

ქეთევან გასაუვილი

**ლაბორატორიული სამუშაოები
არაორგანულ ქიმიაში**



„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ქეთევან მახაშვილი

ლაბორატორიული სამუშაოები
არაროგბანულ ქიმიასში



რეკომენდებულია საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 06.12.2017, ოქმი №3

თბილისი
2017

დამხმარე სახელმძღვანელო შეიცავს ლაბორატორიულ სამუშაოებთან თემატურად დაკავშირებულ თეორიულ მასალას. მოკლედაა განხილული s-, p- და d- ელემენტები. მოცემულია ამ ელემენტების თვისებები და მათი ნაერთების გამოყენების სფეროები. აღწერილია არაორგანულ ქიმიაში ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარების მეთოდები.

დამხმარე სახელმძღვანელო განკუთვნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის,
აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების
ინჟინერიის ფაკულტეტის პროფესორი, ქიმიის
მეცნიერებათა დოქტორი იოსებ შათირიშვილი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური
ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი
დენიტა ბიბილეიშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2017

ISBN 978-9941-20-955-0

<http://www.gtu.ge>



Verba volant,
scripta manent

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე. საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები. ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიცია.

შესავალი

ქიმია საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დარგია, რომელიც შეისწავლის ელემენტებს, მათ მიერ წარმოქმნილ ნაერთებს, მათ თვისებებს, გარდაქმნებს და ამ გარდაქმნების თანმხლებ მოვლენებს.

ქიმია პირველხარისხოვან როლს ასრულებს ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროში, როგორებიცაა მძიმე მრეწველობა, კვების მრეწველობა, მედიცინა, სოფლის მეურნეობა და მეცნიერების სხვადასხვა დარგი. უნდა აღინიშნოს მისი როლი სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის საქმეში, რომელიც ითვალისწინებს შემდეგი ღონისძიებების ჩატარებას:

- მინერალური, მაკრო- და მიკროსასუქების ფართო გამოყენება, როგორც მოსავლიანობისა და სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ხარისხის გაზრდის საკმაოდ ძლიერი და ეფექტური საშუალება;
- კირის, თაბაშირისა და სხვა ნივთიერებების შეტანა ნიადაგის სტრუქტურის გასაუმჯობესებლად;
- ჰერბიციდების გამოყენება (სარეველების მოსასპობად);
- სტიმულატორების გამოყენება მცენარეებისა და მათი ნაყოფიანობის ზრდისათვის;
- შხამ-ქიმიკატების გამოყენება (მწერებისა და მღრღნეულების მოსასპობად);

- მცენარეთა დაავადებების წინააღმდეგ ბრძოლა;
- ქიმიური ნივთიერებების გამოყენება ცხოველების საკვებ რაციონში.

ამრიგად, სოფლის მეურნეობისა და მრეწველობის ყველა დარგი დაკავშირებულია ქიმიასთან და მათი გამოყენების შესაძლებლობებთან.

ქიმიურ ლაბორატორიებში მუშაობის უსაფრთხოების ზოგადი წესები

ქიმიურ ლაბორატორიაში მუშაობისას დაცული უნდა იყოს უსაფრთხოების შემდეგი წესები:

- 1) ლაბორატორიაში მუშაობისას აუცილებელია სპეციალური ტანსაცმლით უზრუნველყოფა (ბამბის ხალათი);
- 2) ლაბორატორიაში არსებული ნივთიერებები მეტ-ნაკლებად მომწამვლელი და ცეცხლსაშიშია, ამიტომ აუცილებელია უსაფრთხოების დაცვა და წესრიგი;
- 3) არ უნდა დაუშვათ ნივთიერებების კანთან შეხება, ხელებით არ უნდა შევეხოთ სახესა და თვალებს, მუშაობის დროს არ შეიძლება საკვების მიღება;
- 4) ყველა ჭურჭელზე, რომელშიც რეაქტივი ინახება, უნდა იყოს ზუსტი დასახელება. რეაქტივების გამოყენება უპტიკეტო ჭურჭლიდან აკრძალულია;
- 5) კატეგორიულად აკრძალულია ქიმიური ნივთიერებების გემოს გასინჯვა. არ შეიძლება პირდაპირ შესუნთქვა;
- 6) ზოგიერთი ექსპერიმენტის ჩატარებისას, უსაფრთხოების მიზნით, აუცილებელია დამცავი სათვალთ ან ნიღბით სარგებლობა;
- 7) მჟავების ან ტუტეების ხსნარების ჩამოსხმა უნდა ხდებოდეს გამწოვ კარადაში, დამცავი სათვალთ;

- 8) მეტალურ ნატრიუმთან მუშაობისას აუცილებელია მშრალი ჭურჭლის გამოყენება. არ შეიძლება ნატრიუმთან მუშაობა წყლის სიახლოვეს. სამუშაოს დამთავრების შემდეგ რეაქციაში შეუსვლელი ნატრიუმი უნდა შეგროვდეს ნავთიან ჭურჭელში;
- 9) გოგირდმჟავას განზავებისას, საჭიროა მჟავა ჩავახათ წყალში მცირე უღუფებით, მუდმივი მორვევის პირობებში და არა პირიქით;
- 10) სახე არ უნდა იყოს მიტანილი იმ ჭურჭელთან, რომელშიც სითხე ცხელდება, რადგან მოსალოდნელია გაშხეფება;
- 11) სპირტქურის ალი არ უნდა ჩავაქროთ სულის შებერვით, ამისთვის გამოყენებული უნდა იყოს მისი ხუფი;
- 12) არ შეიძლება ცდის ჩატარება ჭუჭყიან ჭურჭელში. ჭურჭელი უნდა გაირეცხოს ცდის დამთავრებისთანავე;
- 13) მშრალი ტუტეები უნდა ავიღოთ მხოლოდ შპატელით, მათი დაქუცმაცებისას კი აუცილებელია სათვალის გამოყენება;
- 14) კანზე კონცენტრირებული მჟავას მოხვედრისას, დამწვარი ადგილი უნდა ჩამოიბანოს დიდი რაოდენობის წყლით, შემდეგ კი – ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის (NaHCO_3) 2%-იანი ხსნარით; კონცენტრირებული ტუტის მოხვედრისას დაზიანებული ადგილი უნდა ჩამოიბანოს დიდი რაოდენობის

- წელით, შემდეგ კი – 2%-იანი ბორმეჟავას ან ძმარ-
მეჟავას ხსნარით;
- 15) მეჟავას ან ტუტის მოხვედრისას, თვალის ღორწო-
ვან გარსზე, აუცილებელია მაშინვე მოხანკა დიდი
რაოდენობის წელით, შემდეგ კი აუცილებლად
მიმართეთ ექიმს;
- 16) გაჭრის შემთხვევაში, ჭრილობა უნდა დამუშავდეს
ჯერ კალიუმის პერმანგანატით ან სპირტით, შემ-
დეგ კი – იოდით;
- 17) მომწამვლელი გაზების (ქლორი, ბრომი, გოგირდ-
წყალბადი, ნახშირბადის (II) ოქსიდი, ბუნებრივი
გაზი) მოხვედრისას სასუნთქ გზებში, დაზარა-
ლებული აუცილებელია გამოვიყვანოთ სუფთა
ჰაერზე, ხოლო მძიმე შემთხვევაში დაუყოვნებლივ
მივმართოთ ექიმს.

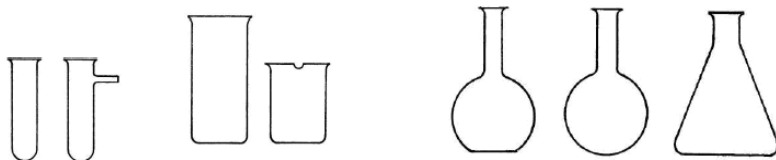
ქიმიური ჯურჯელი

ლაბორატორიაში ცდების ჩასატარებლად, გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების მინისა და ფაიფურის ქიმიური ჯურჯელი, რომელიც უნდა იყოს თერმომედეგი და მდგრადი ქიმიური რეაქციებისას. უფრო ხშირად იყენებენ მინისაგან დამზადებულ ჯურჯელს. ქიმიური ჯურჯელი მზადდება სხვადასხვა მარკის მინისაგან. თერმომედეგი და ქიმიურად მდგრადი ჯურჯლის დასამზადებლად იყენებენ სპეციალურ ბორსილიკატურ და კვარცულ მინას.

ფაიფური მინასთან შედარებით ხასიათდება მაღალი ქიმიური და თერმომედეგი თვისებებით. ფაიფურისაგან დამზადებული ჯურჯელი უფრო ძვირადღირებულია ვიდრე მინის, მაგრამ აქვს ერთი ნაკლი – გაუმჭვირვალეა. ამიტომ ფაიფურის ჯურჯლის ჩამონათვალი საკმაოდ შეზღუდულია. ფაიფურისაგან ამზადებენ ძირითადად ჭიქებს, ბიუხნერის ძაბრებს, ასაორთქლებელ ჯამებს, ტიგელებს – ნივთიერებების მაღალ ტემპერატურაზე გასაშრობად.

