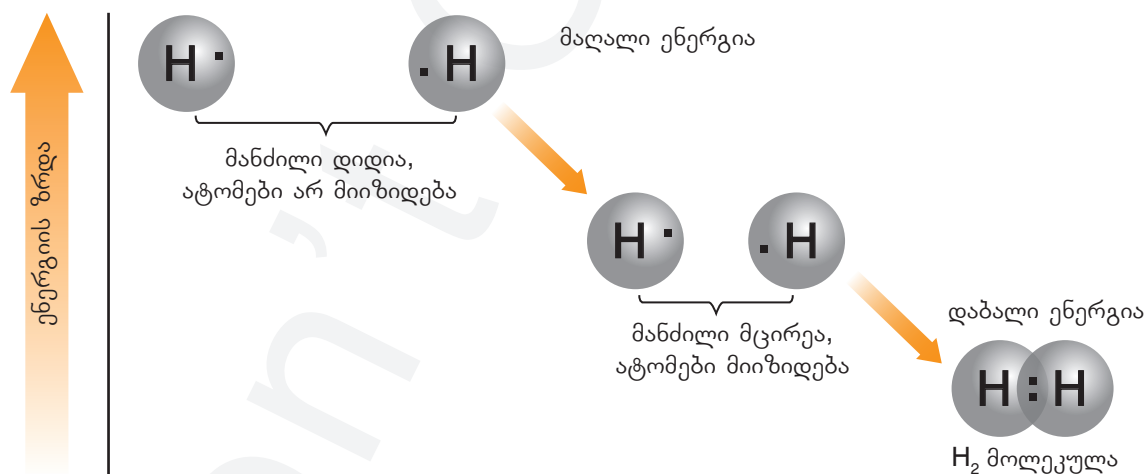
3.4

კოვალენტური ბმა

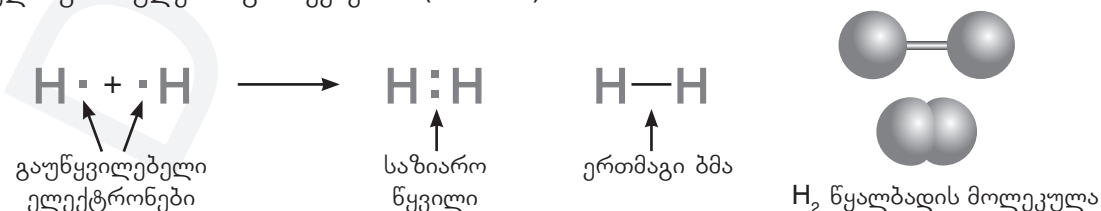
კოვალენტური ბმა მყარდება, როდესაც ატომები ერთმანეთს უზიარებს ელექტრონებს.

ატომები იძენს სტაბილურობას (მდგრადობას), როდესაც ერთმანეთთან აწყვილებს ელექტრონებს და წარმოქმნის კოვალენტურ ბმას. კოვალენტური ბმის წარმოქმნის პროცესის განმარტებულია ატომების სწრაფვა, შექმნას კეთილშობილი აირების გარე შრის მსგავსი კონფიგურაცია, რომელსაც მინიმალური პოტენციური ენერგია და, შესაბამისად, მაქსიმალური სტაბილურობა აქვს.

განვიხილოთ კოვალენტური ბმის წარმოქმნა წყალბადის ატომებს შორის. წყალბადის თითოეულ ატომს ერთი ელექტრონი აქვს. როდესაც წყალბადის ორი ატომი ერთმანეთს მიუახლოვდება, თითოეული ატომის დადებითად დამუხტული ბირთვი მეორე ატომის უარყოფითად დამუხტულ ელექტრონს იზიდავს. ეს მიზიდულობის ძალა უფრო მეტია, ვიდრე ელექტრონებს შორის განზიდვა, რაც წყალბადის ატომებს ერთმანეთთან ისეთ მანძილზე აახლოებს, რომ მათი ორბიტალები გადაიფარება და წარმოიქმნება საზიარო ელექტრონული წყვილი. ამის შედეგად მყარდება კოვალენტური ბმა, რომელშიც გაზიარებული ელექტრონებით წყალბადის თითოეული ატომი ჰელიუმის ატომის მსგავს სტაბილურ ელექტრონულ შრეს ($1s^2$) იღებს (ნახ. 3.7).



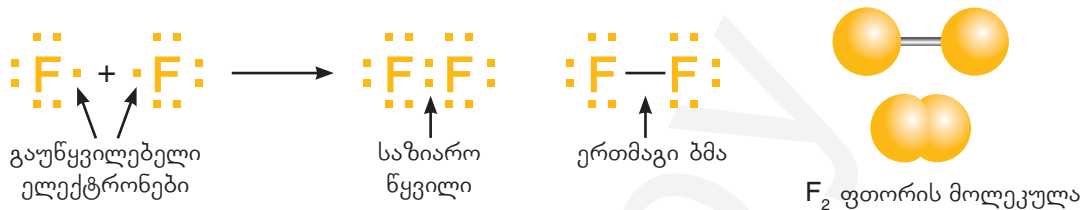
წყალბადის მოლეკულის წარმოქმნა ასევე შეიძლება გამოვსახოთ ლუისის ელექტრონული ფორმულების გამოყენებით (ნახ. 3.8):



ფთორის მოლეკულის წარმოქმნას თუ განვიხილავთ, აქ ფთორის ატომთა სავალენტო შრეზე 7-7 ელექტრონია და მდგრადი ელექტრონული ოქტეტის მისაღებად თითოეულ ატომს ერთი ელექტრონი აკლია. ამიტომ ფთორის ატომები ერთმანეთს თითო ელექტრონით

თავი 3. ქიმიური ბმა

ექტრონს გაუზიარებს. წარმოქმნილი საზიარო ელექტრონული წყვილის ჩათვლით ყოველი ატომის გარშემო მიიღება 8 ელექტრონიანი შრე – ელექტრონული ოქტეტი, ანუ კეთილშობილი აირის კონფიგურაცია (ნახ. 3.9).



ნახ. 3.9. ფთორის მოლეკულის წარმოქმნა.

ანალოგიურად, ერთი საზიარო წყვილის წარმოქმნით მიიღება სხვა ჰალოგენთა მოლეკულებიც.

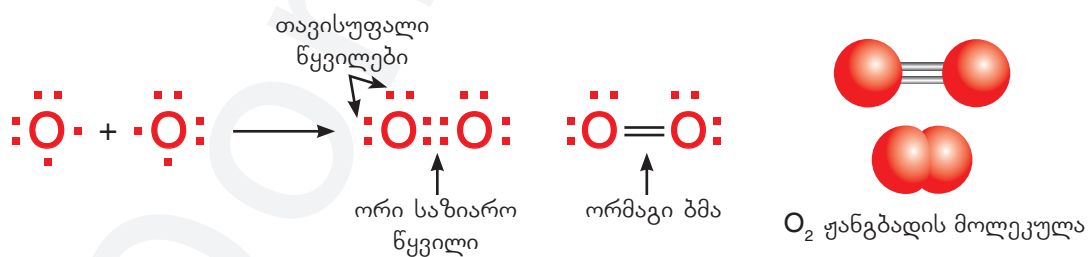
რაც შეეხება კეთილშობილ აირებს, მათი გარე შრე დასრულებულია, ამიტომ ამ ელემენტთა ატომები ქიმიურ ბმას არ ამყარებს. შესაბამისად, კეთილშობილი აირები, სხვა მარტივი აირადი ნივთიერებებისგან განსხვავებით, არსებობს ერთატომიანი მოლეკულების სახით.

3.4.1. ორმაგი და სამმაგი ბმები

ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლებელია ორ ატომს შორის ელექტრონთა ორი წყვილი (4 ელექტრონი) ან სამი წყვილი (6 ელექტრონი) გაზიარდეს, რის შედეგადაც, შესაბამისად, ორმაგი ან სამმაგი ბმა წარმოიქმნება.

განვიხილოთ, კოვალენტური ბმის წარმოქმნა ჟანგბადის მოლეკულაში O_2 .

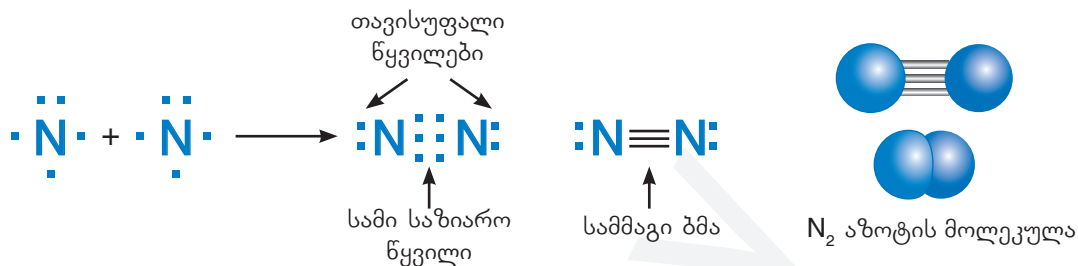
ჟანგბადის თითოეულ ატომს აქვს 6 სავალენტო ელექტრონი, ამიტომ შრის დასასრულებლად სჭირდება ორი ელექტრონი. ჟანგბადის ორი ატომი უზიარებს ერთმანეთს ორ-ორ ელექტრონს, რის შედეგადაც მათ ექნებათ საერთო ორი წყვილი ანუ ოთხი ელექტრონი (ნახ. 3.10).



ნახ. 3.10. ჟანგბადის მოლეკულის წარმოქმნა.

აზოტის ატომის სავალენტო შრეზე 5 ელექტრონია და ელექტრონული ოქტეტის მისაღებად აზოტის თითოეული ატომი ერთმანეთს უზიარებს სამ-სამ ელექტრონს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სამი საზიარო ელექტრონული წყვილი, თითოეულ ატომს კი ექნება 8 ელექტრონი (ნახ. 3.11).

თავი 3. ქიმიური ბმა



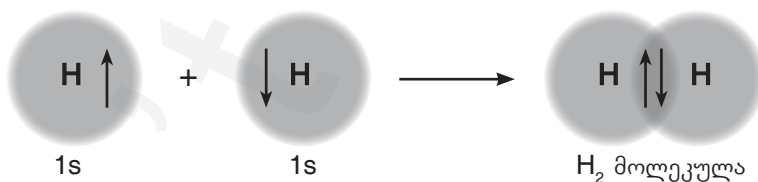
ნახ. 3.11. აზოტის მოლეკულის წარმოქმნა.

3.4.2. σ და π ბმები

განვიხილოთ, როგორ წარმოიქმნება საზიარო ელექტრონული წყვილები. ატომის ელექტრონული აღნაგობის გაცნობისას ვნახეთ, რომ ატომში ელექტრონები ორბიტალებზე მოძრაობს. საზიარო წყვილის წარმოქმნა ამ ორბიტალების გადაფარვით ხდება. რადგან ორბიტალებს განსხვავებული ფორმა და სივრცული ორიენტაცია აქვს, შესაბამისად, გადაფარვაც შეიძლება სხვადასხვანაირად განხორციელდეს: ატომბირთვების შემაერთებული პირობითი (წარმოსახვითი) ღერძის გასწვრივ, რასაც σ (სიგმა) ანუ **მარტივი ბმა** ეწოდება და ამ ღერძის ორივე მხარეს, p ღრუბლების გვერდითი გადაფარვით, რასაც π (პი)-**ბმა** ეწოდება.

განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი:

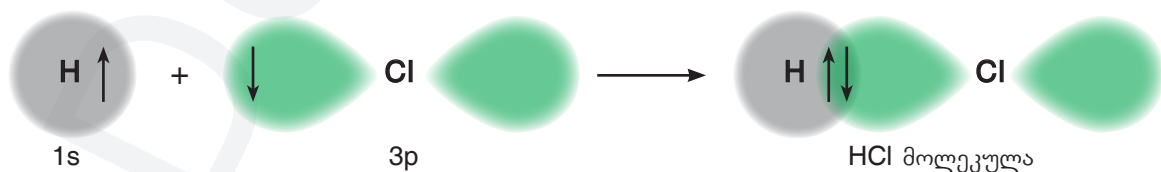
წყალბადის მოლეკულაში თითოეული ატომის ერთი ელექტრონი მოძრაობს სფეროს ფორმის s ორბიტალზე, შესაბამისად, საზიარო წყვილის წარმოქმნისას გადაიფარება ორი s ორბიტალი, რის შედეგადაც მიიღება კოვალენტური ბმა (ნახ. 3.12).



ნახ. 3.12. σ -ბმა წყალბადის მოლეკულაში.

ორბიტალები გადაიფარება ბირთვების შემაერთებული ხაზის გასწვრივ, ამიტომ ამ ტიპის გადაფარვის შედეგად σ -ბმა მიიღება.

სფერულ და ჰანტელისებურ (s და p) ორბიტალებზე მოძრავი ელექტრონების ურთიერთგადაფარვით, მაგალითად HCl -ის მოლეკულის წარმოქმნის დროს, ასევე σ -ბმა წარმოიქმნება (ნახ. 3.13).

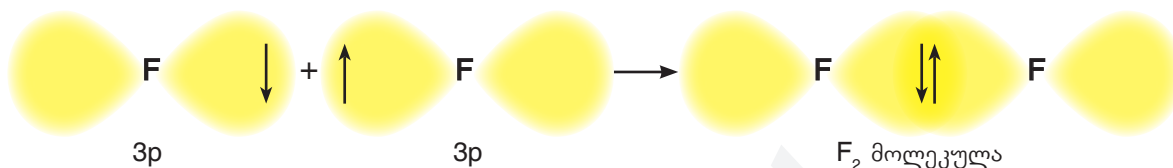


ნახ. 3.13. σ -ბმა ქლორწყალბადის მოლეკულაში.

p ორბიტალებზე მოძრავი ელექტრონებით კოვალენტური ბმა წარმოიქმნება ორი სხვადასხვა გზით – ღერძის გასწვრივ ან გვერდითი გადაფარვით:

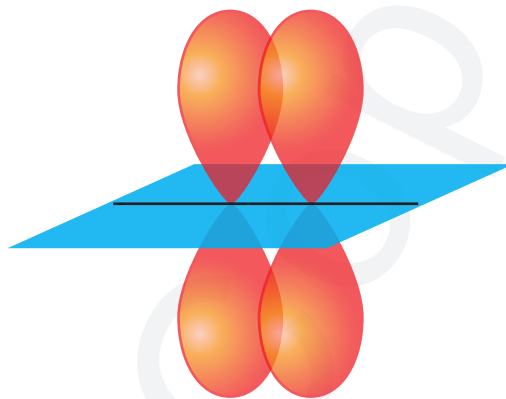
როცა ერთმაგი ბმა წარმოიქმნება p ორბიტალების გადაფარვის შედეგად (მაგალითად, ჰალოგენებში), მაშინ გადაფარვა არის მხოლოდ ღერძის გასწვრივ და მიიღება σ -ბმა (ნახ. 3.14).

თავი 3. ქიმიური ბმა



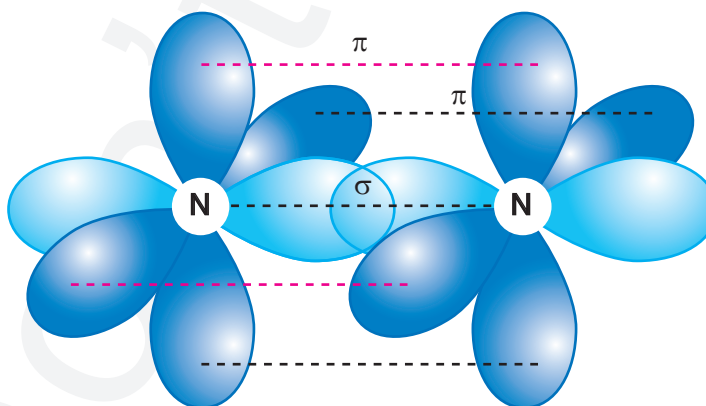
ნახ. 3.14. σ -ბმა ფთორის მოლეკულაში.

ხოლო p ორბიტალების გვერდითი გადაფარვის შედეგად მიიღება π -ბმა (ნახ. 3.15).



ნახ. 3.15. π -ბმა.

ამის მაგალითია აზოტის მოლეკულა. სამი ბმიდან ერთი წარმოქმნილია ორბიტალების ღერძის გასწვრივ გადაფარვით (σ -ბმა), ხოლო ორი ბმა – p ორბიტალების გვერდითი გადაფარვით (π -ბმები) (ნახ. 3.16).



ნახ. 3.16. σ - და π -ბმები აზოტის მოლეკულაში.



კითხვები და დავალებები:

1. პარაგრაფში მოცემული მაგალითის (ნახ. 3.9) მიხედვით, შეადგინეთ ბრომის მოლეკულის წარმოქმნის სქემა. მიუთითეთ ბმის წარმოქმნელი და თავისუფალი ელექტრონები.
2. რამდენი σ და π ბმაა შემდეგ მოლეკულებში:
 ა) O_2 ბ) H_2 გ) H_2O დ) CO_2 ე) B_2O_3 ვ) H_2SO_4

3.5

კოვალენტური ბმის ტიპები და მოლეკულის ფორმები

3.5.1. კოვალენტური ბმის პოლარობა

როგორც ჩვენთვის უკვე ცნობილია, ელექტროუარყოფითობა არის ელემენტის უნარი, მიიზიდოს ბმის წარმომქმნელი საზიარო ელექტრონები. შესაბამისად, კოვალენტური ბმაში მონაწილე ატომებს შორის ელექტრონული წყვილი შეიძლება სხვადასხვანაირად გადანაწილდეს.

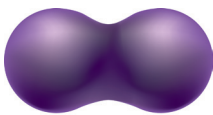
შევადროთ ბმები წყალბადისა და ქლორწყალბადის მოლეკულაში:

წყალბადის მოლეკულაში ორივე ატომის ელექტროუარყოფითობა ერთნაირია, ამიტომ ისინი თანაბრად იზიდავს საზიარო ელექტრონულ წყვილს. ამ შემთხვევაში წარმოქმნილ კოვალენტურ ბმას **არაპოლარულ-კოვალენტურ ბმას** უწოდებენ.

ქლორწყალბადის მოლეკულაში კოვალენტური ბმის საზიარო ელექტრონული წყვილი არათანაბრადაა განაწილებული ბმის წარმომქმნელ ატომთა შორის, ანუ ბმა **პოლარიზებულია** – ელექტრონული წყვილი გადაწეულია უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტის, ქლორის, მხარეს. ასეთ ბმას **პოლარულ-კოვალენტური ბმა** ეწოდება. რაც უფრო დიდი სხვაობაა (ΔX) ელემენტების ელექტროუარყოფითობებს შორის, მით მეტია ბმის პოლარიზაცია. უნდა აღინიშნოს, რომ პოლარიზაციის დროს მუხტის სიდიდე ვერ იქნება მთელი რიცხვი, რადგან ელექტრონები საზიაროა და, იონურისაგან განსხვავებით, არ არის გადასული ერთი ატომიდან მეორეზე. ამიტომ თვლიან, რომ პოლარულ-კოვალენტურ ბმაში მონაწილე უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტის ატომი იმუხტება ნაწილობრივ უარყოფითად (აღინიშნება, როგორც δ^-), ხოლო ნაკლებად ელექტროუარყოფითი ელემენტის ატომი – ნაწილობრივ დადებითად (δ^+).

კოვალენტური ბმის პოლარობას ბმის წარმომქმნელ ელემენტთა ელექტროუარყოფითობებს შორის სხვაობით (ΔX) აფასებენ. (ცხრილი 3.1). კერძოდ, მიიჩნევენ, რომ კოვალენტური ბმა არაპოლარულ-კოვალენტურია, როცა ΔX -ის მნიშვნელობა 0-დან 0.4-მდეა. როცა ΔX 0.5-დან 1.8-მდე შუალედშია, მაშინ ბმა პოლარულ-კოვალენტურად ითვლება, ხოლო თუ $\Delta X > 1.8$ -ზე, მაშინ ბმა იონურია.

ცხრილი 3.1. ელექტროუარყოფითობა და ბმის პოლარობა.

სხვაობა ატომთა ელექტროუარყოფითობებს შორის	0 0.4 1.8 3.3		
საზიარო ელექტრონების განაწილება ატომთა შორის	თანაბარია 	არათანაბარია, გადახრილია უფრო ელექტროუარყოფითი ატომისაკენ 	არათანაბარია, მთლიანად გადასულია უფრო ელექტროუარყოფით ატომზე 
ბმის ტიპი	არაპოლარულ-კოვალენტური	პოლარულ-კოვალენტური	იონური

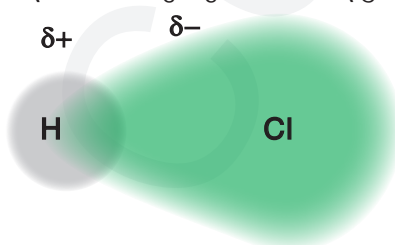
3.5.2. მოლეკულის პოლარობა

კოვალენტური ბმა შეიძლება იყოს პოლარული ან არაპოლარული, შესაბამისად, მოლეკულაც შეიძლება იყოს პოლარული ან არაპოლარული, რაც დამოკიდებულია მასში არსებული ბმების პოლარობასა და მოლეკულის ფორმაზე. მოლეკულის პოლარული ან არაპოლარული ბუნება განსაზღვრავს შემდგომში ნივთიერების თვისებებს.

პოლარულ-კოვალენტური ბმის შემცველ მოლეკულებში საზიარო ელექტრონული წყვილი გადანეულია მეტად ელექტროუარყოფითი ელემენტისკენ, ამიტომ მასზე ჩნდება ნაწილობრივ უარყოფითი მუხტი (δ^-), ხოლო ნაკლებ ელექტროუარყოფითზე – ნაწილობრივ დადებითი მუხტი (δ^+).

განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი:

ქლორწყალბადის მოლეკულაში საზიარო ელექტრონული წყვილი გადანეულია ქლორისკენ, რადგან $X(H)=2.1$, ხოლო $X(Cl)=3.0$. ამიტომ, წყალბადი იმუხტება ნაწილობრივ დადებითად ($H^{\delta+}$), ხოლო ქლორი – ნაწილობრივ უარყოფითად ($Cl^{\delta-}$). საზიარო წყვილის გადანევის გამო, დადებითი და უარყოფითი მუხტების ცენტრები ერთმანეთს დაშორდება გარკვეული მანძილით და წარმოიქმნება ორპოლუსიანი მოლეკულა (ნახ. 3.17).



ნახ. 3.17. ქლორწყალბადის მოლეკულა პოლარულია.

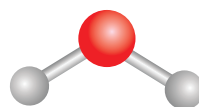
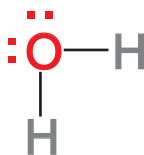
ბინარული ნაერთის შემთხვევაში ორპოლუსიან მოლეკულას ასე მარტივად გამოსახავენ:



მას დიპოლი ეწოდება.

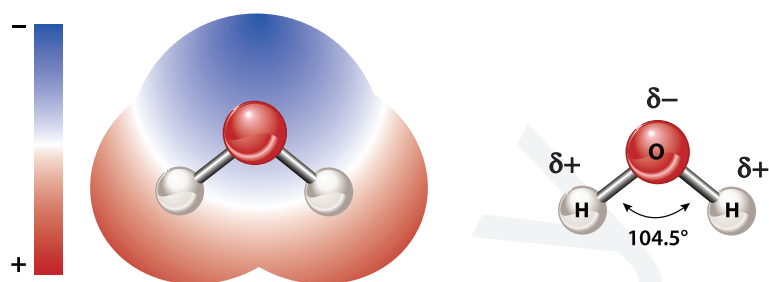
განვიხილოთ წყლის მოლეკულა:

წყლის მოლეკულაში ჟანგბადის ატომს აქვს ექვსი სავალენტო ელექტრონი (ორი ელექტრონული წყვილი და ორი გაუწყვილებელი). გარე შრის დასასრულებლად კი სჭირდება ორი ელექტრონი, რომელსაც გაუზიარებს წყალბადის თითოეული ატომი. შედეგად ჟანგბადს შეუძლია წარმოქმნას ორი კოვალენტური ბმა, ანუ წყლის მოლეკულაში ჟანგბადი ორვალენტიანია. ჟანგბადის ცენტრალურ ატომს რჩება ორი თავისუფალი ელექტრონული წყვილი, რაც განაპირობებს წყლის მოლეკულის კუთხოვან აღნაგობას (ნახ. 3.18).



ნახ. 3.18. წყლის მოლეკულის აღნაგობა.

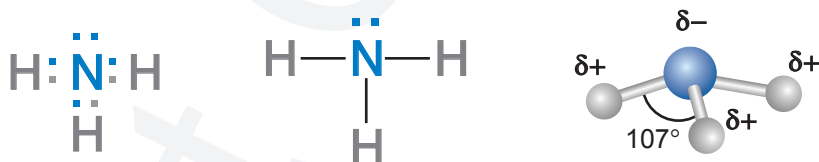
წყალბადსა და ჟანგბადს შორის არის პოლარულ-კოვალენტური ბმა, რომელიც გადანეულია უფრო ელექტროუარყოფითი ატომის – ჟანგბადისაკენ, რაც ბმის პოლარიზაციას იწვევს. ჟანგბადი იმუხტება ნაწილობრივ უარყოფითად, წყალბადი კი – ნაწილობრივ დადებითად. შედეგად მოლეკულა პოლარულია (ნახ. 3.19).



ნახ. 3.19. წყლის მოლეკულა პოლარულია.

ანალოგიურად განვიხილოთ ამიაკის მოლეკულაც:

ამიაკის მოლეკულაში არის ერთი ატომი აზოტი და სამი ატომი წყალბადი. აზოტის ატომს გარე შრეზე აქვს ხუთი ელექტრონი (ერთი წყვილი და სამი გაუწყვილებელი), ხოლო წყალბადის თითოეულ ატომს – ერთი ელექტრონი. სტაბილური ელექტრონული სტრუქტურის მისაღებად აზოტს სჭირდება სამი ელექტრონი, რომლებსაც წყალბად-ატომები გაუზიარებს. შედეგად მიიღება მოლეკულა, სადაც აზოტის ატომი წარმოქმნის სამ კოვალენტურ ბმას (ამიაკის მოლეკულაში აზოტი სამვალენტოა) წყალბადის ატომებთან, ხოლო ელექტრონული წყვილი რჩება თავისუფალი. შედეგად მოლეკულა იღებს სამკუთხა პირამიდის ფორმას (ნახ.3.20).

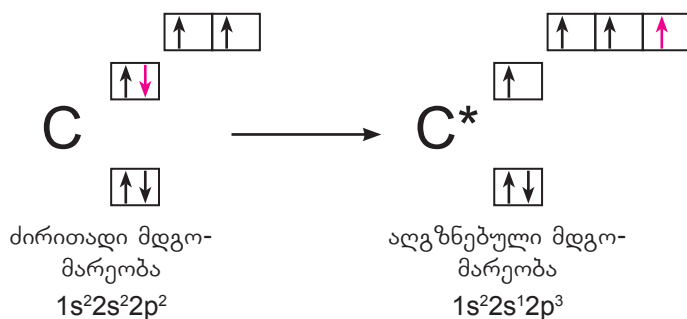


ნახ. 3.20. ამიაკის მოლეკულის აღნაგობა.

წყალბადსა და აზოტს შორის არის პოლარულ-კოვალენტური ბმა, რომელიც გადანეულია უფრო ელექტროუარყოფითი ატომის – აზოტისკენ, რაც ბმის პოლარიზაციას იწვევს. შედეგად ამიაკის მოლეკულა პოლარულია.

განვიხილოთ კიდევ ერთი ნივთიერების – მეთანის (CH_4) მოლეკულის წარმოქმნა:

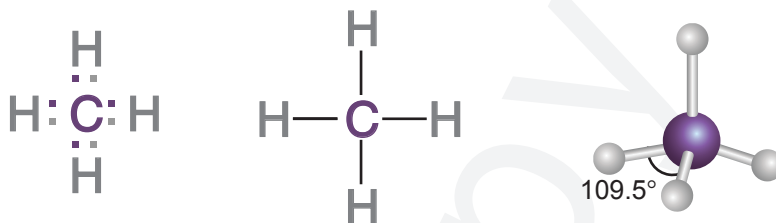
ნახშირბადის ატომს გარე შრეზე ოთხი სავალენტო ელექტრონი აქვს. ძირითად მდგომარეობაში მისი ელექტრონული ფორმულაა $1s^2 2s^2 2p^2$. გარე შრის $2s$ ქვედონიდან ელექტრონს ადვილად შეუძლია გადავიდეს $2p$ ქვედონის თავისუფალ ორბიტალზე და შედეგად მიიღება ოთხი გაუწყვილებელი ელექტრონი. ნახშირბადის ატომი ამ ელექტრონებს იყენებს ოთხი კოვალენტური ბმის დასამყარებლად (ნახ. 3. 21).



ნახ. 3.21.

თავი 3. ქიმიური ბმა

მეთანის მოლეკულაში ცენტრალურ ატომს წარმოადგენს ნახშირბადი, რომელიც ოთხ სავალენტო ელექტრონს წყალბადატომებს უზიარებს. შესაბამისად, მეთანის სტრუქტურა შემდეგნაირად ჩაიწერება (ნახ. 3.22):



ნახ. 3.22. მეთანის მოლეკულის აღნაგობა.

შედეგად ნახშირბადი იღებს ელექტრონულ ოქტეტს (8 ელექტრონი, ანუ 4 წყვილი), ხოლო წყალბადის თითოეული ატომი ისრულებს ორ-ელექტრონიან შრეს.

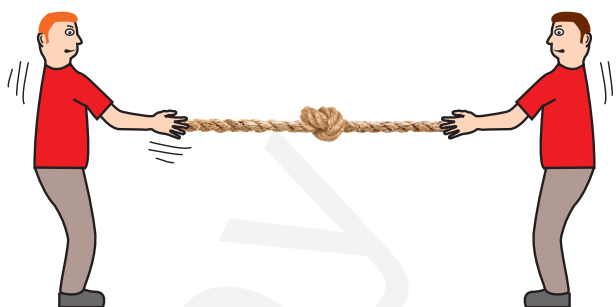
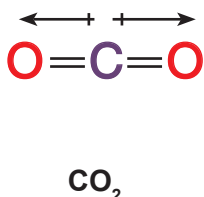
მოლეკულა იღებს წესიერი სამკუთხა პირამიდის - ტეტრაედრის ფორმას, რომელიც სივრცეში თანაბრად არის განაწილებული ტეტრაედრის წვეროების მიმართულებით. ვინაიდან ნახშირბადზე, აზოტისა და ჟანგბადისგან განსხვავებით, არ არის თავისუფალი ელექტრონული წყვილი და ბმის პოლარიზაცია არ ხდება. შედეგად, მეთანის მოლეკულა არაპოლარულია.

განვიხილოთ ნახშირორჟანგის მოლეკულის წარმოქმნა. როგორც უკვე ვიცით, ნახშირბადს აქვს 4 ელექტრონი გარე შრეზე და შრის დასასრულებლად სჭირდება კიდევ 4 ელექტრონი, ხოლო ჟანგბადის თითოეულ ატომს ოქტეტამდე აკლია ორი ელექტრონი. ამიტომ ნახშირბადი ორ-ორ ელექტრონს გაუზიარებს ჟანგბადის თითოეულ ატომს, რის შედეგადაც ნახშირბადსა და ჟანგბადის თითოეულ ატომს შორის ორ-ორი პოლარულ-კოვალენტური ბმა წარმოიქმნება. მოლეკულაში ნახშირბადის ატომზე არ არის თავისუფალი ელექტრონული წყვილი, რაც მოლეკულის წრფივ აღნაგობას განაპირობებს (ნახ. 3.23).



ნახ. 3.23. ნახშირორჟანგის მოლეკულის ფორმა.

პოლარულ-კოვალენტური ბმის შემცველი მოლეკულაც შეიძლება იყოს არაპოლარული. ნახშირორჟანგის წრფივ მოლეკულაში არსებულ ბმებში ჟანგბადი დამუხტულია ნაწილობრივ უარყოფითად, ხოლო ნახშირბადი - ნაწილობრივ დადებითად. ისინი განლაგებულია ერთი წრფის გასწვრივ საპირისპირო მიმართულებით, ამიტომ მათი პოლარული ბუნება ბათილდება და საბოლოოდ მოლეკულა არაპოლარულია (ნახ. 3.24):



ნახ. 3.24. ნახშირორჟანგის მოლეკულა განსხვავებული ელექტროუარყოფითობის ატომებს შეიცავს, მაგრამ ისინი სიმეტრიულადაა განლაგებული და პოლარული მოლეკულა არ მიიღება. ეს შეიძლება შევადაროთ სიტუაციას, რომელიც ნახაზზეა გამოსახული: ორი წითელმასიურიანი ბიჭი ერთნაირი ძალით აქეთ-იქით ექაჩება თოკს, რომლის კვანძიც ადგილზე რჩება.



კითხვები და დავალებები:

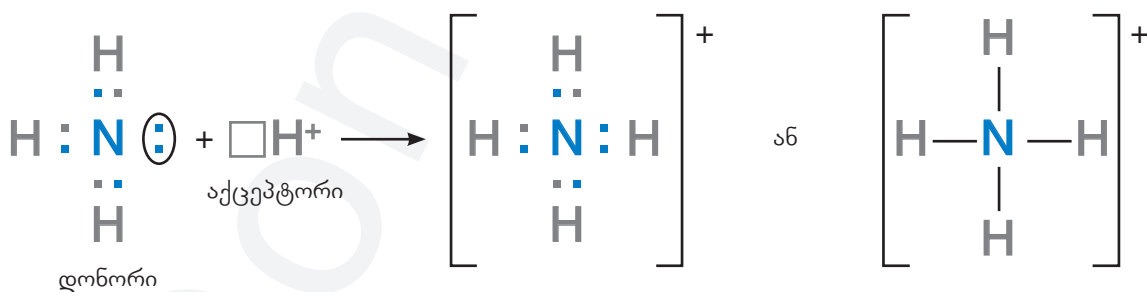
- შეადგინეთ ქვემოთ ჩამოთვლილ ნივთიერებათა ლუისის ელექტრონული ფორმულები და შექმენით მათი მოდელები:
 H_2S ; CF_4 ; PH_3 ; SiCl_4 .
 ა) მოცემული მოლეკულებიდან, რომელია პოლარული და რომელი - არაპოლარული? პასუხი დაასაბუთეთ.
 ბ) ივარაუდეთ ბმის კუთხე თითოეულ მოლეკულაში.
- რომელი ბმა უფრო პოლარულია:
 ა) ნახშირბადსა და აზოტს თუ ნახშირბადსა და ჟანგბადს შორის?
 ბ) აზოტსა და ფთორს თუ აზოტსა და ჟანგბადს შორის?
 გ) ბრომსა და ფთორს თუ ბრომსა და იოდს შორის?
 დ) ნახშირბადის ატომებს თუ ნახშირბადსა და ჟანგბადს შორის?
- მოცემულია **A** და **B** მოლეკულები:
 ა) **A** მოლეკულაში ცენტრალურ ატომთან დაკავშირებულია სხვა ელემენტის სამი ატომი; ცენტრალურ ატომს აქვს ერთი თავისუფალი ელექტრონული წყვილი.
 ბ) **B** მოლეკულაში ცენტრალურ ატომთან დაკავშირებულია სხვა ელემენტის ორი ატომი; ცენტრალურ ატომს აქვს ორი თავისუფალი ელექტრონული წყვილი.
 როგორი ფორმა და პოლარობა აქვს **A** და **B** მოლეკულებს?
- ნაერთებში ჟანგბადის ატომი ორვალენტურია. იმავე ჯგუფის ელემენტი გოგირდი კი ავლენს როგორც ორ – **S(II)**, ასევე ოთხ – **S(IV)** და ექვს – **S(VI)** ვალენტობას. ახსენით ამის მიზეზი.