ექსპერიმენტების ჩასატარებლად გამოყენებული ჯურჯელი იყოფა სამ ჯგუფად:

1. ზოგადი დანიშნულების – სინჯარები, ჭიქები, კოლბები (ბრტყელძირა, მრგვალძირა, კონუსური), დაბრები და სხვა;

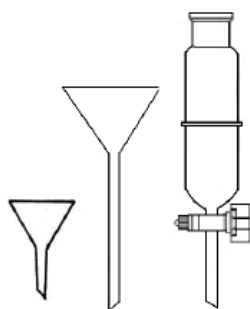


სინჯარები

ჭიქები

კოლბები

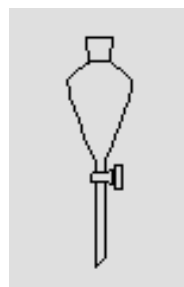
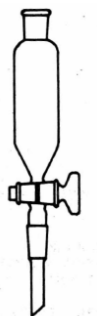
ბრტყელძირა მრგვალძირა კონუსური
(ერლენმეიერის)



დაბრები

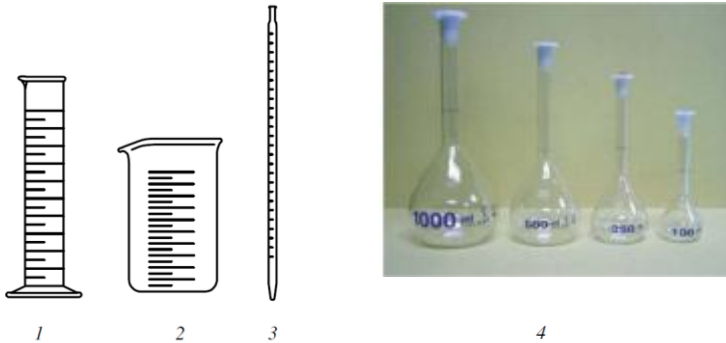


საწვეთი დაბრი



გამყოფი დაბრი

2. საზომი ჭურჭელი – პიპეტები, ბიურეტები, საზომი კოლბები, მენზურები, ცილინდრები და სხვა;



1. საზომი მენზურა; 2. საზომი ჭიქა; 3. საზომი პიპეტი; 4. საზომი კოლბები

3. სპეციალური დანიშნულების – ექსიკატორები, კიპის აპარატი და სხვა.



კიპის აპარატი



ექსიკატორი

ქიმიური რეაქციები ბევრად უფრო ჩქარა მიმდინარეობს გათბობა-გაცივლებით, ამ მიზნით გამოიყენება სპირტქურა, ელექტროქურა და სხვა. ქიმიური ჭურჭლის დასამაგრებლად იყენებენ სხვადასხვა ფორმის შტატივს.



ელექტროსასწორი



ელექტროქურა



სპირტქურა



სინჯარის გამაცხელებელი



შტატივი



ფაიფურის ჯამები



ფაიფურის როდინი



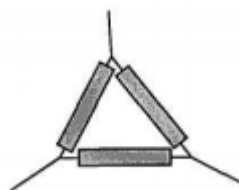
მინის წკირვები



რკინის შპატელი



ფაიფურის სხვადასხვა ზომის შპატელი



ფაიფურის სამკუთხედი

სინჯარები – გამოიყენება სხვადასხვა ცდების ჩასატარებლად. მზადდება მინისაგან და პოლიეთილენისაგან;

მინის წკირი – სხვადასხვა სისქისა და სიგრძის. გამოიყენება სითხეების შესარევად;

ძაბრი – გამოიყენება სითხეების გადასასხმელად და გასაფილტრად;

ქიმიური ჭიქა – სხვადასხვა მოცულობის. გამოიყენება ხსნარების დასამზადებლად და ქიმიური რეაქციების ჩასატარებლად, როგორც ოთახის ტემპერატურაზე, ისე გახურებისას;

მრგვალიძირა კოლბა – გამოიყენება ხსნარების დასამზადებლად და შესანახად;

საზომი ცილინდრი – გამოიყენება ხსნარების მოცულობის გასაზომად;

პიპეტი – გამოიყენება ხსნარის მოცულობის ზუსტი გაზომვისათვის;

საზომი კოლბა – გამოიყენება ზუსტი კონცენტრაციის ხსნარების დასამზადებლად;

ფაიფურის როდინი – გამოიყენება მყარი ნივთიერებების დასაქუცმაცებლად, ნარევების შესარევად;

ფაიფურის სამკუთხედი – აუცილებელია ტიგელების, ჭიქების დასამაგრებლად შტატივზე;

შპატელი – აუცილებელია სხვადასხვა რეაქტივის ამოსადგებად;

შტატივი – გამოიყენება სინჯარაში ცდების ჩასატარებლად;

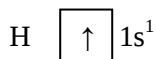
სამაგრი სინჯარებისათვის – აუცილებელია გახურებისას სინჯარის დასამაგრებლად;

სპირტქურა, ელექტროქურა – გამოიყენება ნივთიერებების გასახურებლად;

სასწორი – გამოიყენება ნივთიერებების ასაწონად.

ლაბორატორიული სამუშაო №1

წყალბადი



წყალბადი (H) პერიოდული სისტემის პირველი ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტია. მისი ატომური მასაა 1. ნაერთებში ამჟღავნებს +1 და -1 ჟანგვის ხარისხს. ბუნებრივი წყალბადი შედგება სამი იზოტოპისაგან ^1_1H – პროთიუმი, ^2_1H – დეიტერიუმი და ^3_1H – ტრი-თიუმი (მცირე რაოდენობითაა, რადიაქტიულია), რომლებიც სხვადასხვა რაოდენობით მოიპოვებიან ბუნებაში.

წყალბადი უფერო, უსუნო, ყველაზე მსუბუქი გაზია. წყალში მცირედ იხსნება.

წყალბადი, ამ ჯგუფის სხვა ელემენტებისაგან განსხვავებით, აირად მდგომარეობაშია. წყალბადის ატომში ერთი პროტონის გარშემო ბრუნავს ერთი ელექტრონი. ხასიათდება უმდგრადობით, იგი უერთდება წყალბადის სხვა ატომს და წარმოქმნის მდგრადი ფორმის მოლეკულას H_2 . ზოგიერთი ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით იგი ემსგავსება ჰალოგენებს (აირადი ნივთიერება, ჟანგვის ხარისხი ნაერთებში -1 ტოლია და სხვ.), რის გამოც მას ზოგჯერ ათავსებენ პერიოდული სისტემის VII ჯგუფში. მეორე მხრივ, ჰალოგენების მსგავსად, წყალბადი წარ-

მოქმნის ნაერთებს, რომელშიც, ტუტე მეტალების მსგავსად, ამჟღავნებს +1 ჟანგვის ხარისხს. საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ წყალბადი ამავდროულად განსხვავდება როგორც ტუტე მეტალებისაგან, ისე ჰალოგენებისაგან. იგი ყველასაგან გამორჩეული ელემენტია, ეს იმით აიხსნება რომ წყალბადის ელექტრონული გარსი შედგება მხოლოდ ერთი ელექტრონისაგან და მის ატომში ხდება ამ ერთადერთი ელექტრონისა და ატომგულის ურთიერთქმედება.

წყალბადი ძირითადად წარმოქმნის კოვალენტურ ნაერთებს მაგალითად, HCl – პოლარული, H_2 – არაპოლარული. მეტალებთან იძლევა იონურ ნაერთებს მაგ., NaH , სადაც მისი ჟანგვის ხარისხია -1. ამასთანავე, წყალბადი ზოგიერთ ნაერთში – სპირტში, მჟავაში, წყალში ამჟღავნებს დამატებითი ბმის წარმოქმნის უნარს, რომელსაც წყალბადური ბმა ეწოდება.

წყალბადი მიეკუთვნება ბუნებაში მეტად გავრცელებულ ელემენტს, გვხვდება როგორც თავისუფალ მდგომარეობაში (ატმოსფეროს ზედა ფენებში, ვულკანურ გაზებში და სხვ.), ისე ნაერთების სახით (წყალი, ნავთობი, ნახშირწყლები, ცილები, ცხიმები და სხვ.).

ლაბორატორიაში წყალბადს იღებენ განზ. გოგირდმჟავასთან ან მარილმჟავასთან მეტალების ურთიერთქმედებით.

ცდა 1. წყალბადის მიღება თუთიაზე მჟავას მოქმედებით

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, გაწე-
ლილ-ბოლოიანი გადაყვანი მილი, ასანთი, თუთიის
პატარა ნაჭრები, მარილმუცა.

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში მოათავსეთ თუთიის
ნაჭერი და დაამატეთ მარილმუცა, სინჯარის $1/3$ მოცუ-
ლობამდე. გამოყოფილი წყალბადი 3-4 წუთის განმავ-
ლობაში შეაგროვეთ გადმოტრიალებულ, შედარებით
ფართო სინჯარაში. სინჯარასთან მიიტანეთ ანთებული
ასანთი. წყალბადი სტვენით იწვის.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.



ცდა 2. წყალბადის ზეჟანგი, როგორც მჟანგავი

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კალიუმის იოდიდის (KJ) ან ნატრიუმის იოდიდის (NaJ) ხსნარი, 3%-იანი წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2), განზ. გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით 1 მლ წყალბადის ზეჟანგი, დაამატეთ განზ. გოგირდმჟავა და რამდენიმე წვეთი KJ-ის ან NaJ-ის ხსნარი, დაამატეთ რამდენიმე წვეთი სახამებელი. რას ამჩნევთ?

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა და გაათანაბრეთ ჟანგვა-აღდგენით.

ცდა 3. წყალბადის ზეჟანგი, როგორც აღმდგენი

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კალიუმის პერმანგანატი ($KMnO_4$), განზ. გოგირდმჟავა (H_2SO_4), 3%-იანი წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2).