3.6

კოვალენტური ბმის წარმოქმნა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით

ატომთა შორის კოვალენტური ბმა, როგორც ვნახეთ, საზიარო ელექტრონული წყვილის წარმოქმნის ხარჯზე მყარდება. მაგალითებში, რომლებსაც გავეცანიტ, საზიარო წყვილი ორივე ატომის გაუწყვილებელი ელექტრონებით წარმოიქმნებოდა. მაგრამ საზიარო ელექტრონული წყვილის წარმოქმნა შესაძლებელია იმ შემთხვევაშიც, თუ ერთ-ერთ ატომს ექნება თავისუფალი ელექტრონული წყვილი, რომელსაც მეორე ატომს გაუზიარებს. ატომს, რომელსაც აქვს თავისუფალი ელექტრონული წყვილი, **დონორი** ეწოდება, ხოლო ატომს, რომელიც გაიზიარებს დონორის ელექტრონულ წყვილს – **აქცეპტორი**. ცხადია, აქცეპტორის როლის შესრულება შეუძლია ისეთ ატომს, რომელსაც **თავისუფალი ანუ ვაკანტური ორბიტალი** აქვს, სადაც თავისუფალი ელექტრონული წყვილი „ჩაინერგება“. კოვალენტური ბმის წარმოქმნის ასეთ მექანიზმს **დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმი** ეწოდება. დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით დამყარებული კოვალენტური ბმა თავისი ბუნებითა და თვისებებით არ განსხვავდება სხვადასხვა ელემენტის გაუწყვილებელი ელექტრონებით წარმოქმნილი კოვალენტური ბმისაგან.

მაგალითისთვის განვიხილოთ ამონიუმის იონის წარმოქმნა. ამიაკის მოლეკულის (NH_3), აზოტი, რომელსაც თავისუფალი ელექტრონული წყვილი აქვს, დონორია. წყალბადის კატიონი, რომელსაც აქვს ვაკანტური ორბიტალი, აქცეპტორია და ის დონორის თავისუფალ ელექტრონულ წყვილს მიიღებს. ამის შედეგად წყალბადის კატიონი დაუკავშირდება აზოტის ატომს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ამონიუმის კატიონი (ნახ. 3.25), სადაც წყალბადის კატიონის დადებითი მუხტი თანაბრადაა გადანაწილებული მთელ ნაწილაკზე.



ნახ. 3.25. ამონიუმის იონის წარმოქმნა.

დონორულ-აქცეპტორულ ბმას ზოგჯერ ისრითაც გამოსახავენ, რომელიც დონორიდან აქცეპტორისკენ არის მიმართული.

როგორც ვიცით, ვალენტობა არის ქიმიური ელემენტის უნარი დაიკავშიროს სხვა ელემენტის ატომთა განსაზღვრული რიცხვი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ვალენტობა არის ელემენტის ატომის მიერ დამყარებული ქიმიური ბმების რიცხვი კოვალენტურ ნაერთებში. ამიაკის მოლეკულაში აზოტი წყალბადის ატომებთან წარმოქმნის სამ კოვალენტურ ბმას, შესაბამისად, ის ამ მოლეკულაში არის სამვალენტიანი, ხოლო ამონიუმის

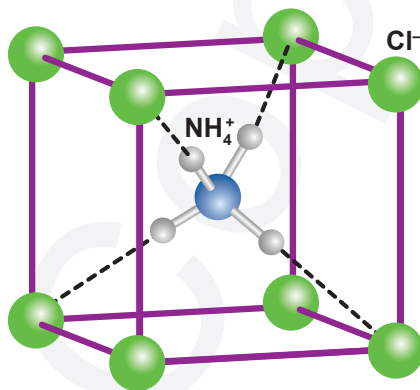
თავი 3. ქიმიური ბმა

კატიონში კი აზოტი კოვალენტურად დაკავშირებულია წყალბადის ოთხ ატომთან, შესაბამისად, აქ ის ოთხვალენტიანია.

განვიხილოთ ამონიუმის ქლორიდის წარმოქმნა:



ამ რეაქციაში ამიაკის მოლეკულამ მიიღო წყალბადის კატიონი ქლორწყალბადის მოლეკულიდან, ხოლო წარმოქმნილი ამონიუმის კატიონი – იონური ბმით დაუკავშირდა ქლორიდ-იონს. ამონიუმის ქლორიდში არის იონური კრისტალური მესერი (ნახ. 3.26).



ნახ. 3.26. ამონიუმის ქლორიდის იონური კრისტალური მესერი.



კითხვები და დავალებები:

- შეადგინეთ ამიაკისგან შემდეგი იონური ნაერთების მიღების რეაქციათა ტოლობები:
 - ამონიუმის ჰიდროქსიდი
 - ამონიუმის ნიტრატი
 - ამონიუმის ფოსფატი
 - ამონიუმის სულფატი
- ამონიუმის იონის წარმოქმნის მაგალითის მიხედვით, შეადგინეთ წყლის მოლეკულისგან ჰიდროქსონიუმის იონის (H_3O^+) წარმოქმნის სქემა.

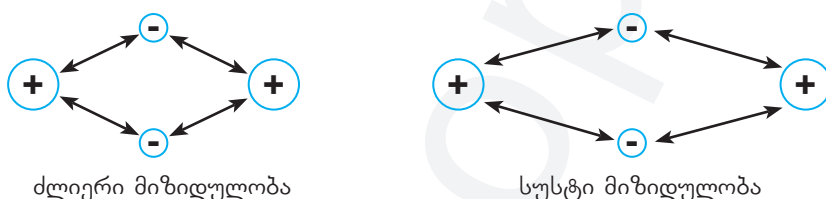
3.7

კოვალენტური ბმის მახასიათებლები

კოვალენტური ბმის შემცველი მარტივი ნივთიერება აზოტი განსაკუთრებულ ქიმიურ სტაბილურობას ამჟღავნებს. რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

ჩვენთვის უკვე ცნობილია, რომ კოვალენტური ბმაში ატომები ერთმანეთს უკავშირდება ბმაში მონაწილე დადებითად დამუხტულ ატომბირთვებსა და გაზიარებულ ელექტრონებს შორის ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ხარჯზე.

უარყოფითად დამუხტული საზიარო ელექტრონები ერთდროულად მიიზიდება ატომთა ბირთვების მიერ, რაც ატომებს ერთმანეთთან აკავებს (ნახ. 3.27).



ნახ. 3.27. საზიარო ელექტრონების მიზიდვა ატომბირთვების მიერ.

კოვალენტური ბმა ხასიათდება ბმის ენერგიით. **ბმის ენერგია არის ენერგიის ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1 მოლი კოვალენტური ბმის გასაწყვეტად აირად მდგომარეობაში, სტანდარტულ პირობებში.**

ბმის გასაწყვეტად საჭიროა ენერგიის დახარჯვა, ამიტომ ეს პროცესი ენდოთერმულია, ხოლო ბმის წარმოქმნა ეგზოთერმულია და ამ დროს იმავე რაოდენობით ენერგია გამოიყოფა, რაც მის გაწყვეტაზე უნდა დაიხარჯოს.

ზოგადად, სხვადასხვა ატომებს შორის ერთმაგი ბმების ენერგიების შედარებისას ჩანს, რომ რაც უფრო მეტია ბმის სიგრძე, მით უფრო სუსტია ბმა, ანუ ნაკლებია ბმის ენერგია (ცხრილი 3.2).

პერიოდულობის ცხრილის ჯგუფებში ზევიდან ქვევით ელემენტებს შორის ბმის სიგრძეებს თუ შევადარებთ, დავინახავთ, რომ რაც მეტია ატომური რადიუსი, მით მეტია ბმის სიგრძე, შესაბამისად, მცირდება მიზიდულობა საზიარო ელექტრონულ წყვილსა და ბმაში მონაწილე ატომთა ბირთვებს შორის, რაც ბმის ენერგიას ამცირებს.

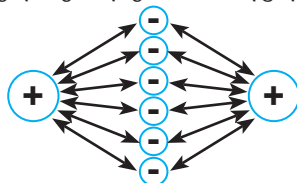
ცხრილი 3.2. ზოგიერთი ბმის სიგრძე და ენერგია.

ბმა	სიგრძე, ნმ	ენერგია, კჯ/მოლი
C-C	0.154	348
Si-Si	0.235	226
Ge-Ge	0.241	188
Cl-Cl	0.199	242
Br-Br	0.228	193
I-I	0.267	151

თავი 3. ქიმიური ბმა

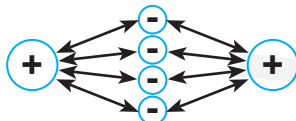
მოლეკულაში ჯერადი ბმების არსებობის შემთხვევაში, რაც უფრო მეტი საზიარო ელექტრონი მონაწილეობს ბმაში, მით უფრო ძლიერ მიიზიდება ისინი ატომბირთვების მიერ (ნახ 3.28).

ყველაზე ძლიერი მიზიდულობა

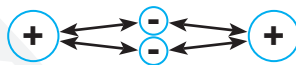


სამმაგი ბმა

ყველაზე სუსტი მიზიდულობა



ორმაგი ბმა



ერთმაგი ბმა

ნახ. 3.28. ბირთვების მიერ ბმის ელექტრონების მიზიდვა ჯერად ბმებში.

ამის შედეგად ბმის ჯერადობის გაზრდით ბმის სიგრძე მცირდება, ხოლო ბმის ენერგია – იზრდება. ცხრილიდან 3.3 ჩანს, რომ სამმაგი ბმის ენერგია უფრო მეტია, ვიდრე ორმაგი და ერთმაგი ბმის ენერგიები. ამავდროულად სამმაგი ბმის სიგრძე ნაკლებია, ვიდრე ორმაგი და ერთმაგი ბმის სიგრძეები.

ცხრილი 3.3. ჯერადი ბმების სიგრძეები და მათი ენერგიები.

ბმა	სიგრძე, ნმ	ენერგია, კჯ/მოლი
C–C	0.154	348
C=C	0.134	612
C≡C	0.12	837
C–O	0.143	360
C=O	0.122	743

აზოტის მოლეკულაში სწორედ სამმაგი ბმის არსებობა განაპირობებს მის განსაკუთრებულ მდგრადობას, რაც გამოიხატება დაბალ რეაქციისუნარიანობაში.



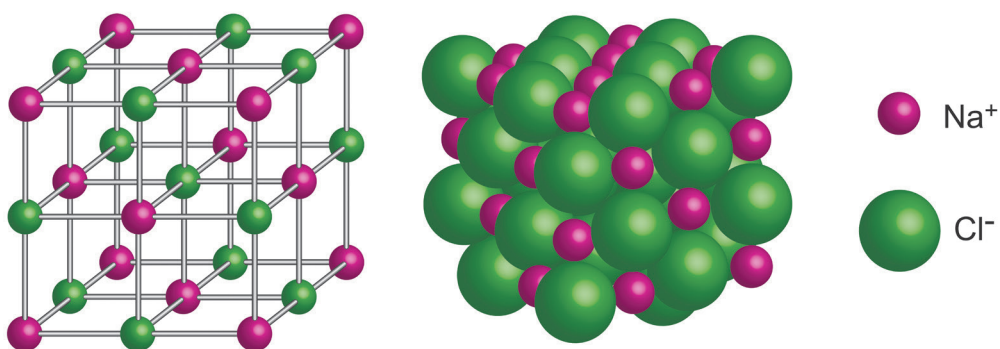
კითხვები და დავალებები:

- დაალაგეთ მოცემული ბმები სიგრძის ზრდის მიხედვით:
 - C–Cl; C–I; C–Br; C–F
 - N=N; N–N; N≡N
- დაალაგეთ მოცემული ბმები ენერგიის ზრდის მიხედვით:
 - H–O; H–Se, H–S; H–Te
 - C≡N; C–N; C=N
- ჰალოგენწყალბადმჟავებში (HF, HCl, HBr, HI) მჟავათა სიძლიერე იზრდება ჯგუფში ზევიდან ქვევით. ახსენით ამის მიზეზი.

არამოლეკულური აღნაგობის მქონე ნივთიერებები

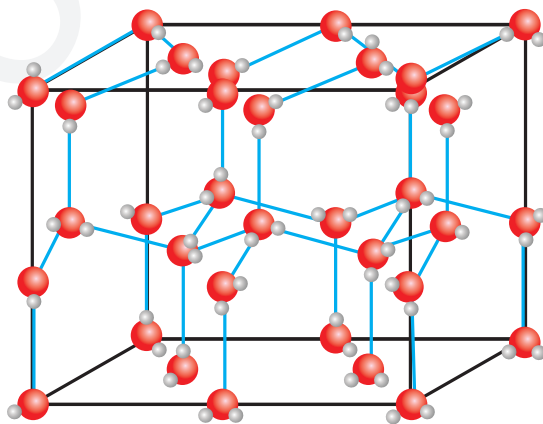
იონური ბმის შესწავლისას ვნახეთ, რომ იონური ნაერთი მყარია და აქვს კრისტალური მესერი, სადაც მესრის კვანძებში განლაგებულია დადებითად და უარყოფითად დამუხტული იონები. ასევე გავიხსენოთ, რომ კოვალენტური ნაერთები ძირითადად მოლეკულებისგან შედგება, ანუ მათი აღნაგობა მოლეკულურია. განვიხილოთ შესაბამისი მაგალითები:

იონური ნაერთის – ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალური მესრის კვანძებში დადებით იონებსა და უარყოფით იონებს შორის ძლიერი მიზიდულობის ძალებია (ნახ. 3.29), რაც განაპირობებს ნაერთის სიმტკიცეს, მაგალითად, ღლიბის მაღალ ტემპერატურას (801°C).



ნახ. 3.29. ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალური სტრუქტურა.

წყალი მოლეკულური აღნაგობის კოვალენტური ნაერთია, რომელიც მყარ მდგომარეობაში – ყინულში – ასევე კრისტალს წარმოქმნის, მაგრამ ამ შემთხვევაში კრისტალური მესრის კვანძებში წყლის მოლეკულებია (ნახ. 3.30) და მათ შორის კავშირები სუსტია. ამის გამო ყინულის ღლიბის ტემპერატურა (0°C) გაცილებით დაბალია, ვიდრე ნატრიუმის ქლორიდის.



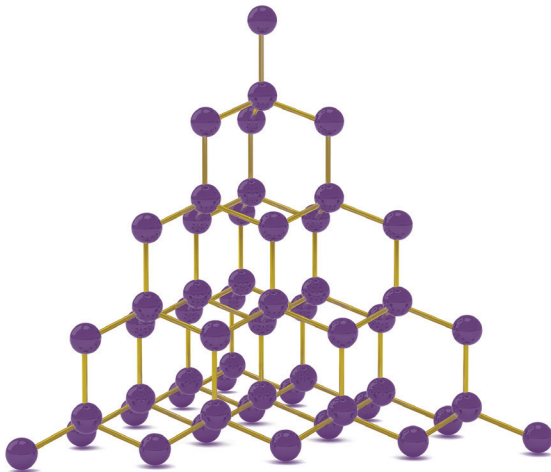
ნახ. 3.30. ყინულის კრისტალური სტრუქტურა.

თავი 3. ქიმიური ბმა

კოვალენტური ბმების შემცველი ზოგიერთი ნივთიერების (მაგ., ალმასი და კვარცი) ლღობის ტემპერატურა ძალიან მაღალია, რაც მიანიშნებს, რომ მათ კრისტალებში ბმები ძალიან მტკიცეა. ასეთ ნივთიერებათა აღნაგობა არამოლეკულურია – ისინი ცალკეული მოლეკულების სახით არ გვხვდება. ისინი არსებობს მაკრომოლეკულების – გიგანტური კოვალენტური სტრუქტურების სახით, სადაც კრისტალური მესრის კვანძებში ატომებია განლაგებული.

არამოლეკულური აღნაგობის და გიგანტური კოვალენტური სტრუქტურის მქონე ნივთიერებების მაგალითებია ნახშირბადის ალოტროპები – ალმასი და გრაფიტი, რომლებსაც ადრე გავეცანით.

ალმასი შედგება ნახშირბადის ატომებისგან, რომლებიც კრისტალში ერთმანეთთან მტკიცედ არის დაკავშირებული. თითოეული ნახშირბადატომი წარმოქმნის კოვალენტურ ბმებს ოთხ სხვა ნახშირბადატომთან, რის შედეგადაც მიიღება ტეტრაედრული წყობა. ამრიგად, ალმასში ერთმანეთთან დაკავშირებულია უამრავი ნახშირბადატომი, რაც გიგანტურ კოვალენტურ სტრუქტურას ქმნის (ნახ. 3.31). ალმასი არის ძალიან მტკიცე, რადგან მასში ატომები ძლიერი კოვალენტური ბმებითაა დაკავშირებული. ამიტომაც ის მინერალთა შორის ყველაზე მეტი სიმაგრით გამოირჩევა და ძალიან მაღალი ლღობის ტემპერატურა (3550°C) აქვს. ალმასი არ ატარებს დენს, რადგან მასში არ არის იონები ან თავისუფლად მოძრავი ელექტრონები.



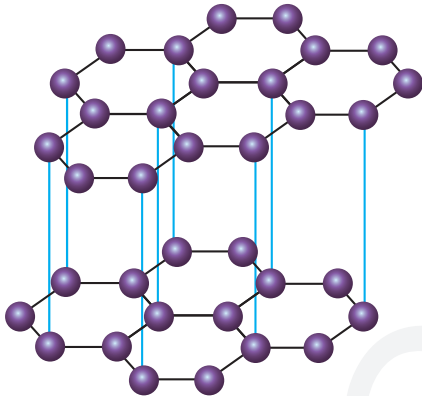
ნახ. 3.31. ალმასის კრისტალური სტრუქტურა.

გრაფიტსაც გიგანტური მოლეკულური სტრუქტურა აქვს, მაგრამ, ალმასისაგან განსხვავებით, ბუნებაში ერთ-ერთი ყველაზე რბილი ნივთიერებაა. მიუხედავად იმისა, რომ გრაფიტი ალმასის მსგავსად მხოლოდ ნახშირბადატომებისგან შედგება, ატომთა წყობით მნიშვნელოვნად განსხვავდება. გრაფიტში ნახშირბადატომები კოვალენტურად უკავშირდება სამ მეზობელ ატომს და ისინი ექვსი ატომისაგან შედგენილ რგოლებს წარმოქმნის. ეს რგოლები გაერთიანებულია გიგანტური სტრუქტურის ბრტყელ ფენებში, რომლებსაც ერთმანეთთან ქიმიური ბმა არ აკავშირებს (ნახ. 3.32). ამის გამო გრაფიტი, ალმასისგან განსხვავებით, რბილი და სრიალაა. მისი ფენები ერთმანეთს ადვილად სცილდება. ამიტომ გრაფიტის ფანქარი ფურცელზე კვალს ტოვებს. განსხვავებულია გრაფიტის ელექტროგამტარობაც. გრაფიტში თითოეული ნახშირბადატომი ოთხ სავალენტო ელექტრონთაგან ბმების წარმოსაქმნელად მხოლოდ სამს იყენებს, მეოთხე კი

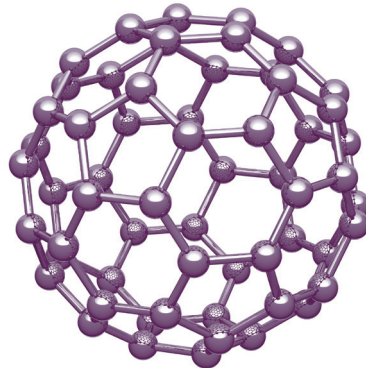
თავი 3. ქიმიური ბმა

თავისუფალი რჩება, რომლის ხარჯზეც გრაფიტი ელექტრულ დენს ატარებს.

ნახშირბადის კიდევ ერთი ალოტროპია ფულერენი – C_{60} , რომელშიც, გრაფიტის მსგავსად, თითოეული ნახშირბადატომი კოვალენტური ბმით სამ მეზობელ ატომს უკავშირდება. ოღონდ, გრაფიტისაგან განსხვავებით, გიგანტური სტრუქტურა არ წარმოიქმნება – და მიიღება ბურთის მსგავსი წყობის მოლეკულები, რომლებშიც 60-60 ატომი ნახშირბადი შედის (ნახ. 3.33).

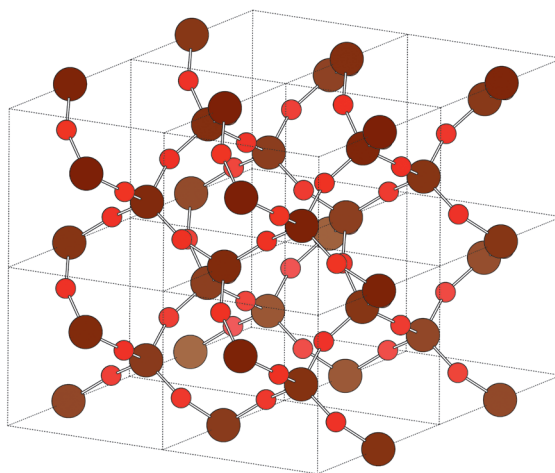


ნახ. 3.32. გრაფიტის კრისტალური სტრუქტურა.



ნახ. 3.33. ფულერენის კრისტალური სტრუქტურა.

გიგანტური კოვალენტური სტრუქტურის ნაერთების კიდევ ერთი მაგალითია სილიციუმის დიოქსიდი (SiO_2), რომელიც ასევე ატომური აღნაგობის ნივთიერებაა. ეს ნაერთი ბუნებაში კვარცის სახით გვხვდება და ქვიშის მთავარი შემადგენელი კომპონენტია. სილიციუმის დიოქსიდში ატომების ტეტრაედრული წყობაა. სილიციუმის თითოეული ატომი ოთხ ჟანგბადატომთან კოვალენტურადაა დაკავშირებული. თავის მხრივ, ყოველი ჟანგბადატომი სილიციუმის ორ ატომთანაა მიერთებული. ამის შედეგად მიიღება ძალიან მტკიცე გიგანტური კოვალენტური სტრუქტურა (ნახ. 3.34), რომლის ლღობის ტემპერატურაც ($1710^{\circ}C$) მაღალია.

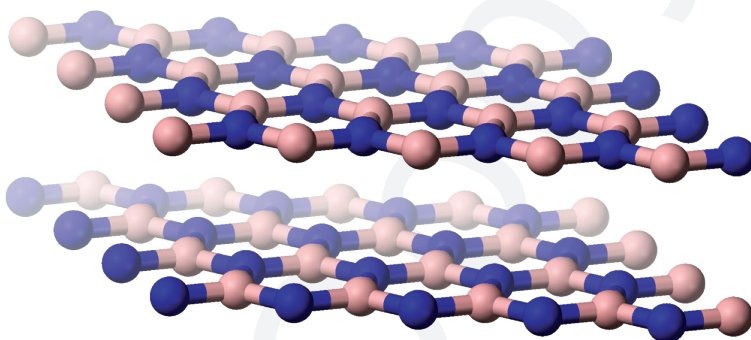


ნახ. 3.34. სილიციუმის დიოქსიდის კრისტალური სტრუქტურა.

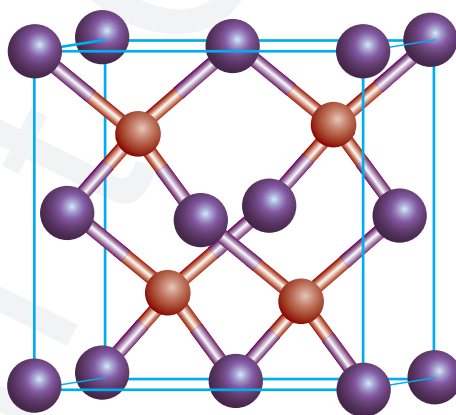


კითხვები და დავალებები:

მოცემულია ბორის ნიტრიდისა და სილიციუმის კარბიდის (კარბორუნდის) სტრუქტურები. აღნაგობიდან გამომდინარე იმსჯელეთ და ივარაუდეთ, როგორი თვისებები ექნება თითოეულ მათგანს.

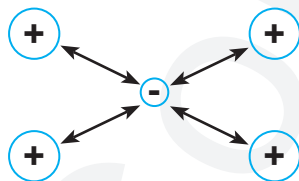


ბორის ნიტრიდი



სილიციუმის კარბიდი

მეტალები, როგორც ჩვენთვის ცნობილია, თავისებური აღნაგობით გამოირჩევა. მეტალის ატომის გარე შრეზე მცირე რაოდენობით ელექტრონებია, ისინი ატომებს ადვილად ტოვებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მეტალის კატიონები და თავისუფალი ელექტრონები. ეს ელექტრონები გადანაწილებულია მთელ სტრუქტურაში და ქმნის ე. წ. „ელექტრონების ზღვას“. მეტალურ ბმას აქვს ელექტროსტატიკური ბუნება, რომელიც დადებითად დამუხტული კატიონებსა და უარყოფითად დამუხტულ, თავისუფალ ელექტრონებს შორის ურთიერთმიზიდვის შედეგია (ნახ. 3.35). ასეთ ბმას მეტალური ბმა ეწოდება.



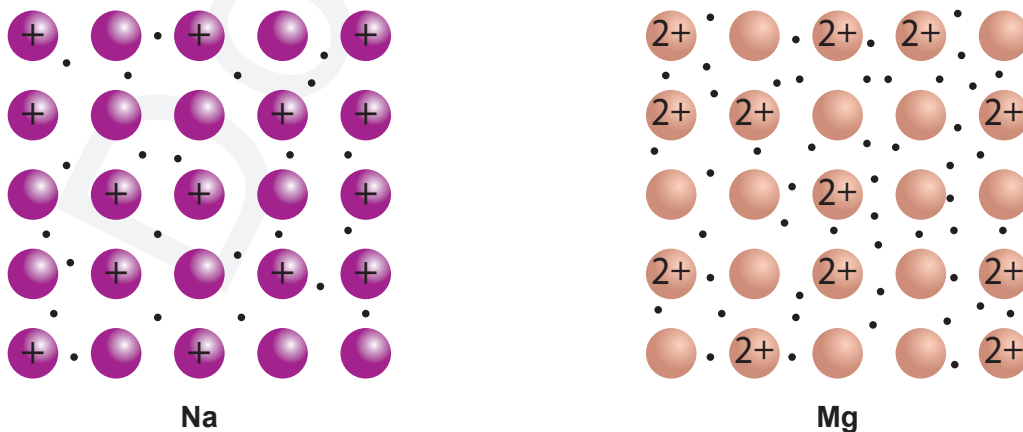
ნახ. 3.35. მეტალის კატიონებისა და თავისუფალი ელექტრონის ურთიერთმიზიდვა.

თითოეული ელექტრონი მიიზიდება ყველა კატიონის მიერ, შესაბამისად, მიიღება მტკიცე კრისტალური მესერი, სადაც კვანძებში განლაგებულია მეტალის კატიონები და ატომები, ხოლო მათ შორის თავისუფალი ელექტრონებია.

მეტალთა თვისებები მეტალური ბმის არსებობითაა განპირობებული. მაგალითად, მეტალთა ლღობის ტემპერატურა უმრავლეს შემთხვევაში მაღალია. ეს განპირობებულია იმით, რომ მეტალური ბმა ძლიერია და ამ ბმის საფუძველზე წარმოქმნილი კრისტალის დაშლისათვის დიდი ენერგიაა საჭირო.

მაგალითისათვის შევადაროთ მეტალები – ნატრიუმი და მაგნიუმი. მათი ლღობის ტემპერატურებია, შესაბამისად, 98°C და 649°C . ეს სხვაობა რამდენიმე ფაქტორით შეიძლება აიხსნას:

მაგნიუმი წარმოქმნის $+2$ მუხტის მქონე კატიონებს, ხოლო ნატრიუმის კატიონთა მუხტია $+1$. ამის გამო ელექტროსტატიკური მიზიდულობა იონებსა და თავისუფალ ელექტრონებს შორის მაგნიუმში უფრო ძლიერია (ნახ. 3.36).



ნახ. 3.36. მეტალური ბმა ნატრიუმსა და მაგნიუმში.

თავი 3. ქიმიური ბმა

მაგნიუმის იონის რადიუსი (65 პმ) უფრო მცირეა, ვიდრე ნატრიუმის იონის რადიუსი (98 პმ), შესაბამისად, თავისუფალი ელექტრონები უფრო ახლოს არის დადებით იონთან ბირთვებთან და, შესაბამისად, უფრო ძლიერად მიიზიდება.

მეტალების სხვა ფიზიკური თვისებები ასევე განპირობებულია მეტალური ბმის არსებობით (ცხრილი 3.4).

ცხრილი 3.4. მეტალთა თვისებები და მათი გამომწვევი მიზეზები.

თვისება	მიზეზი
ბზინვარება	თავისუფალი ელექტრონების არსებობა მეტალის ზედაპირთან.
პლასტიკურობა	თავისუფალი ელექტრონების ხარჯზე მეტალის ფენებს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში თავისუფლად გადაადგილება შეუძლია.
თბო და ელექტროგამტარობა	თავისუფალი ელექტრონები ადვილად იღებს ენერგიას და სითბოს მთელ სტრუქტურას სწრაფად გადასცემს. თუ მეტალზე მოდებულია შესაბამისი ძაბვა, თავისუფალ ელექტრონებს მუხტის გადატანა შეუძლია.



კითხვები და დავალებები:

გადახაზეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში და შეაყვანეთ ცარიელი უჯრები თქვენ მიერ მოძიებული ინფორმაციით:

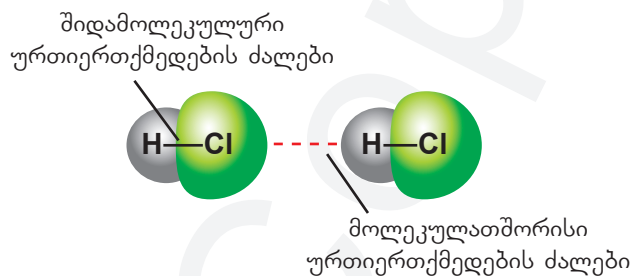
მეტალი	ფორმულა	აგრეგატული მდგომარეობა	ფერი	სიმკვრივე (გ/სმ³)	ღოლის ტემპერატურა, °C
ნატრიუმი					
მაგნიუმი					
ალუმინი					
რკინა					
ვერცხლი					
სპილენძი					
ოქრო					
ტყვია					
ვერცხლისწყალი					

დაუკავშირეთ ამ მეტალთა ფიზიკური თვისებები მათი გამოყენების სფეროებს.

3.10

წყალბადური ბმა

ნაწილაკებს შორის არსებობს სხვადასხვა ტიპის მიზიდულობის ძალა. მაგალითად, იონები (იონურ ნაერთებში) ან ატომები (კოვალენტურ ნაერთებში) ერთმანეთს უკავშირდება ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალებით, რომლებიც, შესაბამისად, იონურ ან კოვალენტურ ბმას წარმოადგენს. მიზიდულობის ძალებს, რომლებიც მოლეკულაში არსებულ ატომებს ერთმანეთთან აკავშირებს, **შიდამოლეკულური მიზიდულობის ძალები** ეწოდება. არსებობს სხვა ტიპის ძალებიც, რომლებიც ერთმანეთთან მოლეკულებს აკავშირებს. ასეთი ტიპის ძალებს **მოლეკულათაშორისი მიზიდულობის ძალები** ეწოდება და ისინი შიდამოლეკულურ ძალებზე (ნახ. 3.37) გაცილებით სუსტია.

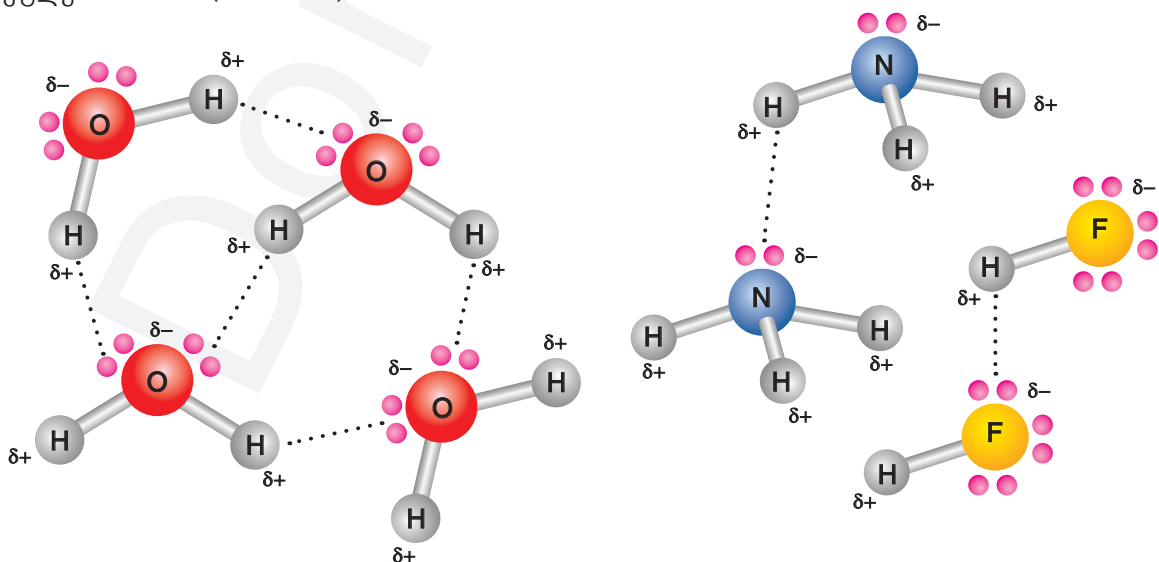


ნახ. 3.37. შიდამოლეკულური და მოლეკულათაშორისი მიზიდულობის ძალები.

მოლეკულებს შორის მიზიდულობის ძალები განაპირობებს მათ ფიზიკურ თვისებებს, როგორებიცაა დუილისა და ლღობის ტემპერატურა, აქროლადობა, ხსნადობა და ა. შ.

მოლეკულათაშორისი მიზიდულობის ძალების ერთ-ერთი ტიპი არის წყალბადური ბმა, რომელიც წარმოიქმნება პოლარულ მოლეკულებს შორის ერთი მოლეკულის ძლიერ ელექტროუარყოფით ატომსა (N, O ან F) და მეორე მოლეკულის წყალბადატომს შორის. როდესაც ელემენტის ელექტროუარყოფითობა დიდია, ის იწვევს მოლეკულის ძლიერ პოლარიზაციას, რაც თავისთავად ზრდის მიზიდულობის ძალებს მოლეკულებს შორის. ის სიძლიერით იმდენად აღემატება ყველა დანარჩენ მოლეკულათაშორის ძალას, რომ ცალკე განიხილება და **წყალბადური ბმის** სახელწოდებით მოიხსენიება.

მაგალითად, წყალბადური ბმა მყარდება წყლის, ამიაკისა და ფთორწყალბადის მოლეკულებს შორის (ნახ. 3.38).



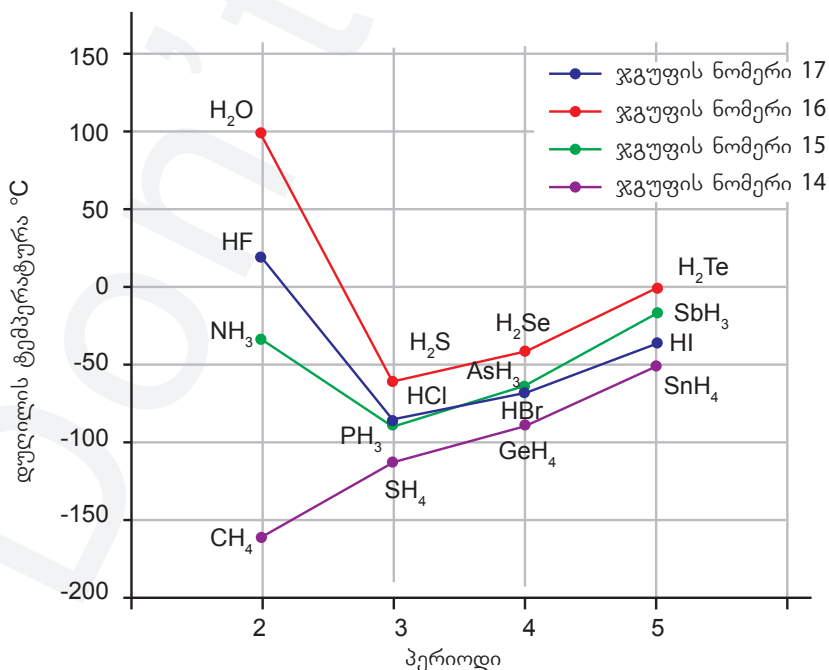
ნახ. 3.38. მოლეკულათაშორისი წყალბადური ბმების მაგალითები.