ცდის მსვლელობა: ორ სინჯარაში ჩაასხით კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი. ერთ სინჯარას დაუმატეთ რამდენიმე წვეთი განზ. გოგირდმჟავა. შემდეგ ორივე სინჯარას დაამატეთ წყალბადის ზეჟანგი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა და გაათანაბრეთ ჟანგვა-აღდგენით.

ცდა 4. წყალბადის ზეჟანგის დაშლა

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, 3%-იანი წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2), მანგანუმის ორჟანგი (MnO_2).

ცდის მსვლელობა: ა) სინჯარაში ჩაასხით წყალბადის ზეჟანგი და სინჯარა შეათბეთ.

ბ) სინჯარაში მოათავსეთ წყალბადის ზეჟანგი და დაუმატეთ მცირე რაოდენობით მანგანუმის ორჟანგი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ლაბორატორიული სამუშაო №2

I ჯგუფის s-ელემენტები – ტუტე მეტალები

პერიოდული სისტემის I ჯგუფის მთავარი ქვე-ჯგუფის ელემენტებია Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, ისინი s-ელემენტებია, მათ ტუტე მეტალები ეწოდებათ. ამ ჯგუფის ელემენტების ურთიერთმსგავსებას განაპირობებს სავალენტო შრის ერთნაირი კონფიგურაცია – ns^1 .

ზევიდან ქვევით, რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად, ტუტე მეტალებში ატომის რადიუსის ზრდის გამო, იონიზაციის ენერგია მცირდება, რაც მეტალური თვისებების გაძლიერებას განაპირობებს. ტუტე მეტალები ხასიათდება ძლიერი მეტალური თვისებებით, ადვილად გასცემენ ერთ სავალენტო ელექტრონს, რის გამოც შესწევთ იონური ნაერთების წარმოქმნის უნარი. მათი ქანგვის ხარისხი ნაერთებში ძირითადად +1-ია.

ტუტე მეტალები წარმოქმნის RH ტიპის წყალბად-ნაერთებს, R_2O ტიპის ოქსიდებს და ROH ტიპის ჰიდროქსიდებს.

ნატრიუმი და კალიუმი

ნატრიუმი (Na) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 11, ატომური მასაა 22,990 (23).

მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{11}\text{Na } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$.

	s	p		
3	↑			
2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
1	↑↓			

კალიუმი (K) მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 19, ატომური მასაა 39,102 (39).

მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{19}\text{K } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$.

	s	p		
4	↑			
3	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
1	↑↓			

ამ ელემენტების მაქსიმალური ჯანგვის ხარისხია +1.

არსებობს ნატრიუმის 5 იზოტოპი ^{21}Na , ^{22}Na , ^{23}Na , ^{24}Na , ^{25}Na მათგან ბუნებაში გავრცელებული და სტაბილურია ^{23}Na , ხოლო კალიუმის იზოტოპებიდან: ^{39}K , ^{40}K , ^{41}K , ^{42}K , ^{43}K – სტაბილურია ^{39}K (93,1%), ^{40}K (0,011%) და ^{41}K (6,9%).

ნატრიუმი და კალიუმი რბილი, მსუბუქი, ვერცხლისფერი მეტალებია. ისინი იწვის ჟანგბადში, მაგრამ არა შესაბამისი ოქსიდების, არამედ პეროქსიდების წარმოქმნით. მათ შესაბამის ჰიდროქსიდებს მწვავე ტუტეები ეწოდება. ისინი თეთრი ფერის კრისტალური ნივთიერებებია, წყალში კარგად იხსნებიან, რომლის დროსაც გამოიყოფა სითბო. ჰაერზე ისინი შედიან რეაქციაში ჟანგბადთან და წყლის ორთქლთან, რის გამოც მათ ინახავენ ნავთში. ტუტე მეტალები კარგად იხსნება ვერცხლის წყალში და წარმოქმნის ე.წ. ამაღგამებს (ვერცხლის წყლის ნაერთები). მსოფლიოში ყველაზე მეტად გავრცელებული ტუტეა ნატრიუმის ჰიდროქსიდი (NaOH) ანუ კაუსტიკური სოდა.

იმის გამო, რომ ტუტე მეტალები გამოირჩევა მაღალი ქიმიური აქტიურობით, ბუნებაში ისინი მხოლოდ ნაერთების სახით გვხვდება. ნატრიუმის უმნიშვნელოვანესი ბუნებრივი ნაერთია NaCl , რომელიც გვხვდება როგორც ქვამარილის სახით, ისე ზღვის, ოკეანეების წყლის შემადგენლობაში. ბუნებაში ფართოდაა გავრცე-

ღებულის აგრეთვე ნატრიუმის სილიკატები, ნიტრატები და სხვა.

ნატრიუმის მარილებიდან აღსანიშნავია სუფრის მარილი (NaCl), ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი (NaHCO_3) საჭმელი სოდა, რომელებიც ფართოდ გამოიყენება, როგორც კვების მრეწველობაში, ისე მედიცინაში.

კალიუმი იმ ელემენტთა რიცხვს მიეკუთვნება, რომელებიც აუცილებელია მცენარეთა ნორმალური განვითარებისათვის. ნიადაგში კალიუმის ნაკლებობა მნიშვნელოვნად ამცირებს მოსავლიანობას, მცენარეთა მდგრადობას, არასასურველი პირობების მიმართ. ამიტომ კალიუმის მადნების თითქმის 90% სასუქებად გამოიყენება. კალიუმშემცველი უმნიშვნელოვანესი სასუქებია:

სილვინიტი – $\text{NaCl} \cdot \text{KCl}$ და კაინიტი $\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$;

ხისა და ტორფის ნაცარი, რომელიც შეიცავს პოტაშს K_2CO_3 -ს.

ცდა 1. ნატრიუმის ჰიდროქსიდის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: ქიმიური ჭიქა, ფაიფურის ჯამი, ნატრიუმის კარბონატი (Na_2CO_3), ჩამქრალი კირი $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ფენოლფტალეინი, სპილენძის (II) სულფატი CuSO_4 .

ცდის მსვლელობა: ქიმიურ ჭიქაში მოათავსეთ დაახლოებით 5 გრ ნატრიუმის კარბონატის ფხვნილი და გახსენით 50 მლ გამოხდილ წყალში. ხსნარი გადაიტანეთ ფაიფურის ჯამში და გააცხელეთ ადუღებამდე. წინასწარ როდინში კარგად გასრისეთ 10 გრ ჩამქრალი კირი და ნელ-ნელა დაამატეთ მიღებული ხსნარი, თან გამუდმებით ურიეთ მინის წკირით. ხსნარი ადუღეთ დაახლოებით 20 წუთის განმავლობაში. მიღებული ხსნარი გაფილტრეთ. ფილტრატი გადაიტანეთ ფაიფურის ჯამში და ააორთქლეთ მშრალი პროდუქტის მიღებამდე. მიღებული პროდუქტი გახსენით წყალში და გაყავით ორ ნაწილად. ერთს დაამატეთ ფენოლფტალეინი, ხოლო მეორეს – სპილენძის (II) სულფატი.

დააკვირდით ცდის მსვლელობას.

დაწერეთ შესაბამისი ქიმიური რეაქციის ტოლობა.

ცდა 2. ნატრიუმის ჰიდროქსიდის თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, ინდიკატორის ქაღალდი, ნატრიუმის ჰიდროქსიდი NaOH , გოგირდმჟავა H_2SO_4 , სპილენძის (II) სულფატის (CuSO_4) ხსნარი, ამონიუმის ქლორიდის (NH_4Cl) ხსნარი.

ცდის მსვლელობა:

ა) ურთიერთქმედება მჟავებთან

სინჯარაში ჩაასხით 2-3 მლ ნატრიუმის ჰიდროქსიდი და დაამატეთ ფენოლფტალეინი, აღნიშნეთ ხსნარის შეფერილობის ცვლილება, შემდეგ წვეთ-წვეთობით დაამატეთ გოგირდმჟავა, ხსნარის გაუფერულებამდე.

ბ) ურთიერთქმედება მარილებთან

სინჯარაში ჩაასხით 2-3 მლ ნატრიუმის ჰიდროქსიდი და დაამატეთ იმავე რაოდენობის სპილენძის (II) სულფატის ხსნარი. წარმოიქმნება ცისფერი ნალექი.

სინჯარაში ჩაასხით 1-2 მლ ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი და დაამატეთ იმდენივე ნატრიუმის ჰიდროქსიდი. სინჯარა ფრთხილად გააცხელეთ.

შეიმჩნევა ამიაკის მკვეთრი სუნი, სველი ინდიკატორის ქაღალდი გალურჯდება.

დაწერეთ შესაბამისი ქიმიური რეაქციის ტოლობები.

ცდა 3. ტუტე ლითონებით ალის შეფერვა

მოწყობილობა და რეაქტივები: ფაიფურის ტიგელები, ასანთი, ნატრიუმის, კალიუმის, ბარიუმის მარილის ხსნარები, ეთილის სპირტი.

ცდის მსვლელობა: ფაიფურის ტიგელებში ჩაასხით ნახევარი მიკროშპატელი ნატრიუმის, კალიუმის მარილის ხსნარები. დაამატეთ ეთილის სპირტი, მოურიეთ, ასანთით მოუკიდეთ ცეცხლი და დააკვირდით ალის შეფერილობას, რომელიც უფრო შესამჩნევი იქნება წვის ბოლოს.

მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში.

მეტალი	ალის შეფერილობა
ნატრიუმი	ყვითელი
კალიუმი	მოვარდისფრო იისფერი

ლაბორატორიული სამუშაო № 3

II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტები

II ჯგუფის მთავარ ქვეჯგუფში მოთავსებულია: ბერილიუმი (Be), მაგნიუმი (Mg), კალციუმი Ca, სტრონციუმი Sr, ბარიუმი Ba და რადიუმი Rd. თვისებებით განსაკუთრებით მსგავსია ბოლო ოთხი ელემენტი, რომლებსაც „ტუტემიწათა“ მეტალები ეწოდება.

II ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტები s ელემენტებია. მათ ურთიერთმსგავსებას განაპირობებს სავალენტო შრის ერთნაირი ელექტრონული კონფიგურაცია (ns^2). ისე როგორც ნებისმიერ მთავარ ქვეჯგუფში, ზევიდან ქვევით რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად, იონიზაციის ენერგია მცირდება, რაც მეტალური თვისებების გაძლიერებას განაპირობებს. მათი ჟანგვის ხარისხი მუდმივად +2-ის ტოლია, ამიტომ შესაბამისად წარმოქმნიან RO ტიპის ოქსიდებს, RH_2 ტიპის წყალბადნაერთებს და $R(OH)_2$ ტიპის ჰიდროქსიდებს. Be-ის ჰიდროქსიდი ამფოტერულია, Mg-ის – ფუძეა, ხოლო დანარჩენი ძლიერი ფუძეებია (ტუტეებია).

ტუტემიწათა მეტალები წარმოქმნის, როგორც იონურ, ასევე კოვალენტურ პოლარულ ნაერთებს.

მაგნიუმი და კალციუმი

მაგნიუმი (Mg) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 12, ატომური მასაა 24,305 (24).

მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{12}\text{Mg } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

	s	p		
3	↑↓			
2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
1	↑↓			

აგზ. მდგომარეობაში მაგნიუმს გარე სავალენტო შრეზე უწნდება 2 გაუწყვილებელი ელექტრონი, ამიტომ მისი უანგვის ხარისხი ნაერთებში მუდმივად +2-ის ტოლია.

	s	p		
3	↑	↑		

ცნობილია მაგნიუმის 22 იზოტოპი, რომელთაგან სტაბილურია ${}^{24}\text{Mg}$, ${}^{25}\text{Mg}$, ${}^{26}\text{Mg}$.

მაგნიუმი მოგერცხლისფრო-თეთრი, მსუბუქი, ჭედადი ლითონია. დედამიწის ქერქში მინერალური ნივთიერე-

ბების გავრცელების მიხედვით მერვე ადგილზეა, მისი ბუნებრივი წყაროა ზღვის წყალი. მაგნიუმის ძირითადი მინერალებია:

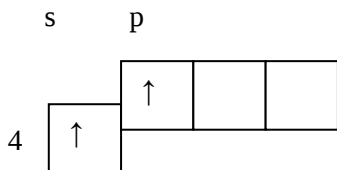
- ზღვის წყალი – (0,12 - 0,13 %),
- კარნალიტი – $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (8,7 %),
- ბიშოფიტი – $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (11,9 %),
- კიზერიტი – $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (17,6 %),
- ევსომიტი – $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (9,9 %),
- კაინიტი – $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (9,8 %),
- მაგნეზიტი – MgCO_3 (28,7 %),
- დოლომიტი – $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (13,1 %),
- ბრუსიტი – $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (41,6 %).

კალციუმი (Ca) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 20, ატომური მასაა 40,0 (40).

მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{20}\text{Ca} \ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

	s				p			
4	↑↓							
3	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓				
2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓				
1	↑↓							

აგზ. მდგომარეობაში კალციუმის გარე სავალენტო შრეზე, მაგნიუმის მსგავსად, ჩნდება 2 გაუწყვილებელი ელექტრონი, ამიტომ მისი ქანგვის ხარისხი ნაერთებში მუდმივად +2-ის ტოლია.



ცნობილია მაგნიუმის 25 იზოტოპი, რომელთაგან სტაბილურია ^{40}Ca , ^{42}Ca , ^{43}Ca , ^{44}Ca და ^{46}Ca .

კალციუმი ბუნებაში გავრცელებული ელემენტია, გვხვდება მხოლოდ ნაერთების სახით, რომელთაგან ყველაზე მნიშვნელოვანია: CaCO_3 – კირქვა, ცარცი და მარმარილო; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – თაბაშირი; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – ფოსფორიტები და აპატიტები. შედის ძვლის შემადგენლობაში. კალციუმის მარილებს გახსნილ მდგომარეობაში შეიცავს ნიადაგი და ბუნებრივი წყლები.

კალციუმი მოვერცხლისფრო-თეთრი საკმაოდ პლასტიკური, მსუბუქი მეტალია.

ბუნებრივი წყალი შეიცავს Ca-ისა და Mg-ის სხვადასხვა მარილებს გახსნილ მდგომარეობაში. თუ ისინი მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა წყალში ასეთ წყალს ხისტი წყალი ეწოდება, თუ მცირე რაოდენობით – რბილი

წყალი. წყლის სიხისტე ორგვარია: დროებითი, ანუ კარბონატული და მუდმივი ანუ არაკარბონატული. ორივე ერთად შეადგენს წყლის საერთო სიხისტეს. წყლის დროებით სიხისტეს განაპირობებს Ca-ისა და Mg-ის ჰიდროკარბონატების არსებობა, მუდმივ სიხისტეს კი – მათი სულფატები, ქლორიდები და სხვა.

წყლის სიხისტეს ზომავენ Ca-ისა და Mg-ის იონების მილიგრამეკვივალენტების რიცხვით ერთ ლიტრ წყალში.

$$\text{სიხისტე} = \frac{[Ca^{+2}]}{20} + \frac{[Mg^{+2}]}{12}.$$

ცდა 1. მაგნიუმის ჰიდროქსიდის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, 2N ნატრიუმის ჰიდროქსიდი (NaOH), მაგნიუმის მარილი, 2N მარილმჟავა (HCl), 2N ამონიუმის ქლორიდი (NH_4Cl).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით 1-2 მლ 2N ნატრიუმის ჰიდროქსიდი და დაამატეთ იმავე რაოდენობის მაგნიუმის მარილი, მიიღება მაგნიუმის ჰიდროქსიდის თეთრი ფერის ნალექი. ნალექი გაანაწილეთ სამ სინჯარაში. პირველს დაამატეთ წვეთობით 2N მარილმჟავა, მეორე სინჯარას დაამატეთ 2N ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი, ხოლო მესამეს – ნატრიუმის ტუტე.

აღწერეთ ჩატარებული ცდა, დაწერეთ შესაბამისი რეაქციები. გააკეთეთ დასკვნა მიმდინარე მოვლენებზე.

ცდა 2. მაგნიუმის ფუძე მარილის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, მაგნიუმის სულფატი (MgSO_4), ამონიუმის ქლორიდი (NH_4Cl), სოდა (Na_2CO_3).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით მაგნიუმის სულფატის ხსნარი, დაამატეთ სოდის ხსნარი. წარმოიქმნება თეთრი ფერის ნალექი $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$. მიღებულ ნა-

ლექს დაამატეთ ამონიუმის ქლორიდი, დააკვირდით ნალექის გახსნას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 3. მეტალური მაგნიუმის თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, მაგნიუმის ნატეხები, კონც. და განზ. მარილმჟავა (HCl), აზოტმჟავა (HNO_3), გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსგელობა: სინჯარებში მოათავსეთ მაგნიუმის ნატეხები და დაუმატეთ ჯერ კონც. მარილმჟავა, აზოტმჟავა, გოგირდმჟავა, შემდეგ – განზ. მჟავები.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 4. წყლის დროებითი სიხისტის განსაზღვრა

მოწყობილობა და რეაქტივები: კონუსური კოლბა, ბიურეტი, ცილინდრი, მეთილნარინჯი, 0,1 N მარილმჟავა (HCl).

ცდის მსგელობა: კონუსურ კოლბაში ჩაასხით 100 მლ საანალიზო წყალი, დაამატეთ 2-3 წვეთი მეთილნარინჯი. ხსნარი გატიტრეთ 0,1 N მარილმჟავათი ყვითლიდან ნარინჯისფერ-ვარდისფერ შეფერილობამდე. განსაზღვრეთ დახარჯული მარილმჟავას რაოდენობა.

შედეგები შეიტანეთ ცხრილში.

№	წყლის მოცულობა, $V(H_2O)$, მლ	HCl-ის მოცულობა, $V(HCl)$, მლ	HCl-ის საშ. მოცულობა, $V_{საშ.}(HCl)$, მლ	HCl-ის ნორმალობა, $C_N(HCl)$, მოლ/ლ

გამოთვალეთ დროებითი სიხისტე

$$\text{დროებითი სიხისტე} = \frac{C_N(HCl) \cdot V_{საშ.}(HCl)}{V(H_2O)} \cdot 100.$$

ლაბორატორიული სამუშაო № 4

III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფი

III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებია B, Al, Ga, In, Tl. ისინი მიეკუთვნებიან p ელემენტების ოჯახს. მათ ურთიერთმსგავსებას განაპირობებს სავალენტო შრის ერთნაირი კონფიგურაცია ns^2np^1 . ისევე როგორც ნებისმიერი მთავარი ქვეჯგუფის ზღვრებში, აქაც, ზევიდან ქვევით რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად, იონიზაციის ენერგია თანდათანობით მცირდება (იონის რადიუსი იზრდება), რაც განაპირობებს მეტალური თვისებების თანდათანობით გაძლიერებას. ამ ჯგუფის ელემენტებიდან ბორი არამეტალია, ალუმინი და გალიუმი ამფოტერული თვისებისაა, მაგრამ მათში მეტალური თვისებები უფრო მკვეთრადაა გამოხატული.

გარე სავალენტო შრეზე აქვთ 3 ელექტრონი. ნაერთებში ამჟღავნებენ +3 ჟანგის ხარისხს.

ამ ქვეჯგუფის ელემენტები წარმოქმნიან მხოლოდ კოვალენტური ტიპის ნაერთებს, R_2O_3 ტიპის ოქსიდებს და $R(OH)_3$ ტიპის ჰიდროქსიდებს.

ალუმინი, ბორი

III ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის მნიშვნელოვანი ელემენტებია ბორი და ალუმინი.

ალუმინი (Al) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 13, ატომური მასაა 26,9815 (27).

მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{13}\text{Al } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

	s	p		
3	↑↓	↑		
2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
1	↑↓			

	s	p		
3	↑	↑	↑	

ალუმინი მოვერცხლისფრო თეთრი ფერის მსუბუქი, მექანიკურად მტკიცე, ჭედადი, პლასტიკური, წელვადი მეტალია, ელექტრობის კარგი გამტარია. ბუნებრივი ალუმინი შედგება ერთი სტაბილური იზოტოპისაგან ${}^{27}\text{Al}$ (100%), არსებობს არასტაბილური იზოტოპებიც ${}^{26}\text{Al}$, ${}^{28}\text{Al}$, ${}^{29}\text{Al}$.

ალუმინი ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ელემენტია, მისი ნაერთებიდან აღსანიშნავია – ალუმოსილიკატები, ბიოქსიდები, კრიოლიტი.

ბორი (B) პერიოდული სისტემის მეორე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 5, ატომური მასაა 10,811 (11).

მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_5\text{B } 1s^2 2s^2 2p^1$

	s	p		
2	↑↓	↑		
1	↑↓			

ბორი უფერო, რუხი, წითელი კრისტალური ან მუქი ამორფული ნივთიერებაა. ბუნებრივი ბორი ორი სტაბილური იზოტოპისაგან შედგება ${}^{10}_5\text{B}$ და ${}^{11}_5\text{B}$. ელემენტარული ბორი ბუნებაში არ გვხვდება, გავრცელებულია ბოროსილიკატებისა და ბორატების სახით, იზომორფული მინარევების სახით შედის ამოფრქვეული დანალექი ქანების მინერალებში. ბორი არის ნავთობსა და ზღვის წყალში, მარილიან ტბებში, ცხელ წყაროებში. ბორი მნიშვნელოვანი მიკროელემენტია, რომელიც აუცილებელია მცენარეების ნორმალური განვითარებისათვის.

მართალია ბორი III ჯგუფის ელემენტია, მაგრამ თვისებებით უფრო ემსგავსება არა ამ ჯგუფის სხვა ელემენტებს, არამედ IV ჯგუფის ელემენტს – სილი-

ციუმს. ბორს არამეტალური თვისებები აქვს. ნაკლებ რეაქციისუნარიანია, ოთახის ტემპერატურაზე ურთიერთქმედებს მხოლოდ ფტორთან, ჰაერზე არ იჟანგება.

ცდა 1. ბორმჟავას აღმოჩენა

მოწყობილობა და რეაქტივები: ფაიფურის ჯამი, სპირტი, ბორმჟავას (H_3BO_3) ნაჯერი ხსნარი.

ცდის მსვლელობა: ფაიფურის ჯამში დაწვით სპირტი, ის იწვის თითქმის უფერო ალით. როცა წვა დამთავრდება იმავე ჯამში დაამატეთ 5 მლ სპირტი და ბორმჟავას (H_3BO_3) ნაჯერი ხსნარი დაწვით. დააკვირდით ალის შეფერილობას.

ცდა 2. ორთობორმჟავას მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კონც. გოგირდმჟავა, ნატრიუმის ბორატის ($Na_2B_4O_7$)-ის ნაჯერი ხსნარი.

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით 5-6 წვეთი $Na_2B_4O_7$ -ის ნაჯერი ხსნარი და გააცხელეთ, დაამატეთ 2-3 წვეთი კონც. გოგირდმჟავა. გამოიყოფა ორთობორმჟავას კრისტალები.

დაწერეთ რეაქციის ტოლობა, გაითვალისწინეთ, რომ რეაქციაში მონაწილეობს წყალი.

ცდა 3. ალუმინის ურთიერთქმედება მჟავებთან

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, ალუმინის პატარა ნაჭრები, კონც. და განზ. მარილმჟავა (HCl).

ცდის მსვლელობა: ორ სინჯარაში მოათავსეთ ალუმინის პატარა ნაჭრები. ერთს დაუმატეთ 5-6 წვეთი 2N მარილმჟავა, ხოლო მეორეს – იგივე რაოდენობით კონც. მარილმჟავა ($\rho=1,19$ გ/სმ³). დააკვირდით როგორ მიმდინარეობს რეაქცია განზ. და კონც. მარილმჟავასთან. რომელი გაზი გამოიყოფა.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები.

ცდა 4. ალუმინის ჰიდროქსიდის მიღება და მისი თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, ალუმინის პატარა ნაჭრები, კონც. და განზ. მარილმჟავა (HCl). ნატრიუმის ტუტე (NaOH).

ცდის მსვლელობა: ორ სინჯარაში ჩაასხით 2-3 წვეთი ალუმინის მარილის ხსნარი და დაუმატეთ 2-3 წვეთი 2N ნატრიუმის ტუტე ნალექის წარმოქმნამდე. მიღებულ ნალექს ერთ სინჯარაში დაუმატეთ 3-5 წვეთი 2N მარილმჟავა, ხოლო მეორეს 2N ნატრიუმის ტუტე.

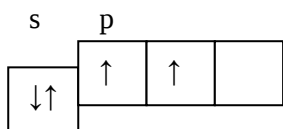
დააკვირდით ცდის მიმდინარეობას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები.

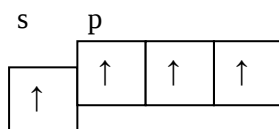
ლაბორატორიული სამუშაო № 5

IV ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტები

IV ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებია C, Si, Ge, Sn და Pb. ისინი p ელემენტებია. მათ ურთიერთ-მსგავსებას განაპირობებს სავალენტო შრის ერთნაირი კონფიგურაცია ns^2np^2 , სადაც 2 p ელექტრონი გაუწყვილებელია (ნორმ. მდგომარეობა). აგზნებულ მდგომარეობაში მათ უჩნდებათ კიდევ ორი გაუწყვილებელი ელექტრონი (ns^1np^3)



ნორმ. მდგომარეობა



აგზ. მდგომარეობა

ამ ჯგუფის ელემენტების ჟანგვის ხარისხი ნაერთებში ცვალებადია +2, +4, -4 (ჰიდრიდებში RH_4).

ისევე როგორც ნებისმიერ მთავარ ქვეჯგუფში, ზევიდან ქვევით რიგობრივი ნომრის ზრდასთან ერთად, ატომის რადიუსის ზრდის გამო, ელექტროუარყოფითობა მცირდება, არამეტალური თვისებები სუსტდება. ნახშირბადის ქვეჯგუფის ელემენტები წარმოქმნიან ერთნაირი RO_2 ტიპის უმაღლეს ოქსიდებს და RH_4 ტიპის წყალბად-ნაერთებს.

ნახშირბადი, სილიციუმი

ამ ჯგუფის ელემენტებიდან ნახშირბადი და სილიციუმი არამეტალებია, დანარჩენი კი ამფოტერულია, ყველაზე ძლიერი მეტალური თვისებები მქონდებიან ტყვიასში.

ნახშირბადი (C) პერიოდული სისტემის მეორე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 6, ატომური მასაა 12,01115 (12).

მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}^6_6\text{C } 1s^2 2s^2 2p^2$.

ბუნებრივი ნახშირბადი შედგება ორი სტაბილური – ${}^{12}\text{C}$ (98,93 %), ${}^{13}\text{C}$ (1,07 %) და ერთი რადიაქტიული ${}^{14}\text{C}$ იზოტოპისაგან.

თავისუფალ მდგომარეობაში ნახშირბადი გვხვდება ხის ნახშირის, აღმასის და გრაფიტის სახით (ალოტროპიული სახესხვაობები. ალოტროპია გამოწვეულია კრისტალური მესერის განსხვავებული აღნაგობით). **აღმასი** გამჭვირვალე კრისტალური ნივთიერებაა, ბუნებრივ ნივთიერებებს შორის ყველაზე მაგარია, ცუდად ატარებს სითბოს და ელექტრობას. მაღალ ტემპერატურაზე იწვის CO_2 -ის წარმოქმნით. **გრაფიტი** მუქი რუხი ფერის მეტალური ბზინვარების რბილი ნივთიერებაა, კარგად ატარებს დენს. ჟანგბადში წვისას ნახშირბადი წარმოქმნის დიოქსიდ CO_2 -სა და მონოოქსიდს CO -ს.