თავი 3. ქიმიური ბმა

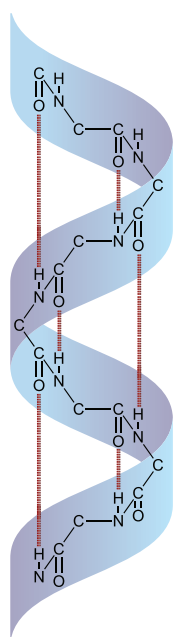
მოლეკულებს შორის წყალბადური ბმის არსებობა ნივთიერებათა ფიზიკურ თვისებებზეც ახდენს გავლენას. წყალბადური ბმის შემცველ ნაერთებში მოლეკულათაშორისი კავშირები იმდენად ბევრი და ძლიერია, რომ მოლეკულების ერთმანეთისაგან დასაცილებლად დიდი ენერგიაა საჭირო და, შესაბამისად, ასეთ ნაერთები სხვებისაგან დუღილის უფრო მაღალი ტემპერატურით გამოირჩევა.

მაგალითისათვის განვიხილოთ პერიოდულობის ცხრილის მე-14-17 ჯგუფის ელემენტთა წყალბადნაერთების დუღილის ტემპერატურების ცვალებადობა (ნახ. 3.39). მე-14 ჯგუფის ელემენტთა წყალბადნაერთები არაპოლარული ნაერთებია და მათ მოლეკულებს შორის არ წარმოიქმნება წყალბადური ბმები. ამ ნაერთების დუღილის ტემპერატურები იზრდება მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად. მაშინ, როცა სხვა ჯგუფების (მე-15, მე-16, მე-17) ყველაზე მსუბუქი წყალბადნაერთების (ამიაკი, წყალი, ფთორწყალბადი) დუღილის ტემპერატურები მკვეთრად მაღალია. ამის მიზეზია წყალბადური ბმის არსებობა ამ ნივთიერებებში (ნახ. 3.39). მაგალითად, წყლის დუღილის ტემპერატურა ბევრად აღემატება გოგირდწყალბადის დუღილის ტემპერატურას, მაშინ, როცა გოგირდწყალბადის მოლეკულური მასა დაახლოებით 2-ჯერ მეტია წყლისაზე. ამავე ჯგუფში დუღილის ტემპერატურების შემდგომი ზრდა განპირობებულია მოლეკულური მასის ზრდით.

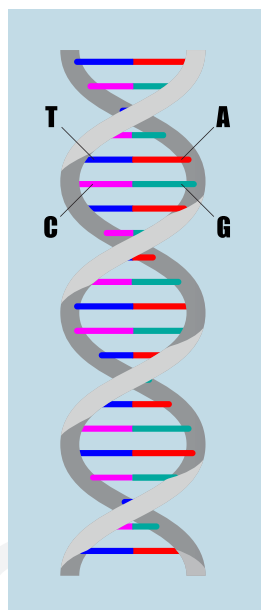
უნდა აღინიშნოს, რომ წყალბადური ბმა მხოლოდ მოლეკულებს შორის არ წარმოიქმნება. ის შეიძლება იყოს შიდამოლეკულურიც – დამყარდეს ერთი მოლეკულის სხვადასხვა ნაწილს შორის. შიდამოლეკულური წყალბადური ბმების არსებობა ძალიან მნიშვნელოვანია ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, მაგალითად, ასე უკავშირდება ერთმანეთს ცილის მოლეკულის ნაწილები (ნახ. 3.40) და დნმ-ის ორმაგი სპირალის ცალკეული ჯაჭვები (ნახ. 3.41).



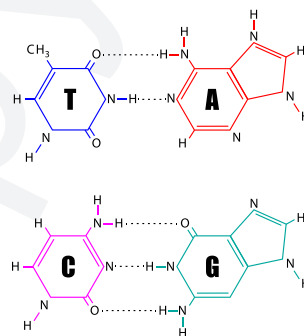
ნახ. 3.39. პერიოდულობის ცხრილის მე-14-17 ჯგუფების ელემენტთა აქროლად წყალბადნაერთთა დუღილის ტემპერატურები.



ნახ. 3.40. შიდამოლეკულური წყალბადური ბმები ცილის მოლეკულის ფრაგმენტებს შორის.



დნმ
(დეზოქსირიბონუკლეინის
მჟავა)

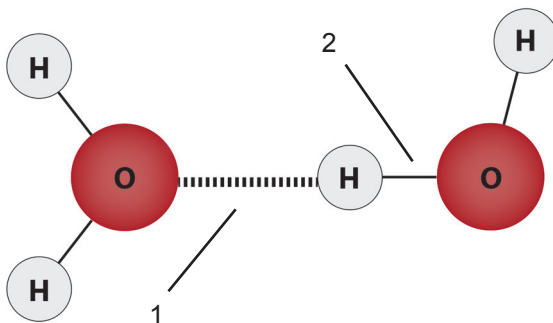


ნახ. 3.41. წყალბადური ბმები დნმ-ის კომპლემენტურ წყვილებს შორის.



კითხვები და დავალებები:

- რომელი ტიპის ბმებია აღნიშნული ციფრებით მოცემულ სურათზე?



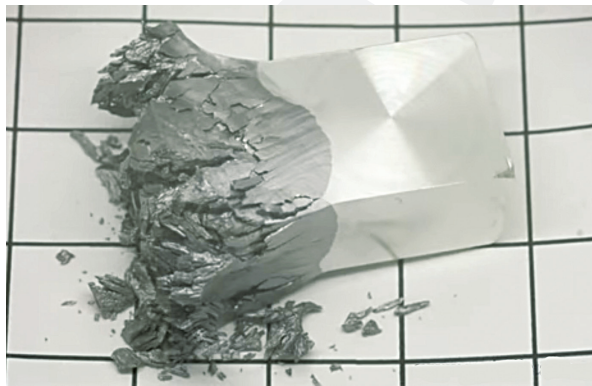
დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი.

- ნახ. 3.39 მიხედვით ახსენით დუდილის ტემპერატურების ცვლილება მე-15 და მე-17 ჯგუფის წყალბადნაერთებში.



რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი

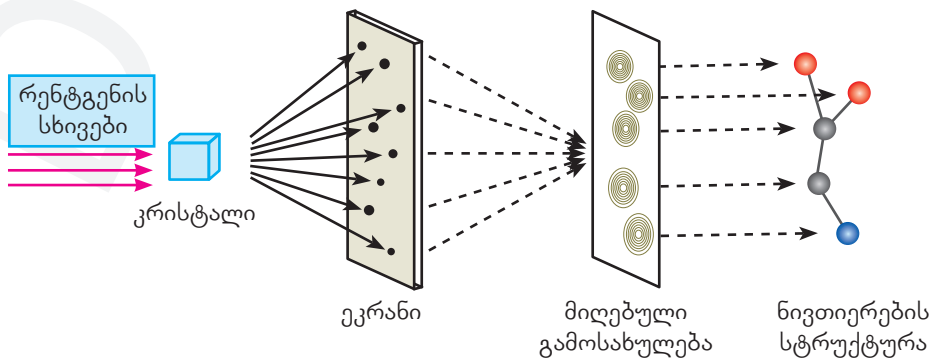
1910 წელს სამხრეთ პოლუსისკენ მიმავალ რობერტ სკოტსა და მის ექსპედიციას სანვავი მეტალის ქურჭლით მიჰქონდათ. დაბალ ტემპერატურაზე ბიდონები შედუღების ადგილას გაიხსნა, სანვავი დაიღვარა და ექსპედიცია ენერგიის წყაროს გარეშე დარჩა. შედუღების ადგილას კალა იყო გამოყენებული. კალას 13.2°C -ზე დაბალ ტემპერატურაზე კრისტალური სტრუქტურა ეცვლება, კერძოდ, თეთრი კალადან გადადის - ნაცრისფერში, ანუ ერთი ალოტროპიდან - მეორეში. ამას „კალას ჭირს“ უწოდებენ. რაც უფრო დაბალია ტემპერატურა, მით უფრო სწრაფია ეს გადასვლა. -30°C -ზე გარდაქმნა შეიძლება მყისიერად მოხდეს და რბილი, ჭედადი მეტალის ნაცვლად ნაცრისფერი ფხვნილი შეგვრჩეს ხელში (ნახ. 1)



ნახ. 1. თეთრი კალას გარდაქმნა ნაცრისფერში.

მიუხედავად იმისა რომ ალოტროპები ერთი და იგივე ელემენტის ატომებისგან შედგება, ერთმანეთისგან სრულიად განსხვავებული თვისებები აქვს, როგორც ეს ზემოხსენებული კალის მაგალითიდან ჩანს.

კრისტალური სტრუქტურის შესწავლა შესაძლებელია ე. წ. „რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის“ საშუალებით (ნახ. 2). მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: საკვლევ ნიმუშში გატარდება რენტგენის სხივები. სხივები, კრისტალურ მესერში ნაწილაკების განლაგების მიხედვით, ეკრანზე ქმნის გამოსახულებას, რომლის ანალიზის საფუძველზე დგინდება ნივთიერების ალანაგობა - სამგანზომილებიანი სტრუქტურა, ატომებს შორის მანძილები და ა. შ.



ნახ. 2. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მეთოდი.

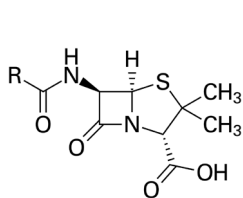
თავი 3. ქიმიური ბმა

რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის საშუალებით არაერთი ნივთიერების თვისებები შეისწავლეს.

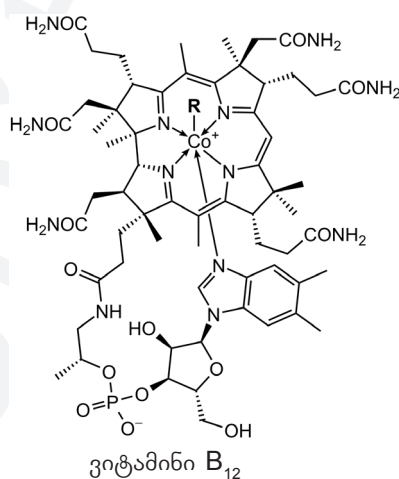
დოროთი ჰოჯკინმა (ნახ. 3), 1935 წელს პირველმა მიიღო ინსულინის კრისტალები, რომელთა სამგანზომილებიანი კრისტალური სტრუქტურის დასადგენად კიდევ 34 წელი დასჭირდა. მან ასევე ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ანტიბიოტიკის, პენიცილინის, სტრუქტურა დაადასტურა, ხოლო 1964 წელს დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით ქიმიის დარგში ვიტამინი B₁₂-ის კრისტალური სტრუქტურის დადგენისთვის.



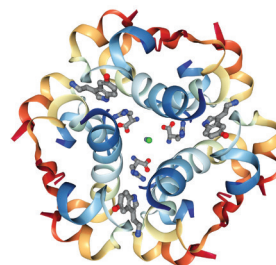
ნახ. 3. დოროთი ჰოჯკინი (1910-1994).



პენიცილინი



ვიტამინი B₁₂



ინსულინი

1940-1953 წლებში არაერთ მეცნიერს სურდა გაეშიფრა დნმ-ის, გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელი მოლეკულის, სტრუქტურა. შეიძლება ითქვას, რომ იმ დროისთვის ეს ყველაზე მნიშვნელოვანი კვლევა იყო ბიოლოგიის ისტორიაში. დნმ-ის სტრუქტურის გაშიფვრაში დიდი წვლილი მიუძღვის როზალინდ ფრანკლინს (ნახ. 4), რომელმაც დნმ-ის მოლეკულის რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი ჩაატარა. ამ ინფორმაციის საშუალებით დადგინდა, რომ დნმ-ს სპირალური სტრუქტურა აქვს.

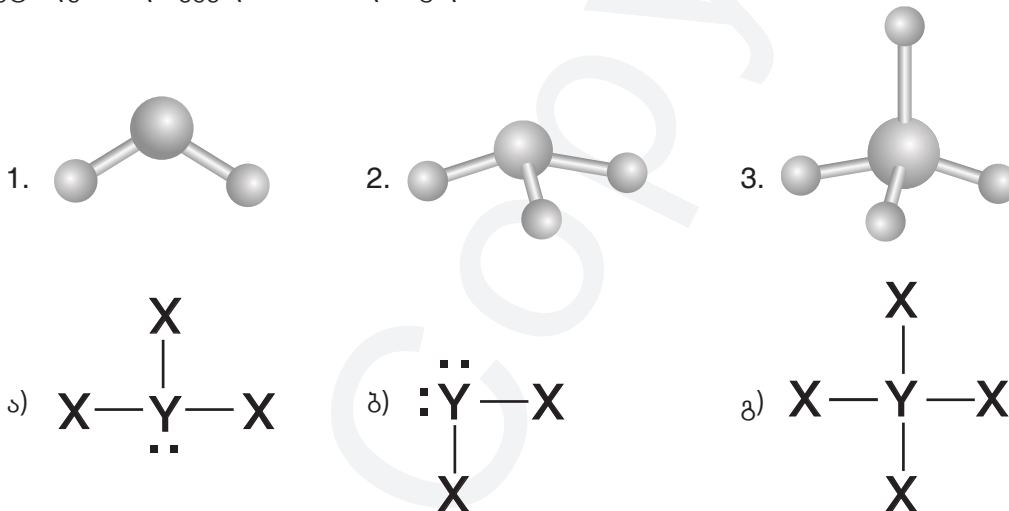


ნახ. 4. როზალინდ ფრანკლინი (1920-1958).

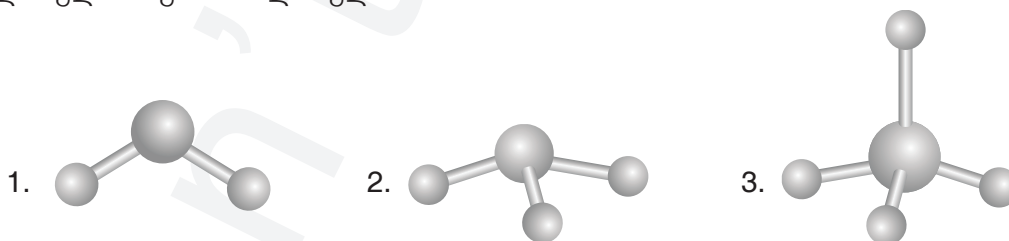


შემაჯამებელი სავარჯიშოები

1. შეუსაბამეთ ერთმანეთს მოლეკულის სტრუქტურული (ა-გ) და ბურთულ-ღეროვანი მოდელები (1-3). თითოეულ მოლეკულას მიუთითეთ ფორმა და ივარაუდეთ, პოლარულია თუ არაპოლარული? გაითვალისწინეთ, რომ X და Y ელემენტები არამეტალებია და ყველა ბმა პოლარულია.



2. შეუსაბამეთ ერთმანეთს ნივთიერებათა მოლეკულური (ა-გ) და ბურთულ-ღეროვანი მოდელები (1-3). თითოეულ მოლეკულას მიუთითეთ ფორმა და ივარაუდეთ, პოლარულია თუ არაპოლარული?



3. მოცემულია ორი ელემენტის ატომთა ლუისის ელექტრონული ფორმულები:



უპასუხეთ კითხვებს:

- რომელ ჯგუფებში მდებარეობს ეს ელემენტები?
- რა ტიპის ბმა წარმოიქმნება მათ შორის?
- როგორია მათ მიერ წარმოქმნილი იონების ფორმულები?
- როგორია X და Y ელემენტთა ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის ფორმულა?
- როგორია X-ისა და გოგირდის ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის ფორმულა?
- როგორია Y-ის მაგნიუმთან ნაერთის ფორმულა?
- როგორია X და Y ელემენტთა ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის მოლური მასა, თუ ისინი მესამე პერიოდში მდებარეობს?
- რა მასა აქვს ამ ნაერთის 1.5 მოლს?

თავი 3. ქიმიური ბმა

4. მოცემულია ორი ელემენტის ატომთა ლუისის ელექტრონული ფორმულები:

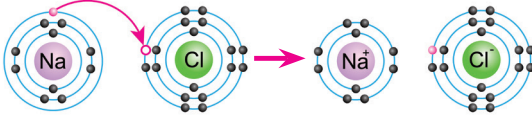
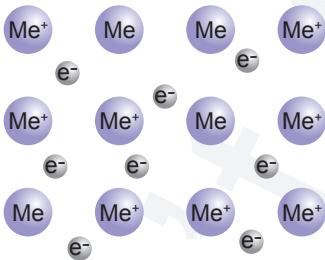
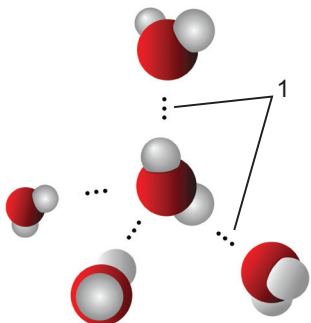


უპასუხეთ კითხვებს:

- რომელი ჯგუფებში მდებარეობს ისინი?
 - რა ტიპის ბმა წარმოიქმნება მათ შორის?
 - როგორია მათ მიერ წარმოქმნილი იონების ფორმულა?
 - როგორია X და Y ელემენტთა ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის ფორმულა?
 - როგორია X-ისა და გოგირდის ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის ფორმულა?
 - როგორია Y-ის ალუმინთან ნაერთის ფორმულა?
 - როგორია X და Y ელემენტთა ატომებით წარმოქმნილი ნაერთის მოლური მასა, თუ ისინი მეორე პერიოდში მდებარეობს?
 - რა მასა აქვს ამ ნაერთის 0.5 მოლს?
5. იოდის მოლეკულაში ბმის ტიპია:
- პოლარულ-კოვალენტური
 - არაპოლარულ-კოვალენტური
 - იონური
 - მეტალური
6. კალიუმის იოდიდში ბმის ტიპია:
- პოლარულ-კოვალენტური
 - არაპოლარულ-კოვალენტური
 - იონური
 - მეტალური
7. ქვემოთ მოყვანილ რომელ რიგშია მხოლოდ იონური ბმის შემცველი ნაერთები:
- NaCl, Na₂S, SO₂
 - KCl, CaCl₂, Na₂S
 - RbCl, HI, HNO₃
 - NaCl, KCl, H₂CO₃
8. ქვემოთ მოყვანილ რომელ რიგშია მხოლოდ კოვალენტური ბმის შემცველი ნაერთები:
- HCl, Na₂S, SO₂
 - Cl₂, CCl₄, CaCl₂
 - H₂, NO₂, AgNO₃
 - HCl, F₂, H₂SO₄
9. ოქროს ერთ-ერთი იონი III ვალენტია.
- დანერეთ ამ იონის სიმბოლო.
 - რამდენი პროტონი და ელექტრონია ამ იონში?
 - დანერეთ ოქრო(III)-ის ოქსიდის ფორმულა.
 - დანერეთ ოქრო(III)-ის ნიტრატის ფორმულა.
 - გამოთვალეთ დ პუნქტში აღნიშნული ნივთიერების 1 მოლის მასა.
10. დანერეთ შემდეგი იონური ნაერთების ფორმულები:
- კალა(II)-ის სულფიდი;
 - ვერცხლ(I)-ის ქლორიდი;
 - სპილენძ(I)-ის ფოსფიდი;
 - კალციუმის ნიტრიდი;
 - ქრომ(III)-ის ბრომიდი;
 - ნიკელ(II)-ის ოქსიდი;
 - ლითიუმის ნიტრიდი;
 - რკინა(III)-ის სულფიდი;
 - ოქრო(I)-ის ოქსიდი.

თავი 3. ქიმიური ბმა

11. გააანალიზეთ მოცემული სქემები და იპოვეთ შესაბამისობა სქემას და ბმის ტიპს შორის

სქემა	ბმის ტიპი				
	იონური	პო- ლარულ- კოვალენ- ტური	არაპოლა- რულ-კო- ვალენ- ტური	წყალბა- დური	მეტალუ- რი
$\text{H} \cdot + \cdot \text{H} \longrightarrow \text{H} \text{---} \text{H}$					
					
$\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} + \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \longrightarrow \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{---}\ddot{\text{Cl}}\text{:}$					
					
$\cdot \ddot{\text{N}} \cdot + \cdot \ddot{\text{N}} \cdot \longrightarrow \text{N} \text{---} \text{N}$					
$\text{H} \cdot + \cdot \ddot{\text{O}} \cdot + \cdot \text{H} \longrightarrow \text{H} \text{---} \text{O} \text{---} \text{H}$					
					
$\text{H} \cdot + \cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot \longrightarrow \text{H} \text{---} \text{Cl}$					

თავი 3. ქიმიური ბმა

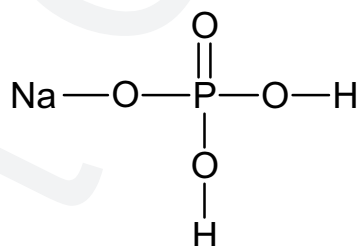
12. დაასახელეთ კოვალენტური ნაერთები:
ა) NCl_3 ბ) N_2S_3 გ) N_2O დ) PCl_5 ე) P_2O_5 ვ) SF_6 ზ) SO_2
13. დაწერეთ შემდეგი ნაერთების ფორმულები:
ა) ნახშირბადის მონოოქსიდი; ბ) დიფოსფორის პენტაოქსიდი; გ) გოგირდის დიქლორიდი; დ) სილიციუმის დიოქსიდი; ე) ფოსფორის ტრიოდიდი; ვ) ნახშირბადის ტეტრაბრომიდი; ზ) დიაზოტის მონოოქსიდი.
14. დაასახელეთ ნივთიერებები და მიუთითეთ, იონურია თუ კოვალენტური:
ა) FeCl_3 ბ) Na_2SO_4 გ) NO_2 დ) CF_4 ე) PF_5 ვ) N_2 ზ) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ თ) ClF_5
15. სავარაუდოდ, როგორი ფორმა ექნება მოცემულ მოლეკულებს? რომელი მათგანია პოლარული და რომელი – არაპოლარული?
ა) SiI_2 ბ) PBr_3 გ) H_2O დ) CF_4
16. რომელი ჯგუფის ელემენტია X მოცემულ იონურ ნაერთებში?
ა) XCl_3 ბ) Al_2X_3 გ) XCO_3 დ) X_2O_3 ე) X_2SO_3 ვ) Na_3X
17. დაასახელეთ მოცემული ნივთიერებები და მიუთითეთ, რომელი მათგანია იონური და რომელი – კოვალენტური:
ა) Li_2O ბ) $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ გ) MgCO_3 დ) NF_3 ე) CaCl_2 ვ) I_2
18. ცხრილის უჯრებში ჩაწერეთ შესაბამისი მარილების ფორმულები:

	NO_2^-	CO_3^{2-}	Cl^-	PO_4^{3-}
Li^+				
Cu^{2+}				
Al^{3+}				

19. დაასახელეთ ნაერთები და მიუწერეთ შემადგენელ იონთა ფორმულები:
ა) K_3PO_4 ; ბ) Na_2CO_3 ; გ) NH_4Cl ; დ) FeSO_3 .
20. დაწერეთ ნივთიერებათა ფორმულები:
ა) ბარიუმის ჰიდროქსიდი, ბ) ნატრიუმის სულფატი, გ) რკინა(II)-ის ნიტრატი, დ) თუთიის ფოსფატი, ე) რკინა(III)-ის კარბონატი.
21. დაასახელეთ კოვალენტური ნაერთები:
ა) PBr_3 ; ბ) CBr_4 ; გ) SiO_2 ; დ) HF ; ე) NI_3 ; ვ) CS_2 ; ზ) P_2O_5 ; თ) Cl_2O .
22. დაწერეთ კოვალენტური ნაერთების ფორმულები სახელწოდების მიხედვით:
ა) ნახშირბადის ტეტრაქლორიდი, ბ) ნახშირბადის მონოოქსიდი, გ) ფოსფორის ტრიქლორიდი, დ) დიაზოტის პენტაოქსიდი, ე) გოგირდის დიოქსიდი, ვ) დიაზოტის მონოოქსიდი, ზ) ნახშირბადის დისულფიდი.

თავი 3. ქიმიური ბმა

23. დაასახელეთ მოცემული ქიმიური ნაერთები. მიუთითეთ რომელი წარმოადგენს კოვალენტურ ნაერთს და რომელი – იონურს.
ა) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; ბ) N_2O ; გ) CaCO_3 ; დ) Na_3PO_4 ; ე) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; ვ) Fe_2O_3 .
24. ელემენტთა რომელ მწკრივში მცირდება ელექტროუარყოფითობა?
ა) Li, Na, K; ბ) Na, Cl, P; გ) Se, Ca, O; დ) Cl, F, Br.
25. მიუთითეთ, მოცემული ბმები იონურია, პოლარულ-კოვალენტური თუ არაპოლარულ-კოვალენტური?
ა) იოდის ატომებს შორის; ბ) სილიციუმსა და ბრომს შორის; გ) ლითიუმსა და ფთორს შორის; დ) აზოტსა და ფოსფორს შორის; ე) გოგირდსა და ფთორს შორის; ვ) ნახშირბადსა და ჟანგბადს შორის; ზ) სილიციუმსა და ჟანგბადს შორის; თ) კალიუმსა და ქლორს შორის.
26. რომელი ელემენტის ატომს აქვს ნაწილობრივ დადებითი δ^+ და რომელს – ნაწილობრივ უარყოფითი δ^- მუხტი მოცემულ კოვალენტურ ბმებში?
ა) P და F; ბ) Si და Br; გ) C და O; დ) N და P;
ე) Se და F; ვ) P და Cl; ზ) N და H.
27. მოცემულია ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატის სტრუქტურული ფორმულა:



მიუთითეთ მოლეკულაში არსებული ქიმიური ბმის ტიპები.

28. შეავსეთ ცხრილი:

ნივთიერება	ბმის ტიპი
CaCl_2	
	პოლარულ-კოვალენტური
Br_2	
	მოლეკულათაშორისი წყალბადური

29. რა არის განლაგებული სპილენძის კრისტალური მესრის კვანძებში?
ა) მხოლოდ მოლეკულები; ბ) მხოლოდ ატომები;
გ) როგორც ატომები, ასევე იონები; დ) მხოლოდ იონები.

თავი 3. ქიმიური ბმა

30. ჩამოთვლილთაგან რომელს აქვს მოლეკულური კრისტალური მესერი?
ა) I_2 ; ბ) C ; გ) Al_2O_3 ; დ) $NaCl$.
31. ჩამოთვლილთაგან რომელ მწკრივში გვხდება მხოლოდ იონური ბმის შემცველი ნივთიერებები?
ა) KBr , O_2 , CO_2 ; ბ) $FeCl_3$, BaS , Nal ;
გ) H_2O , H_2S ; KF ; დ) I_2 , KIO_3 , $MgCl_2$.
32. ჩამოთვლილთაგან რომელ ნივთიერებას აქვს ატომური კრისტალური მესერი?
ა) ნატრიუმის ქლორიდი; ბ) ალმასი; გ) წყალი; დ) აზოტმჟავა.
33. რა ტიპის ქიმიური ბმებია NH_4NO_3 -ში? პასუხი დაასაბუთეთ.
34. კალიუმის ატომმა გასცა ერთი ელექტრონი. ამ დროს:
ა) მისი ბირთვის მუხტი იზრდება ერთით
ბ) მისი ბირთვის მუხტი მცირდება ერთით
გ) ატომი გარდაიქმნა $+1$ მუხტის მქონე იონად
დ) ატომი გარდაიქმნა -1 მუხტის მქონე იონად
35. ქლორის ატომმა მიიერთა ერთი ელექტრონი. ამ დროს:
ა) მისი ბირთვის მუხტი იზრდება ერთით
ბ) მისი ბირთვის მუხტი მცირდება ერთით
გ) ატომი გარდაიქმნა $+1$ მუხტის მქონე იონად
დ) ატომი გარდაიქმნა -1 მუხტის მქონე იონად
36. მე-15 ჯგუფის ელემენტების უმაღლესი ჟანგბადნერთების ზოგადი ფორმულაა R_2O_5 , რა იქნება წყალბადნერთის ზოგადი ფორმულა?
37. დაწერეთ ნაერთის ფორმულა, რომელსაც წარმოქმნის მოცემულ იონთა წყვილები:
ა) Na^+ და O^{2-} ; ბ) Ba^{2+} და N^{3-} ; გ) Al^{3+} და S^{2-} ; დ) Cs^+ და S^{2-} .
38. დაასახელეთ იონური ნაერთები:
ა) Al_2O_3 ; ბ) Mg_3P_2 ; გ) $CaCl_2$; დ) KI ; ე) Na_2O ; ვ) BaF_2 .
39. მოცემულია X^{2+} იონი. უპასუხეთ კითხვებს:
ა) რომელ ჯგუფში შეიძლება მდებარეობდეს X ?
ბ) შეადგინეთ X ატომის ელექტრონული (ლუისის) ფორმულა.
გ) რომელი ელემენტია X , თუ ის მესამე პერიოდში მდებარეობს?
დ) როგორი იქნება მესამე პერიოდში მდებარე X ელემენტის ნიტრიდის ფორმულა?
ე) რამდენია დ პუნქტში აღნიშნული ნაერთის მოლური მასა?
ვ) რამდენია დ პუნქტში აღნიშნული ნაერთის 3 მოლის მასა?
40. გამოიყენეთ მოცემული ელექტრონული განაწილება და შეავსეთ ცხრილის ცარი-

თავი 3. ქიმიური ბმა

ელი უჯრები:

ატომის ელექტრონთა განაწილება	შე-საბამისი კატიონის სიმბოლო	ატომის ელექტრონთა განაწილება	შესაბამისი ანიონის სიმბოლო	ნაერთი	
				ფორმულა	სახელწოდება
2, 8, 2	Mg ²⁺	2, 5	N ³⁻	Mg ₃ N ₂	მაგნიუმის ნიტრიდი
2, 8, 8, 1		2, 6			
2, 8, 3		2, 8, 7			

41. გამოიყენეთ მოცემული ელექტრონული განაწილება და შეავსეთ ცხრილის ცარიელი უჯრები:

ატომის ელექტრონთა განაწილება	შე-საბამისი კატიონის სიმბოლო	ატომის ელექტრონთა განაწილება	შე-საბამისი ანიონის სიმბოლო	ნაერთი	
				ფორმულა	სახელწოდება
2, 8, 1		2, 7			
2, 8, 8, 2		2, 8, 6			
2, 8, 3		2, 8, 5			

42. კალას ერთ-ერთი იონი IV ვალენტია.

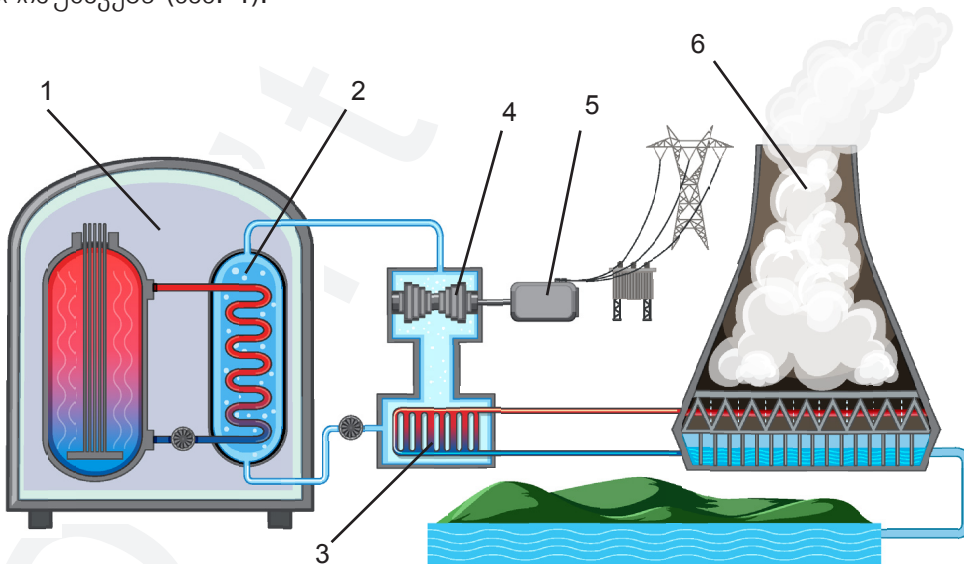
- დანერეთ ამ იონის სიმბოლო.
- რამდენი პროტონი და ელექტრონია ამ იონში?
- დანერეთ კალა(IV)-ის ოქსიდის ფორმულა.
- დანერეთ კალა(IV)-ის სულფატის ფორმულა.
- გამოთვალეთ დ პუნქტში აღნიშნული ნივთიერების 1 მოლის მასა.



ატომური ელექტროსადგურის (აეს) მუშაობის პრინციპი

ბირთვული რეაქციები, რომლებიც ენერგიის მისაღებად გამოიყენება, ატომურ რეაქტორებში ტარდება. ბირთვულმა რეაქციამ აფეთქება რომ არ გამოიწვიოს, ის მართვადი უნდა იყოს, რისთვისაც საჭიროა ნეიტრონების სიჩქარის შენელება. ამ ფუნქციას ატომურ რეაქტორებში ე. წ. „შემანელებლები“ - ნეიტრონების შთანთქმის უნარის მქონე ნივთიერებები ასრულებს. ასეთებია მძიმე წყალი (D_2O), გრაფიტი (C), კადმიუმი (Cd) და სხვ. შემანელებლის ღეროების რეაქტორში ჩაშვებით რეაქცია ნელდება, ხოლო მათ ბოლომდე თუ ჩაუშვებენ, ბირთვული რეაქცია წყდება. ბირთვული რეაქციის სამართავად რეაქტორში ღეროებს იმ მდგომარეობაში აფიქსირებენ, რომ საჭირო რაოდენობის ენერგია გამოიყოს.

აეს-ის რეაქტორში ელექტროენერგია შემდეგი პრინციპით გამოიმუშავდება: ბირთვული რეაქციის შედეგად გამოყოფილი სითბო აცხელებს ე. წ. „პირველი კონტურის“ წყალს $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ -მდე. წყალი გამოდის რეაქტორიდან და სითბოს გადასცემს „მეორე კონტურის“ წყალს, ისე, რომ მასთან კონტაქტში არ შედის. ამიტომ რეაქტორიდან გარეთ რადიოაქტიური ნივთიერებების მოხვედრა გამორიცხებულია. „მეორე კონტურის“ წყალი დუღს და წარმოქმნილი ორთქლი აბრუნებს გენერატორის ტურბინებს, რომლებიც ელექტროენერგიას გამოიმუშავებს (ნახ. 1).



ნახ. 1. ატომური ელექტროსადგურის სქემა. 1 - ბირთვული რეაქტორი; 2 - წყლის პირველი კონტური, 3 - წყლის მეორე კონტური; 4 - ტურბინა; 5 - გენერატორი; 6 - წყლის გამაცივებელი კოშკი.