ნაერთებიდან ძირითადად გვხვდება კალციუმისა და მაგნიუმის კარბონატების სახით (ცარცი, კირქვა, მარმარილო). ნახშირბადი ცხოველური და მცენარეული ორგანიზმების აუცილებელი შემადგენელი ნაწილია.

სილიციუმი (Si) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია, მისი რიგობრივი ნომერია 14, ატომური მასაა 28,086 (28).

მისი ელექტრონული ფორმულაა $_{14}\text{Si } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$.

არსებობს სილიციუმის სამი სტაბილური იზოტოპი ^{28}Si (92,27%), ^{29}Si (4,68%) და ^{30}Si (3,05%).

სილიციუმი ბუნებაში გვხვდება მხოლოდ ნაერთების სახით. ძირითადი ნაერთებია: კაუი, კვარცი, მთის ბროლი, სილიკატები და ალუმოსილიკატები.

კრისტალური სილიციუმი რუხი ფერის, მყარი, ძალიან მაგარი და მყიფე ნივთიერებაა, მცირედ ატარებს ელექტრულ დენს. საერთოდ, ფიზიკური თვისებებით ძალიან წააგავს მეტალებს.

ნახშირბადი და სილიციუმი არ ურთიერთქმედებენ განზ. მარილმჟავასთან და გოგირდმჟავასთან, კონც. აზოტმჟავასთან ამ ჯგუფის ყველა მარტივი ნივთიერება იჟანგება.

ცდა 1. ნახშირმჟავას მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა გაზგამყვანი მილით, ქიმიური ჭიქა, საცობი, საწვეთი ძაბრი, პინცეტი, შტატივი, კალციუმის კარბონატი (CaCO_3), ლაკმუსის ხსნარი.

ცდის მსვლელობა: გაზგამყვან მილიან სინჯარაში მოათავსეთ კალციუმის კარბონატი, დაუცეთ საცობი საწვეთი ძაბრით. სინჯარა დაამაგრეთ შტატივზე. გაზგამყვანი მილი ჩაუშვით ჭიქაში, რომელშიც ჩასხმულია ლაკმუსის ხსნარი. დააკვირდით ჭიქაში ფერის ცვლილებას.

დააკვირდით ცდის მიმდინარეობას. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 2. აზოტმჟავას ურთიერთქმედება ნახშირთან

მოწყობილობა და რეაქტივები: ქიმიური ჭიქა, ხის კვარი, აზოტმჟავა (HNO_3).

ცდის მსვლელობა: ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით აზოტმჟავა. აიღეთ ხის კვარი და დაწვეთ. წკერის ბოლოზე წარმოიქმნება ნახშირის ფერფლი. კვარი ჩაუშვით ჭიქაში, შეიმჩნევა ნახშირის მკვეთრი წვა და აზოტის დიოქსიდის მძაფრი ორთქლის წარმოქმნა.

აღწერეთ ცდის მსვლელობა და დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 3. ნახშირბადის ორჟანგის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: ქიმიური ჭიქა, საცობი გაზგამყვანი მილით, კონც. მარილმჟავა (HCl), მარმარილოს ნატეხები, კირიანი წყალი.

ცდის მსვლელობა: კოლბაში ჩააგდეთ მარმარილოს პატარა ნატეხი, დაამატეთ რამდენიმე წვეთი წყალი და კონც. მარილმჟავა. სწრაფად დაახურეთ საცობი გაზგამყვანი მილით. მილის ბოლო ჩაუშვით ჭიქაში რომელშიც ჩასხმულია კირიანი წყალი.

აღწერეთ ცდის მსვლელობა და დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. ზოგიერთი მცირედ ხსნადი ნახშირმჟავა მარილის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: ქიმიური ჭიქა, სოდის ხსნარი (Na_2CO_3), ბარიუმისა და ვერცხლის მარილები.

ცდის მსვლელობა: აიღეთ ორი ჭიქა ჩაასხით 3-4 წვეთი სოდის ხსნარი. ერთ სინჯარას დაამატეთ 3-4 წვეთი ბარიუმის მარილი, ხოლო მეორეს – ვერცხლის მარილი. აღნიშნეთ ნალექების წარმოქმნა და მათი შეფერილობა.

აღწერეთ ჩატარებული სამუშაო და შემჩნეული მოვლენები. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 5. სილიციუმშეავას მცირედ ხსნადი მარილის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, კალციუმის ქლორიდი (CaCl_2), კობალტის ნიტრატი ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$), ტყვიის ნიტრატი ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), სპილენძის სულფატი (CuSO_4), ნატრიუმის სილიკატი (Na_2SiO_3).

ცდის მსვლელობა: აიღეთ ოთხი სინჯარა და ჩაასხით შემდეგი მარილების ხსნარები; I – კალციუმის ქლორიდი, II – კობალტის ნიტრატი, III – ტყვიის ნიტრატი, IV – სპილენძის სულფატი. თითოეულ სინჯარას დაამატეთ 2-3 წვეთი ნატრიუმის სილიკატი. აღნიშნეთ წარმოქმნილი ნალექების ფერი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 6. ნატრიუმის სილიკატის ჰიდროლიზი

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, ნატრიუმის სილიკატი (Na_2SiO_3), ფენოლფტალეინი.

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით 3-5 წვეთი ნატრიუმის სილიკატი და ერთი წვეთი ფენოლფტალეინი. დააკვირდით შეფერილობის ცვლილებას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ლაბორატორიული სამუშაო № 6

Vჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფი

V ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებია N, P, As, Sb, B, წარმოადგენენ p ელემენტებს. მათ მსგავსებას განაპირობებს სავალენტო შრის ერთნაირი კონფიგურაცია ns^2np^3 . ისინი წარმოქმნიან RH_3 ტიპის წყალბადნაერთებს და R_2O_5 ტიპის უმაღლეს ოქსიდებს. ამ ქვეჯგუფის ელემენტების ჟანგვის ხარისხი ცვალებადია და იცვლება -3 -დან $+5$ -მდე.

აზოტი ბუნებაში ძირითადად გვხვდება თავისუფალი სახით, იგი შეადგენს ჰაერის დაახლოებით 78%-ს. უფერო, უსუნო გაზია, წყალში მცირედ ხსნადი.

ამ ქვეჯგუფის პირველი წარმომადგენელია აზოტი. მისი ელექტრონული კონფიგურაციაა $1S^22S^22p^3$

	s	p		
2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
1	$\uparrow\downarrow$			

ორატომიანი მოლეკულაა, ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებულია სამმაგი ბმით, ამიტომ ახასიათებს მაღალი მდგრადობა.

ბუნებრივი აზოტი შედგება ორი მდგრადი იზოტოპისაგან ^{14}N (99,635%) და ^{15}N (0,365%). დედამიწაზე მისი შემცველობა შეადგენს 0,03%-ს. სამრეწველო მნიშვნელობის მინერალებიდან ცნობილია ჩილეს NaNO_3 და ინდოეთის KNO_3 გვარჯილა.

აზოტი წარმოადგენს აუცილებელ ელემენტს ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის. იგი ნაერთების სახით შედის ცილების, ამინომჟავების, ნუკლეინისმჟავების და სხვათა შემადგენლობაში. სიცოცხლისათვის აუცილებელი ელემენტია. რადგანაც ცილის გარეშე არ არსებობს სიცოცხლე, ამდენად გასაგებია რამდენად მნიშვნელოვანია ამ ელემენტის როლი ცოცხალი ბუნებისათვის.

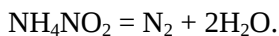
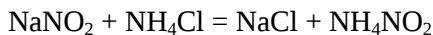
მოსავლის აღებასთან ერთად ნიადაგში აზოტის შემცველობა კლებულობს და საჭირო ხდება მისი შევსება, რასაც ხელოვნურად აზოტშემცველი სასუქების შეტანით აღწევენ. აზოტშემცველი სასუქები 3 ჯგუფად იყოფა:

1. მინერალური სასუქები – გვარჯილები, ამონიუმის მარილები, თხევადი ამიაკი;
2. ორგანული სასუქები – ნაკელი და სხვ.;
3. მწვანე სასუქები.

ცდა 1. აზოტის მიღება ამონიუმის ნიტრიტის დაშლით

მოწყობილობა და რეაქტივები: ვიურცის კოლბა, შტატივი, სპირტქურა, ცილინდრი, საწვეთი ძაბრი, ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი (NH_4Cl), ნატრიუმის ნიტრიტი (NaNO_2).

ცდის მსვლელობა: ვიურცის კოლბა დაამაგრეთ შტატივზე, ჩაასხით ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი, დაასურეთ საცობი საწვეთი ძაბრით და ჩაასხით ნატრიუმის ნიტრიტი. კოლბა მოათავსეთ აზბესტის ბადეზე. ვიურცის კოლბის გაზგამყვანი მილი შეაერთეთ წყლის აბაზანასთან, რომელშიც მოთავსებულია გადმოტრიალებული წყლიანი ცილინდრი. საწვეთი ძაბრიდან დაუმატეთ ნატრიუმის ნიტრიტი. კოლბა გააცხელეთ სპირტქურის ალზე. ამ დროს წარმოიქმნება ამონიუმის ნიტრიტი, რომელიც გაცხელებისას იშლება აზოტისა და წყლის წარმოქმნით. აირი შეაგროვეთ ცილინდრში, შეიტანეთ ანთებული კვარი, იგი ჩაქრება. ცილინდრი დატოვეთ ღიად რაღაც დროის განმავლობაში და კვლავ შეიტანეთ ანთებული კვარი, კვარი განაგრძობს წვას.