თემის შემაჯამებელი დავალებები

1. პირველი ჯგუფის ელემენტების ზოგიერთი თვისება ნაჩვენებია ცხრილში:

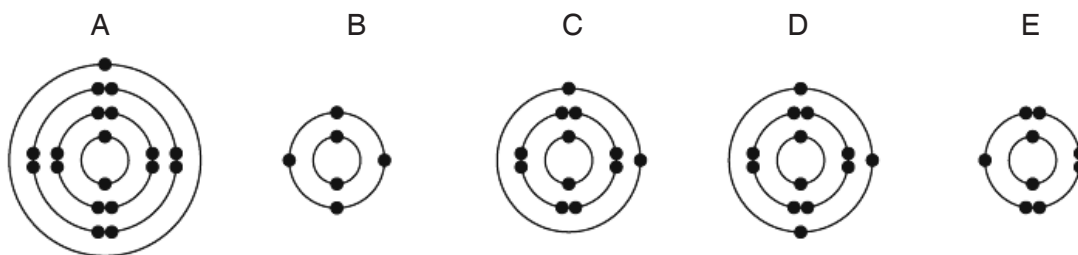
ელემენტი	დუღილის ტემპერატურა, °C	ატომური რადიუსი (პმ)	ფარდობითი თბოგამტარობა	რეაქცია წყალთან
ლითიუმი	1342	152	6.0	
ნატრიუმი	883	186	3.9	შედის რეაქციაში წყალთან სწრაფად, მაგრამ არ ააღდება
კალიუმი	759	227		ძალიან სწრაფად შედის რეაქციაში და ააღდება
რუბიდიუმი	688		1.6	
ცეზიუმი	671	265	1.0	წყალთან რეაქციის შედეგად ფეთქდება

ცხრილის მიხედვით უპასუხეთ ქვემოთ მოცემულ კითხვებს:

- 1.1. ივარაუდეთ, რა გარეგნული ნიშნებით წარიმართება ლითიუმისა და რუბიდიუმის წყალთან რეაქცია?
- 1.2. რომელი ქიმიური ტოლობით გამოისახება ნატრიუმის წყალთან ურთიერთქმედება? უსაფრთხოების რომელი წესების დაცვაა საჭირო ნატრიუმის წყალთან რეაქციის ჩატარებისას?
- 1.3. დაწერეთ ნატრიუმის ქლორთან რეაქციის ტოლობა და სტემატურად გამოსახეთ მიღებულ ნაერთში ბმის წარმოქმნის მექანიზმი; მიუთითეთ ბმის ტიპი.
- 1.4. კალიუმის ოქსიდი ფუძე ოქსიდია; რომელი რეაქციით დაასაბუთებთ მის ფუძე ბუნებას? შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.
- 1.5. დაადგინეთ პირველი ჯგუფის ელემენტის ოქსიდის ფორმულა, თუ მასში მეტალის მასური წილი არის 46.67%.
- 1.6. ელემენტი ცეზიუმის რადიოაქტიური იზოტოპი **Cs-137** ბირთვულ რეაქტორებში წარმოიქმნება. გარემოში მოხვედრის შემთხვევაში ის იწვევს გარემოს დაბინძურებას. მოიძიეთ ინფორმაცია მისი გამოყენების შესახებ.
- 1.7. ააგეთ გრაფიკი ან სვეტოვანი დიაგრამა, რომელიც აჩვენებს ფარდობითი თბოგამტარობის ცვლილებას ჯგუფში ზევიდან ქვევით; ამის საფუძველზე ივარაუდეთ კალიუმის ფარდობითი თბოგამტარობის მნიშვნელობა.

თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა

- 1.8. ააგეთ გრაფიკი ან სვეტოვანი დიაგრამა, რომელიც აჩვენებს ატომური რადიუსის ცვლილებას ჯგუფში ზევიდან ქვევით; ამის საფუძველზე ივარაუდეთ რუბიდიუმის ატომური რადიუსის მნიშვნელობა.
2. ელემენტი ფლეროვიუმი - Fl, ატომური ნომრით 114, ბირთვული რეაქციების შედეგად მიიღეს 1998 წელს.
- 2.1. პერიოდულობის ცხრილის რომელ პერიოდსა და ჯგუფში მდებარეობს ელემენტი ფლეროვიუმი?
- 2.2. ფლეროვიუმს აქვს ორი არასტაბილური იზოტოპი, რომელთა ნახევარდაშლის პერიოდი არის 21 წამი. ერთ იზოტოპი შეიცავს 172 ნეიტრონს, მეორე - 175-ს. დაწერეთ მოცემული იზოტოპების ნუკლიდები.
- 2.3. მცირე ნახევრად დაშლის პერიოდის გამო ლაბორატორიაში ფლეროვიუმი მიღება ძალიან ძნელია, შესაბამისად მისი თვისებები შესწავლილი არ არის. პერიოდულობის ცხრილში ფლეროვიუმის მდებარეობის მიხედვით ივარაუდეთ მისი ორი ფიზიკური თვისება.
- 2.4. ფლეროვიუმის უმაღლესი ოქსიდი, იშლება ფლეროვიუმ(II)-ის ოქსიდისა და ჟანგბადის წარმოქმნით. შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.
3. სქემაზე მოცემულია ხუთი ელემენტის A, B, C, D, E ელექტრონული სტრუქტურები



გაანალიზეთ სქემები და უპასუხეთ კითხვებს:

- 3.1. რომელი ელემენტი მდებარეობს პერიოდულობის ცხრილის მე-2 ჯგუფში?
- 3.2. რომელი ელემენტის ატომური ნომერია 13?
- 3.3. რომელი ელემენტი წარმოქმნის -1 მუხტის მქონე იონს?
- 3.4. რომელი ელემენტის შესაბამის მარტივ ნივთიერებას აქვს გიგანტური კოვალენტური სტრუქტურა?
- 3.5. რომელი ელემენტის შესაბამისი მარტივი ნივთიერება რეაგირებს წყალთან აალებით?
- 3.6. როგორი ტიპის ბმა მიიღება A და E ელემენტების შესაბამისი მარტივი ნივთიერებების ურთიერთქმედების შედეგად? ახსენით თქვენი პასუხი ბმის წარმოქმნის სქემის ჩვენებით.
- 3.7. დაწერეთ C ელემენტის შესაბამისი ოქსიდის ფორმულა. როგორი ბუნება აქვს ამ ოქსიდს? დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი შესაბამისი რეაქციის ტოლობით.
- 3.8. დაწერეთ A ელემენტის შესაბამისი მარტივი ნივთიერების წყალთან ურთიერთქმედების რეაქციის ტოლობა. როგორი pH ექნება მიღებულ ხსნარს?
- 3.9. რომელი ელემენტი წარმოქმნის ამფოტერულ ოქსიდს? დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი შესაბამის რეაქციათა ტოლობებით.

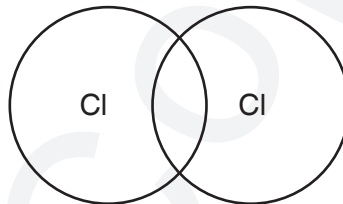
თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა

3.10. შეარჩიეთ ორი ელემენტი, რომლებიც მდებარეობს ერთსა და იმავე პერიოდში და შეადარეთ მათი ატომური რადიუსები. დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი.

4. ორგანიზმში კალიუმის ნაკლებობის სამკურნალოდ საკვების დანამატად იყენებენ კალიუმის ქლორიდს. ის ბუნებაში გავრცელებულია სხვადასხვა მინერალის შედგენილობაში, ლაბორატორიაში კი მისი მიღების ერთ-ერთი ხერხია კალიუმის ურთიერთქმედება ქლორთან.

4.1. შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

4.2. ქლორი ორატომიანი მარტივი ნივთიერებაა. ქვემოთ მოცემულ დიაგრამის გამოყენებით წარმოადგინეთ ქლორის მოლეკულის ლუისის ელექტრონული ფორმულა (აჩვენეთ მხოლოდ გარე შრის ელექტრონები).



რა ტიპის ბმაა ქლორის მოლეკულაში? პასუხი დაასაბუთეთ.

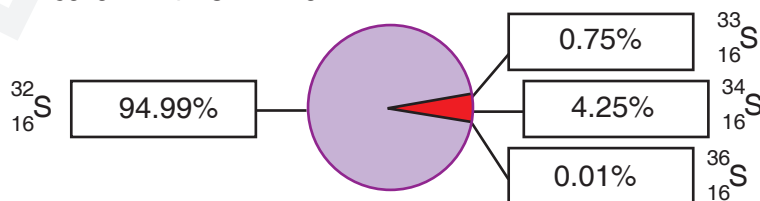
4.3. კალიუმის ქლორიდი იონური ნაერთია. ქვემოთ მოცემულ დიაგრამებზე აჩვენეთ კალიუმის და ქლორის იონებში ელექტრონების განაწილება; მიუთითეთ იონთა მუხტები.



4.4. ორგანიზმისთვის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ელემენტია კალციუმი, რომელიც ძვლებისა და კბილების შედგენილობაში შედის. კალციუმის ნაკლებობის შესავსებად გამოიყენება კალციუმის ქლორიდი. ივარაუდეთ რა ტიპის ბმაა ნაერთში კალციუმსა და ქლორს შორის.

4.5. შეადარეთ კალიუმისა და კალციუმის ქლორიდების ლღობის ტემპერატურები და დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი კულონის კანონის საფუძველზე.

5. გოგირდს აქვს ოთხი იზოტოპი. ბუნებრივ ნაერთებში იზოტოპების პროცენტული შემცველობა ნაჩვენებია დიაგრამაზე.



თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა

5.1. გამოთვალეთ გოგირდის საშუალო ფარდობითი ატომური მასა.

5.2. შეავსეთ ცხრილი $^{33}_{16}\text{S}$ იზოტოპისთვის:

ნეიტრონების რიცხვი	
პროტონების რიცხვი	
ელექტრონული ფორმულა	

5.3. ელემენტ გოგირდს აქვს სამი ალოტროპი. ერთ-ერთი ალოტროპის მოლეკულური ფორმულაა S_x . დაადგინეთ მოლეკულური ფორმულა, თუ მისი ფარდობითი მოლეკულური მასაა 256. ივარაუდეთ, რა ტიპის ბმების არსებობაა შესაძლებელი ატომებს შორის გოგირდის ამ მოლეკულაში.

5.4. დაწერეთ გოგირდის უმაღლესი ოქსიდისა და აქროლადი წყალბადნაერთის ფორმულები.

5.5. შეადარეთ ერთმანეთს ჟანგბადისა და გოგირდის წყალბადნაერთების დუღილის ტემპერატურები და ახსენით განსხვავების მიზეზი.

5.6. წყლის მოლეკულაში ბმის კუთხე არის 104.5°C . ივარაუდეთ როგორი კუთხე შეიძლება იყოს გოგირდწყალბადის მოლეკულაში?

5.7. გოგირდი რეაგირებს მაგნიუმთან იონური ნაერთის წარმოქმნით. შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა, დაასახელეთ მიღებული ნივთიერება და დაწერეთ ნაერთში შემავალი თითოეული იონის ელექტრონული კონფიგურაცია.

6. მოცემული გაქვთ სხვადასხვა ელემენტის ოქსიდები: ნახშირბადის დიოქსიდი, სპილენძ(II)-ის ოქსიდი, სილიციუმის დიოქსიდი, ნატრიუმის ოქსიდი, გოგირდის ტრიოქსიდი, თუთიის ოქსიდი.

6.1. რომელ ოქსიდს აქვს გიგანტური კოვალენტური სტრუქტურა? დაასახელეთ ამ ოქსიდის ერთი ფიზიკური თვისება.

6.2. რომელი ოქსიდია აირადი ოთახის ტემპერატურაზე? დაასახელეთ ამ ოქსიდის კიდევ ერთი ფიზიკური თვისება.

6.3. რომელი ოქსიდი რეაგირებს როგორც მჟავასთან, ასევე ტუტესთან? შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.

6.4. რომელი ოქსიდი წარმოქმნის ძლიერ მჟავას წყალთან ურთიერთქმედებისას? შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

6.5. რომელი ოქსიდის წყალთან ურთიერთქმედების შედეგად მიიღება ხსნარი, რომლის $\text{pH} > 7$ -ზე?

შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

6.6. შეადარეთ ნატრიუმის ოქსიდსა და ნახშირბადის დიოქსიდში არსებული ბმის ტიპები.

7. კალციუმის ოქსიდი იონური ნაერთია, რომელიც ასევე ცნობილია ჩაუმქრალი კირის სახელწოდებით. ამ ოქსიდის წყალთან რეაქციის შედეგად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო და მიიღება ნივთიერება, რომელსაც ჩამქრალი კირის სახელწოდებით

თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა

ვიცნობთ. ეს ნივთიერება გამოყენება მჟავა წვიმებით დაზიანებული ნიადაგების განეიტრალებისთვის.

- 7.1. დაწერეთ კალციუმის ოქსიდში შემავალი იონების ელექტრონული ფორმულები და აჩვენეთ იონური ბმის წარმოქმნის სქემა.
- 7.2. დაწერეთ კირის ჩაქრობის რეაქციის ტოლობა და დაასახელეთ მიღებული ნივთიერება საერთაშორისო ნომენკლატურით.
- 7.3. გამოთვალეთ ჩამქრალი კირის მასა, თუ რეაქციისთვის აღებული კალციუმის ოქსიდი მიიღეს 80 გრამი კალციუმის ქარბ ჟანგბადთან ურთიერთქმედებით.
8. ფოსფორი არის მე-15 ჯგუფში მდებარე არამეტალი. ეს ელემენტი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე ბიოლოგიურ პროცესებში. ფოსფორი შედის კალციუმის ფოსფატის შედგენილობაში, რომელიც კბილებსა და ძვლებში შემავალ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნივთიერებას წარმოადგენს. თავისუფალი სახით ფოსფორს აქვს სამი ალოტროპი: თეთრი, წითელი და შავი. თეთრი ფოსფორი მოლეკულური აღნაგობის მარტივი ნივთიერებაა და მისი ფორმულაა P_4 . წარმოებაში ფოსფორი მიიღება ქვემოთ წარმოდგენილი რეაქციის შედეგად:



- 8.1. გამოთვალეთ მიღებული ფოსფორის მასა, თუ რეაქციაში სრულად შევიდა 62 გ კალციუმის ფოსფატი.
- 8.2. კალციუმის ფოსფატს აქვს მაღალი ლღობის ტემპერატურა. რომელი ტიპის ბმა განაპირობებს ამ თვისებას? ახსენით თქვენი პასუხი.
- 8.3. სავარაუდოდ, რა ტიპის ბმა შეიძლება იყოს ფოსფორის მოლეკულაში (P_4) ფოსფორის ატომებს შორის?
- 8.4. სიმარტივის მიზნით ხშირად რეაქციის ტოლობებში ფოსფორს წერენ ერთატომიანი სახით. შეადგინეთ ფოსფორისგან ფოსფორმჟავას მიღების რეაქციათა ტოლობები.
- 8.5. ფოსფორმჟავას იყენებენ გამაგრილებელ სასმელებში და საკვებ პროდუქტებში მჟავიანობის რეგულირებისათვის. გამოთვალეთ, რამდენ მგ ფოსფორს მიიღებთ, თუ დალევთ 200 მლ (1 ჭიქა) გამაგრილებელ სასმელს, რომელიც 19.6 მგ ფოსფორმჟავას შეიცავს.
- 8.6. გამოთვალეთ რამდენი მოლეკულა ფოსფორმჟავაა ერთ ჭიქა ამ სასმელში.
9. ცხრილში ნაჩვენებია მე-16 ჯგუფის ელემენტების ზოგიერთი თვისება

ელემენტი	სიმკვრივე ოთახის ტემპერატურაზე, გ/სმ ³	ლღობის ტემპერატურა, °C	დუღილის ტემპერატურა, °C	ელექტროგამტარობა მყარ მდგომარეობაში
ჟანგბადი	0.0013	-219	-183	ძალიან ცუდი
გოგირდი	2.1	115	445	ცუდი
სელენი		221	685	ცუდი
ტელური	6.2	450	988	ძალიან კარგი
პოლონიუმი	9.2	254	962	კარგი

თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა

- 9.1. ააგეთ გრაფიკი ან სვეტოვანი დიაგრამა, რომელიც აჩვენებს სიმკვრივის ცვლილებას ჯგუფში ზევიდან ქვევით; ამის საფუძველზე ივარაუდეთ სელენის სიმკვრივის მნიშვნელობა ოთახის ტემპერატურაზე.
- 9.2. ცხრილში მოცემული ინფორმაციის მიხედვით განსაზღვრეთ, როგორ აგრეგატულ მდგომარეობაში იქნება ჟანგბადი -190°C -ზე. ახსენით თქვენი პასუხი.
- 9.3. ახსენით ელექტროგამტარობის ცვლილება პერიოდულობის ცხრილში ელემენტების მდებარეობის საფუძველზე.
- 9.4. რომელი ელემენტი წარმოქმნის ორატომიან მარტივ ნივთიერებას და რა ტიპის ბმით უკავშირდება ატომები ერთმანეთს მასში?
- 9.5. გოგირდი ჟანგბადთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის გოგირდის დიოქსიდს, რომელიც ატმოსფეროს ერთ-ერთ დამაბინძურებელს წარმოადგენს. გოგირდის დიოქსიდი ატმოსფეროში წყალთან ურთიერთქმედების შედეგად ხელს უწყობს მჟავა წვიმების ფორმირებას. შეადგინეთ აღწერილ რეაქციათა ტოლობები და დაასახელეთ მიღებული მჟავა.
- 9.6. გოგირდის წყალბადთან ნაერთი - გოგირდწყალბადი უფერო, ლაყე კვერცხის უსიამოვნო სუნის მქონე აირია. ის წარმოიქმნება ცილების დაშლის შედეგად.
ლაბორატორიაში გოგირდწყალბადი მიიღება რკინა(II)-ის სულფიდზე მარილმჟავას მოქმედებით. გოგირდწყალბადის წყალხსნარი (გოგირდწყალბადმჟავა) ურთიერთქმედებს ნატრიუმის ტუტესთან მარილისა და წყლის წარმოქმნით. ის ადვილად იწვის ჰაერზე გოგირდის დიოქსიდისა და წყლის წარმოქმნით.
შეადგინეთ აღწერილი რეაქციების ტოლობები.

10. ცხრილში ნაჩვენებია მე-15 ჯგუფის ელემენტთა ზოგიერთი თვისება:

ელემენტი	ლღობის ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$	დუღილის ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$	ელექტროგამტარობა მყარ მდგომარეობაში
აზოტი	-210	-196	არ ატარებს
ფოსფორი	44	281	არ ატარებს
დარიშხანი			არ ატარებს
სტიბიუმი	631	1587	ცუდი
ბისმუთი	271	1564	კარგი

- 10.1. ააგეთ გრაფიკები ან სვეტოვანი დიაგრამა, რომელიც აჩვენებს ლღობისა და დუღილის ტემპერატურების ცვლილებას ჯგუფში ზევიდან ქვევით; ამის საფუძველზე ივარაუდეთ დარიშხანის ლღობისა და დუღილის ტემპერატურების მნიშვნელობები ოთახის ტემპერატურაზე?
- 10.2. ცხრილში მოცემული ინფორმაციის მიხედვით განსაზღვრეთ, როგორ აგრეგატულ მდგომარეობაში იქნება აზოტი -200°C -ზე. ახსენით თქვენი პასუხი.
- 10.3. შეადარეთ ბმის ტიპი მარტივ ნივთიერებებში - აზოტსა და ბისმუთში.
- 10.4. აზოტის ოქსიდები (NO და NO_2) ატმოსფეროს ერთ-ერთ დამაბინძურებელ წყაროს წარმოადგენს. ისინი წარმოიქმნება ბენზინზე მომუშავე შიდაწვის ძრავებში და გამონაბოლქვთან ერთად ჰაერში გამოიყოფა. დაბინძურების შემცირების მიზნით

თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა

ხშირად ავტომობილებში იყენებენ კატალიზურ გარდამქმნელს, რომელიც გამოყოფილ ოქსიდებს აზოტად და ჟანგბადად გარდაქმნის. შეადგინეთ აღნიშნულ რეაქციათა ტოლობები.