ცდა 2. ამიაკის მიღება და თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, მინის წკირი, ინდიკატორის ქაღალდი, ამონიუმის ქლორიდი (NH_4Cl), კალციუმის ჰიდროქსიდი ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), კონც. მარილმჟავა (HCl).

ცდის მსვლელობა: მშრალ სინჯარში მოათავსეთ 0,5 გ ამონიუმის ქლორიდის და კალციუმის ჰიდროქსიდის (1:2) კარგად შერეული ნარევი. სინჯარა გაახურეთ. შეიმჩნევა გამოყოფილი ამიაკის სუნი. სინჯარის თავზე მოათავსეთ წყალში დასველებული ინდიკატორის ქაღალდი. დააკვირდით რა ხდება.

მინის წკირი დაასველეთ კონც. მარილმჟავაში და მიიტანეთ სინჯარასთან და დააკვირდით ცდის მიმდინარეობას.

დაწერეთ ამონიუმის ქლორიდისა და კალციუმის ჰიდროქსიდის ურთიერთქმედების რეაქციის ტოლობა. ახსენით ამიაკის წყალხსნარს რატომ აქვს ტუტე არე. დაწერეთ ამიაკსა და მარილმჟავას შორის ურთიერთქმედების რეაქცია.

ცდა 3. ამიაკის აღმდგენი თვისება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, სპირტ-ქურა, ამიაკის კონც. წყალხსნარი (NH_4OH), კალიუმის პერმანგანატი KMnO_4 .

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით მცირე რაოდენობით კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი და დაამატეთ რამდენიმე წვეთი ამიაკის კონც. წყალხსნარი. ნარევი გაახურეთ სპირტქურის ალზე და დააკვირდით პერმანგანატის ფერის ცვლილებას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. ამონიუმის იონის აღმოჩენა

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, სპირტ-ქურა, ლაკმუსის ქაღალდი, ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი (NH_4Cl), ნატრიუმის ტუტის კონც. წყალხსნარი (NaOH).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი და დაამატეთ ნატრიუმის ტუტის კონც. წყალხსნარი. ნარევი გაახურეთ სპირტქურის ალზე ადუღებამდე. ამონიუმის ქლორიდზე ტუტის დამატებით, გამოიყოფა ამონიუმის ტუტე, რომელიც არამდგრადია და გაცხელებისას იშლება ამიაკად და წყლად. ამიაკის გა-

მოყოფა შეიმჩნევა მკვეთრი დამახასიათებელი სუნით. სინჯარასთან მიიტანეთ სველი ლაკმუსის ქაღალდი.

რას ამჩნევთ? დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 5. თუთიაზე კონც. აზოტმჟავას მოქმედება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, თუთიის ნაჭერი (Zn), კონც. აზოტმჟავა (HNO_3).

ცდის მსვლელობა: სინჯარში მოათავსეთ თუთიის პატარა ნაჭერი. დაამატეთ კონც. აზოტმჟავას რამდენიმე წვეთი. შეფერილობის მიხედვით განსაზღვრეთ გამოყოფილი აირი.

დაწერეთ თუთიის კონც. აზოტმჟავასთან ურთიერთქმედების რეაქციის ტოლობა.

ცდა 6. თუთიაზე ძლიერ განზ. აზოტმჟავას მოქმედება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, თუთიის ნაჭერი, განზ. აზოტმჟავა (HNO_3), ნატრიუმის ჰიდროქსიდი (NaOH).

ცდის მსვლელობა: სინჯარში მოათავსეთ თუთიის პატარა ნაჭერი. დაამატეთ ძლიერ განზ. აზოტმჟავას რამდენიმე წვეთი. ხსნარი შეანჯღრიეთ რამდენიმე წუთის

განმავლობაში და დაუმატეთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი. აღნიშნეთ წარმოქმნილი დამახასათებელი სუნი (რომელი აირია?).

შეადგინეთ თუთიის ძლიერ განზ. აზოტმჟავასთან ურთიერთქმედების რეაქციის ტოლობა. გაითვალისწინეთ, რომ რეაქციის პროდუქტებია ამონიუმისა და თუთიის ნიტრატი.

ცდა 7. აზოტოვანი მჟავას მიღება და დაშლა

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, $2N\ H_2SO_4$ -ის ხსნარი, $NaNO_2$ -ის ან KNO_2 -ის ნაჯერი ხსნარები.

ცდის მსვლელობა: ნატრიუმის ან კალიუმის ნიტრიტის ნაჯერი ხსნარის 4-5 წვეთს დაუმატეთ 1-2 წვეთი $2N$ გოგირდმჟავას ხსნარი. აღნიშნეთ ცისფერი შეფერილობის აზოტოვანი ანჰიდრიდის მიღება. ახსენით მურა ფერის გაზის გამოყოფის მიზეზი.

დაწერეთ რეაქციათა ტოლობები:

კალიუმის ან ნატრიუმის ნიტრიტის გოგირდმჟავასთან ურთიერთქმედება;

აზოტოვანი მჟავას დაშლა;

აზოტოვანი ანჰიდრიდის დაშლა.

ცდა 8. ნიტრიტი, როგორც მჟანგავი

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კალიუმის იოდიდის ხსნარი (KI), ნატრიუმის ნიტრიტი (NaNO_2), გოგირდმჟავა (H_2SO_4), სახამებელი.

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით კალიუმის იოდიდის ხსნარი, დაამატეთ გოგირდმჟავას და ნატრიუმის ნიტრიტის რამდენიმე წვეთი. დააკვირდით თავისუფალი იოდის გამოყოფას, რომელიც შეიმჩნევა სახამებლის დამატებისას ლურჯი შეფერილობის წარმოქმნით.

შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა, გაითვალისწინეთ, რომ ნატრიუმის ნიტრიტი აღდგება აზოტის (II) ოქსიდამდე.

ცდა 9. ნიტრიტი, როგორც აღმდგენი

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი (KMnO_4), კალიუმის ნიტრიტი (KNO_2), გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით მცირე რაოდენობით კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი, დაამატეთ რამდენიმე წვეთი გოგირდმჟავა და კალიუმის ნიტრიტის ხსნარი. აღნიშნეთ ფერის ცვლილება.

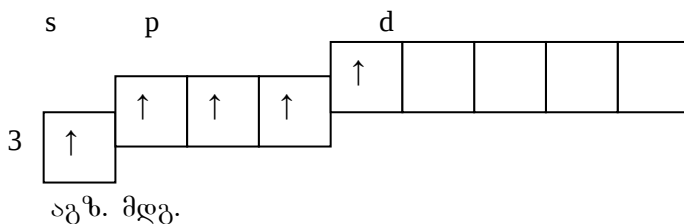
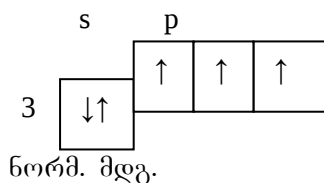
შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა, გაითვალისწინეთ, კალიუმის პერმანგანატი გადადის მანგანუმის (II) სულფატში, ხოლო ნატრიუმის ნიტრიტი – ნატრიუმის ნიტრატში.

ლაბორატორიული სამუშაო № 7

ფოსფორი

ფოსფორი (P) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 15, ატომური მასაა 30,974 (31).

მისი ელექტრონული ფორმულაა $_{15}\text{P } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.



ფოსფორი ბუნებაში მეტად გავრცელებული ელემენტია. ბუნებაში ფოსფორი გვხვდება მხოლოდ ნაერთების სახით. აღსანიშნავია ფოსფორიტები და აპატიტები, რომელთა მთავარი შემადგენელი ნაწილია $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. მსოფლიოში უდიდესი საბადოები არის კოლის ნახევარკუნძულზე.

ნაერთებში ფოსფორი ამჟღავნებს ისეთივე ჟანგვის ხარისხს, როგორც აზოტი (-3-დან +5-მდე), მაგრამ უარყოფითი ხარისხი ნაკლებად დამახასიათებელია.

ფოსფორის რამდენიმე იზოტოპებიდან სტაბილურია ერთი იზოტოპი ^{31}P .

ცნობილია ფოსფორის რამდენიმე ალოტროპიული სახესხვაობა, რომელთაგან მნიშვნელოვანია თეთრი, წითელი და შავი ფოსფორი. მათ ინდივიდუალურობას განაპირობებს კრისტალური გისოსის განსხვავებული აღნაგობა.

თეთრი ფოსფორი წარმოადგენს ცვილისფერ ნივთიერებას, წყალში ძალიან ცუდად იხსნება, კარგად იხსნება გოგირდნახშირბადში (CS_2), ადვილად იწვის, ოთახის ტემპერატურაზე ხდება მისი თვითაღება და წარმოიქმნება თეთრი ბოლი P_2O_5 -ის წარმოქმნის გამო. სიბნელეში ანათებს, ძლიერი საწამლავია. სინათლეზე ან უპაეროდ სუსტი გახურებით, თანდათან გარდაიქმნება ფოსფორის წითელ მოდიფიკაციად.

წითელი ფოსფორი მურა წითელი ფერის ფხვნილია. არც წყალში იხსნება და არც გოგირდნახშირბადში. მისი რეაქციისუნარიანობა მკვეთრად უფრო ნაკლებია, ვიდრე თეთრი ფოსფორის, მხოლოდ მაღალ ტემპერატურაზე იწვის, სიბნელეში არ ანათებს, არ არის საწამლავი. უპაეროდ ძლიერი გახურებისას წითელი ფოსფორი ორთქლდება. მისი კონდენსაციის დროს წითელი ფოსფორის ნაცვლად თეთრი ფოსფორი მიიღება.