- 10.5. აზოტის წყალბადთან ურთიერთქმედებით მიიღება ამიაკი, რომელიც გამოიყენება ნედლეულად სასუქების, მედიკამენტებისა და სხვა მნიშვნელოვანი პროდუქტების წარმოებაში. ამიაკის ურთიერთქმედებით აზოტმჟავასთან მიიღება ამონიუმის ნიტრეტი, რომელიც ერთ-ერთი ფართოდ გავრცელებული სასუქია.

ა) დაწერეთ აზოტისგან ამონიუმის ნიტრატის მიღების პროცესის შესაბამისი ქიმიური რეაქციების ტოლობები და გამოთვალეთ, რამდენი გრამი ამონიუმის ნიტრატის მიღებაა შესაძლებელი 89.6 ლ (ნ. პ.) აზოტისგან?

ბ) რა ტიპის ბმებია ამონიუმის ნიტრატში? პასუხი დაასაბუთეთ.

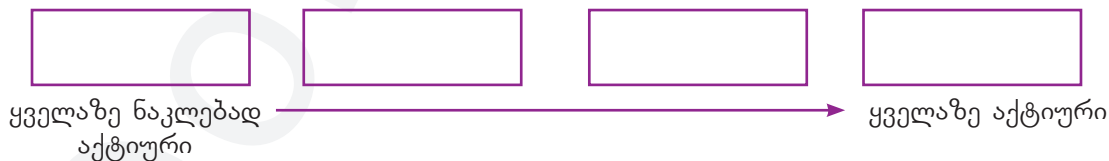
11. მეტალების დამახასიათებელი ფიზიკური თვისებებია ელექტრო- და თბოგამტარობა.

- 11.1. დაასახელეთ კიდევ ორი ფიზიკური თვისება, რომლებიც ახასიათებთ მეტალებს; ახსენით, რა განაპირობებს მეტალების ამ თვისებებს.

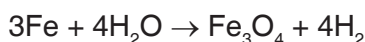
- 11.2. ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი მეტალის წყალთან რეაქციის აღწერა.

მეტალი	შედეგის აღწერა
ცერიუმი	ნელა რეაგირებს ცივ წყალთან
რკინა	რეაგირებს წყლის ორთქლთან მაღალ ტემპერატურაზე
მაგნიუმი	ნელა რეაგირებს ცხელ წყალთან
ნატრიუმი	სწრაფად რეაგირებს ცივ წყალთან

ამ ინფორმაციის საფუძველზე დაალაგეთ მოცემული მეტალები მათი რეაქციისუნარიანობის მიხედვით.



- 11.3. წარმოებაში წყალბადის მისაღებად იყენებენ რკინის წყლის ორთქლთან ურთიერთქმედების რეაქციას:



გამოთვალეთ რა მოცულობას დაიკავებს მიღებული წყალბადი ნ. პ.-ში, თუ წარმოებაში ნედლეულად გამოიყენეს 6.22 ტ რკინა, რომელიც 10% მინარევებს შეიცავდა.



განვლილი მასალის შეჯამება

დარწმუნდით, რომ იცით:

- ატომი შედგება ატომბირთვისა და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონებისგან.
- ატომბირთვი შედგება პროტონებისა და ნეიტრონებისგან.
- ატომებს, რომელთაც პროტონების ერთნაირი და ნეიტრონების განსხვავებული რიცხვი აქვს, იზოტოპები ეწოდება.
- ზოგიერთი იზოტოპი თავისთავად ასხივებს, რასაც რადიოაქტიურობა ეწოდება.
- დროს, რომელიც საჭიროა რადიოიზოტოპის რაოდენობის განახევრებისთვის, ნახევრად დაშლის პერიოდი ეწოდება.
- სივრცის იმ ნაწილს, სადაც ელექტრონი მოძრაობს ბირთვის გარშემო, ელექტრონული გარსი ანუ ელექტრონული შრე ეწოდება.
- სივრცის იმ ნაწილს, რომელშიც ელექტრონი ყველაზე ხშირად იმყოფება, ელექტრონული ორბიტალი ეწოდება.
- ელექტრონული დონეები მოიცავს ქვედონეებს, რომლებიც, თავის მხრივ, შედგება ორბიტალებისგან.
- ელექტრონები ორბიტალებს იკავებს ენერგიის ზრდის მიხედვით.
- ერთსა და იმავე ორბიტალზე შეიძლება მოძრაობდეს მხოლოდ ორი ელექტრონი, რომლებიც საკუთარი ღერძის გარშემო ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით ბრუნავს.
- p , d და f ორბიტალები ჯერ ერთი მიმართულების ელექტრონებით ივსება (ზევით მიმართული), ხოლო შემდეგ განწყვილდება საპირისპიროდ მიმართული ისრით.
- ელემენტებისა და მათი ნაერთების თვისებები პერიოდულ დამოკიდებულებაშია ატომბირთვის მუხტის სიდიდესთან ანუ ატომში პროტონების რაოდენობასთან.
- პერიოდებში ელემენტთა ატომების სავალენტო შრეზე ელექტრონების რაოდენობის პერიოდული ცვლილება იწვევს ელემენტებისა და მათი ნაერთების თვისებების პერიოდულ ცვლილებას.
- ატომურ რადიუსად ითვლება ორ მეზობელ ატომბირთვს შორის მანძილის ნახევარი.
- ელემენტებს ან იონებს, რომლებსაც ელექტრონების ერთნაირი და პროტონების განსხვავებული რიცხვი აქვს, იზოელექტრონული ნაწილაკები ეწოდება.
- მინიმალურ ენერგიას, რომელიც საჭიროა აირად მდგომარეობაში ატომიდან ელექტრონის მოსაცილებლად, იონიზაციის ენერგია ეწოდება.
- ენერგიას, რომელიც გამოიყოფა აირად მდგომარეობაში ატომის მიერ ელექტრონის მიერთების დროს, ელექტრონისადმი სწრაფვა ეწოდება.
- ელექტროუარყოფითობა არის ელემენტის უნარი, მიიზიდოს ქიმიური ბმის წარმომქმნელი საზიარო ელექტრონული წყვილი.
- პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ: ძლიერდება არამეტალური თვისებები, იზრდება იონიზაციის ენერგია, ელექტრონისადმი სწრაფვა და ელექტროუარყოფითობა; სუსტდება მეტალური თვისებები, მცირდება ატომური რადიუსი.

თემა 1. ატომის აღნაგობა და ქიმიური ბმა

- ჯგუფებში ზევიდან ქვევით: ძლიერდება მეტალური თვისებები, იზრდება ატომური რადიუსი; სუსტდება არამეტალური თვისებები, მცირდება იონიზაციის ენერგია, ელექტრონისადმი სწრაფვა და ელექტროუარყოფითობა.
- კატიონის რადიუსი ყოველთვის ნაკლებია შესაბამისი ატომის რადიუსზე.
- ანიონის რადიუსი ყოველთვის მეტია შესაბამისი ატომის რადიუსზე.
- 8-ელექტრონიან გარე შრეს ოქტეტი ეწოდება.
- ელექტროსტატიკურ მიზიდულობას ურთიერთსაწინააღმდეგოდ დამუხტულ იონებს შორის იონური ბმა ეწოდება.
- საზიარო ელექტრონული წყვილ(ებ)-ით დამყარებულ ბმას კოვალენტური ბმა ეწოდება.
- კოვალენტური ბმა შეიძლება იყოს პოლარული ან არაპოლარული.
- ატომბირთვის შემაერთებული ღერძის გასწვრივ ორბიტალების გადაფარვით წარმოიქმნება σ ბმა, ხოლო p ორბიტალების გვერდითი გადაფარვით - π ბმა.
- კოვალენტური ბმა შეიძლება დამყარდეს დონორულ - აქცეპტორული მექანიზმითაც.
- ბმის ენერგია არის ენერგიის ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1 მოლი კოვალენტური ბმის გასაწყვეტად აირად მდგომარეობაში, სტანდარტულ პირობებში.
- ბმის ჯერადობის ზრდასთან ერთად მცირდება ბმის სიგრძე და იზრდება ენერგია.
- ატომური და იონური ნივთიერებების ლღობისა და დუღილის ტემპერატურა ბევრად მაღალია მოლეკულური აღნაგობის ნივთიერებებისაზე.
- ელექტროსტატიკურ მიზიდულობას მეტალის კატიონებსა და თავისუფალ ელექტრონებს შორის მეტალური ბმა ეწოდება.
- ნივთიერებებში შემავალი ბმები განაპირობებს მათ თვისებებს.
- მიზიდულობის ძალებს, რომლებიც მოლეკულაში არსებულ ატომებს ერთმანეთთან აკავშირებს, შიდამოლეკულური ძალები ეწოდება.
- მიზიდულობის ძალებს, რომლებიც მოლეკულებს ერთმანეთთან აკავშირებს, მოლეკულათაშორისი ძალები ეწოდება.

ცხრილი I. როგორ იწერება და როგორ იკითხება ზოგიერთი ქიმიური ელემენტის სიმბოლო

სიმბოლო	ქართული სახელწოდება	ლათინური სახელწოდება	როგორ წავიკითხოთ ფორმულაში
H	წყალბადი	Hydrogenium	ჰაშ
O	ჟანგბადი	Oxygenium	ო
C	ნახშირბადი	Carboneum	ცე
N	აზოტი	Nitrogenium	ენ
S	გოგირდი	Sulphur	ეს
P	ფოსფორი	Phosphorus	პე
Si	სილიციუმი	Silicium	სილიციუმ
Cl	ქლორი	Chlorum	ქლორ
F	ფთორი	Fluorum	ფთორ
Br	ბრომი	Bromum	ბრომ
I	იოდი	Iodium	იოდ
Fe	რკინა	Ferrum	ფერუმ
Al	ალუმინი	Aluminium	ალუმინ
Na	ნატრიუმი	Natrium	ნატრიუმ
K	კალიუმი	Kalium	კალიუმ
Li	ლითიუმი	Lithium	ლითიუმ
Ca	კალციუმი	Calcium	კალციუმ
Mg	მაგნიუმი	Magnesium	მაგნიუმ
Ba	ბარიუმი	Barium	ბარიუმ
He	ჰელიუმი	Helium	ჰელიუმ
Ne	ნეონი	Neon	ნეონ
Kr	კრიპტონი	Kryptonum	კრიპტონ
Ar	არგონი	Argon	არგონ
Zn	თუთია	Zincum	ცინკუმ
Sn	კალა	Stannum	სტანუმ
Pb	ტყვია	Plumbum	პლუმბუმ
Cr	ქრომი	Chromium	ქრომ
Mn	მანგანუმი	Manganum	მანგანუმ
Co	კობალტი	Cobaltum	კობალტ
Ni	ნიკელი	Niccolum	ნიკელ
As	დარიშხანი	Arsenicum	არსენიკუმ
Cu	სპილენძი	Cuprum	კუპრუმ
Ag	ვერცხლი	Argentum	არგენტუმ
Au	ოქრო	Aurum	აურუმ
Hg	ვერცხლისწყალი	Hydrargyrum	ჰიდრარგირუმ
Pt	პლატინა	Platinum	პლატინუმ
U	ურანი	Uranium	ურანიუმ

ქიმიაში ხშირად გამოყენებული ერთეულები

პრეფიქსი	პიკო (პ)	ნანო (ნ)	მიკრო (მკ)	მილი (მ)	სანტი (ს)	დეცი (დ)	კილო (კ)
მნიშვნელობა	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^3

განზომილება	სიგრძე	დრო	მასა	მოცულობა	რაოდენობა
ერთეული	მეტრი	წამი	გრამი	ლიტრი	მოლი
აღნიშვნა	მ	წმ	გ	ლ	მოლი

სიგრძე:

$$1 \text{ მ} = 10^{12} \text{ პმ} = 10^9 \text{ ნმ} = 10^6 \text{ მკმ} = 10^3 \text{ მმ} = 10^2 \text{ სმ} = 10^{-3} \text{ კმ}$$

დრო:

$$1 \text{ წმ} = 10^9 \text{ ნწმ} = 10^6 \text{ მკწმ} = 10^3 \text{ მწმ}$$

$$1 \text{ წთ} = 60 \text{ წმ}$$

$$1 \text{ სთ} = 60 \text{ წთ} = 3600 \text{ წმ}$$

მასა:

$$1 \text{ გ} = 10^9 \text{ ნგ} = 10^6 \text{ მკგ} = 10^3 \text{ მგ} = 10^{-3} \text{ კგ}$$

მოცულობა:

$$1 \text{ ლ} = 10^6 \text{ მკლ} = 10^3 \text{ მლ} = 1 \text{ დმ}^3 = 10^{-3} \text{ მ}^3$$

რაოდენობა:

$$1 \text{ მოლი} = 10^6 \text{ მკმოლი} = 10^3 \text{ მმოლი} = 10^{-3} \text{ კმოლი}$$

მეტალთა ელექტროქიმიური აქტიურობის მწკრივი

აქტიურობა მცირდება

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Cr Zn Fe Co Ni Sn Pb H Cu Hg Ag Pt Au

მჟავებიდან წყალბადს აძევებს

მჟავებიდან წყალბადს
ვერ აძევებს

ელემენტთა ფარდობითი ელექტროუარყოფითობების ცხრილი

1 H 2.2																						
3 Li 1.0	4 Be 1.6																					
11 Na 0.9	12 Mg 1.3																					
19 K 0.8	20 Ca 1.0	21 Sc 1.4	22 Ti 1.5	23 V 1.6	24 Cr 1.7	25 Mn 1.6	26 Fe 1.8	27 Co 1.9	28 Ni 1.9	29 Cu 1.9	30 Zn 1.7	31 Ga 1.8	32 Ge 2.0	33 As 2.2	34 Se 2.6	35 Br 3.0						
37 Rb 0.8	38 Sr 1.0	39 Y 1.2	40 Zr 1.3	41 Nb 1.6	42 Mo 2.2	43 Tc 2.1	44 Ru 2.2	45 Rh 2.3	46 Pd 2.2	47 Ag 1.9	48 Cd 1.7	49 In 1.8	50 Sn 2.0	51 Sb 2.1	52 Te 2.1	53 I 2.7						
55 Cs 0.8	56 Ba 0.9	57 La* 1.1	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2						
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89 Ac** 1.1																				

< 1.0

1.0-1.4

1.5-1.9

< 1.0

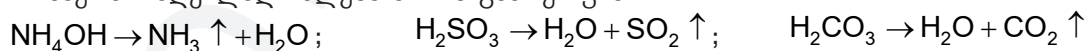
1.0-1.4

1.5-1.9

მარილების, ფუძეებისა და მჟავების წყალში ხსნადობის ცხრილი

იონები	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺
OH ⁻		ხს*	ხს	ხს	—	ხს	მხ	უ	უ	უ	—	უ	უ	უ	უ
F ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	მხ	მხ	ხს	უ	მხ	ხს	მხ
Cl ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	ხს	ხს	ხს
Br ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	მხ	ხს	ხს	ხს
I ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	ხს	—	ხს
S ²⁻	ხს**	ხს	ხს	ხს	უ	—	—	—	უ	უ	უ	უ	უ	უ	—
NO ₃ ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს
SO ₃ ²⁻	ხს*	ხს	ხს	ხს	მხ	მხ	მხ	მხ	მხ	—	—	უ	მხ	—	—
SO ₄ ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	უ	მხ	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	ხს	ხს	ხს
CO ₃ ²⁻	ხს*	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	უ	უ	—	—	უ	უ	—	—
SiO ₃ ²⁻	უ	—	ხს	ხს	უ	უ	უ	უ	უ	—	—	უ	უ	—	—
PO ₄ ³⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ
CH ₃ COO ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	—	—

* – ნაერთი ადვილად იშლება აირის გამოყოფით:



** - ხსნარიდან აირის სახით გამოიყოფა: $\text{H}_2\text{S} \uparrow$

ხს - ხსნადი; მხ - მცირედ ხსნადი; უ - უხსნადი; „—“ - ნაერთი არ არსებობს ან წყლით იშლება.

105

ქიმიური ელემენტების პერიოდულობის ცხრილი (მოკლე)

ბუნებრივი	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

გამოსათვლელი დავალებების პასუხები

გვ. 12, 1.2.

1. 79.986.

გვ. 27-31, შემაჯამებული სავარჯიშოები - თავი 1.

14. 69.8. 15. 63.6. 21. 52.05. 22. 28.09. 23. In-113 – 9%, In-115 – 91%. 24. Sb-121 – 62.5%, Sb-123 – 37.5%.

გვ. 85-91, შემაჯამებული სავარჯიშოები - თავი 3.

3. თ) 117 გ. 4. თ) 27.5 გ. 10. ე) 424 გ. 39. ე) 100 გ/მოლი; ე) 300 გ. 42. ე) 311 გ.

გვ 93-99, თემის შემაჯამებული სავარჯიშოები.

5.1. 32.0641. 7.3. 148 გ. 8.1. 12.4 გ. 8.5. 6.2 მგ. 8.6. $1.2 \cdot 10^{23}$ მოლეკულა. 10.5. 640 გ. 11.3. 2985.6 მ³

გამოყენებული რესურსები:

1. <https://el.ge>
2. <https://iupac.org>
3. <https://www.cas.org>
4. <https://www.britannica.com>
5. <https://chem.libretexts.org>
6. <https://www.acs.org>

სურათები:

<https://www.shutterstock.com/>