შავი ფოსფორი მიიღება თეთრი ფოსფორის გაცხელებით $200-250^{\circ}\text{C}$ მაღალი წნევის პირობებში. შავი ფოსფორი – ნახევარგამტარია.

ფოსფორი კალიუმთან და აზოტთან ერთად ის ელემენტია, რომლის გარეშე სიცოცხლე არ შეიძლება. ფოსფორი განსაკუთრებით ესაჭიროება მცენარეებს ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის. მოსავლის აღებასთან დაკავშირებით ნიადაგში ფოსფორის შემცველობა კლებულობს და მოსვლიანობა მცირდება, ამიტომ საჭირო ხდება ნიადაგში ფოსფორშემცველი სასუქების შეტანა, რომელთაგანაც აღსანიშნავია:

ფოსფორიტული ფქვილი – $\text{CaF}(\text{PO}_4)_3 + \text{CaOH}(\text{PO}_4)_3 + \text{CaCO}_3$. იგი წარმოადგენს წვრილად დაფქვილ ფოსფორიტებს და აპატიტებს, წყალში უხსნადია, გამოიყენება მხოლოდ მჟავა ნიადაგებში. მისი უპირატესობაა დაბალი ფასი და ეკოლოგიური უვნებლობა.

მარტივი სუპერფოსფატი $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4$ – შეიცავს 50% კალციუმის სულფატს, რომელიც გამოუსადეგარია, მაგრამ ერთ-ერთი გაერცხელებული სასუქია, რადგანაც ადვილად შესათვისებელია ნებისმიერი მცენარისათვის და იაფია.

ორმაგი სუპერფოსფატი $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – შედგენილობით მარტივი სუპერფოსფატის მსგავსია, მაგრამ მასში საკვები ელემენტი მეტი რაოდენობითაა, არ შეიცავს ბალასტს. **პრეციპიტატი** $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – ერთ-ერთი

მნიშვნელოვანი ფოსფორშემცველი სასუქია, გამოიყენება ნებისმიერ ნიადაგში ნებისმიერი კულტურისათვის. კომბინირებულ სასუქებიდან აღსანიშნავია **ამოფოსი** $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ და **დიამოფოსი** $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

საერთოდ, ფოსფორშემცველი სასუქების ღირებულება განისაზღვრება არა ფოსფორის მიხედვით, არამედ P_2O_5 -ის პროცენტული შემცველობის მიხედვით.

ცდა 1. წითელი ფოსფორის გარდაქმნა თეთრ ფოსფორად

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, შტატივი, სპირტქურა, წითელი ფოსფორი.

ცდის მსვლელობა: მშრალ სინჯარაში მოათავსეთ წითელი ფოსფორის რამდენიმე მარცვალი და სინჯარას მჭიდროდ დაუცეთ ბამბა. სინჯარა დაამაგრეთ შტატივზე ოდნავ დახრილ მდგომარეობაში და ფრთხილად გაახურეთ სპირტქურის ალზე, ისე, რომ ფოსფორი თანდათანობით გადავიდეს ორთქლის მდგომარეობაში. დააკვირდით სინჯარის ცივ კედელზე გამოყოფილ ნივთიერებას.

დაწერეთ ფოსფორის წვის რეაქციები P_2O_3 -ის და P_2O_5 -ის წარმოქმნით.

ცდა 2. კალციუმის ფოსფატის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, კალციუმის ქლორიდი (CaCl_2), ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატის NaH_2PO_4 , ნატრიუმის ჰიდროფოსფატისა (Na_2HPO_4) და ნატრიუმის ფოსფატის (Na_3PO_4) ხსნარები.

ცდის მსვლელობა: სამ სინჯარაში ჩაასხით 1-2 მლ კალციუმის ქლორიდი ხსნარი და დაამატეთ 0,5 მლ ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატის, ნატრიუმის ჰიდროფოსფატის და ნატრიუმის ფოსფატის ხსნარები. აღნიშნეთ ნალექების წარმოქმნის ინტენსივობა და მათი ფერი. ყველა ნალექი გაყავით ორ ნაწილად და დააკვირდით მათ ურთიერთქმედებას მარილმჟავასთან და ძმარმჟავასთან.

შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 3. კალციუმის ფოსფატის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, განზ. ფოსფორმჟავა (H_3PO_4), კალციუმის ტუტის ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) გამჭვირვალე ხსნარი.

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით 1-2 მლ განზ. ფოსფორმჟავა და თანდათანობით დაუმატეთ კალციუმის ტუტის გამჭვირვალე ხსნარი, ვიდრე არ შეწყდება

ნალექის წარმოქმნა, წარმოიქმნება თეთრი ფერის ნალექი.

დაწერეთ რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. PO_4^{3-} იონის აღმოჩენა

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატი (NaH_2PO_4), ვერცხლის ნიტრატი ($AgNO_3$), აზოტმჟავა (HNO_3).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით 0,5 – 1 მლ ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატი და დაამატეთ რამდენიმე წვეთი ვერცხლის ნიტრატი. აღნიშნეთ წარმოქნილი ნალექის ფერი. შეამოწმეთ ნალექის ხსნადობა აზოტმჟავაში.

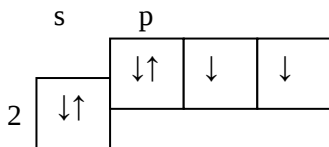
დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ლაბორატორიული სამუშაო № 8

VI ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფი

VI ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებია (S, O, Se, Te, Po) მათ ხალკოგენები ეწოდება. მათ ურთიერთ-მსგავსებას განაპირობებს სავალენტო შრის ერთნაირი კონფიგურაცია ns^2np^4 , მიეკუთვნებიან p ელემენტებს. წარმოქმნიან ერთნაირი H_2R ტიპის წყალბადნაერთებს და RO_3 ტიპის უმაღლეს ჟანგბადნაერთებს. ძირითადად კოვალენტურ ნაერთებს წარმოქმნიან, რომლებშიც მათი ჟანგვის ხარისხი ცვალებადია.

ჟანგბადი (O) პერიოდული სისტემის მეორე პერიოდის ელემენტი. რიგობრივი ნომერია 8, ატომური მასაა 15,9994 (16). მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_8O\ 1s^2 2s^2 2p^4$.

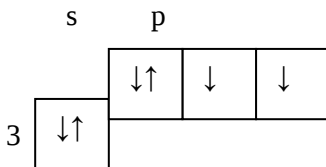


ჟანგბადის ატომის ვალენტობა ყოველთვის 2-ის ტოლია, რითაც განსხვავდება სხვა ხალკოგენებისაგან, ჟანგვის ხარისხი კი ყოველთვის -2-ის ტოლია, გამონაკლისია ზეჟანგები და დიფტორიდი $H_2O_2^{-1}; O^{+2}F_2$. ჟანგბადი (3,44) ფტორის (3,98) შემდეგ ყველაზე ელექტროუარყოფითი ელემენტია. იგი ბუნებაში ყველაზე

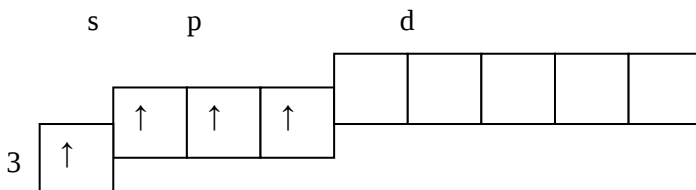
გავრცელებული ელემენტია. თავისუფალი სახით შედის ჰაერის შემადგენლობაში (დაახლ. 21%).

ბუნებრივი ჟანგბადი სამი მდგრადი იზოტოპის ნარეკს წარმოადგენს $^{16}_8\text{O}$; $^{17}_8\text{O}$; $^{18}_8\text{O}$. უფერო, უსუნო და უგემო გაზია, წყალში მცირედ იხსნება. ჟანგბადი აუცილებელია ისეთი სასიცოცხლო პროცესისათვის, როგორიცაა სუნთქვა. მისი ალოტროპული სახესხვაობაა ოზონი, რომლის მოლეკულაში 3 ატომი ჟანგბადია.

გოგირდი (S) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია. რიგობრივი ნომერია 16, ატომური მასაა 32,064 (32). მისი ელექტრონული ფორმულაა $_{16}\text{S } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$.



ნორმ. მდგ.



აგზ. მდგ.

გოგირდი ბუნებაში გვხვდება როგორც თავისუფალ მდგომარეობაში, ისე თვითნაბადი სახით. იგი გვხვდება შემდეგი ნაერთების სახით (PbS , ZnS , Cu_2S , FeS_2 , $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). გოგირდი შედის ზოგიერთი მინერალური წყლის შემადგენლობაში, ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში. ბუნებრივი გოგირდი შედგება 4 სტაბილური იზოტოპისაგან $^{32}_{16}\text{S}$; $^{33}_{16}\text{S}$; $^{34}_{16}\text{S}$; $^{35}_{16}\text{S}$. ცნობილია გოგირდის რამდენიმე ალოტროპული სახესხვაობა – რომბული, პრიზმული და პლასტიკური. გოგირდი წარმოადგენს მყიფე ყვითელი ფერის კრისტალურ ნივთიერებას, წყალში პრაქტიკულად არ იხსნება. გოგირდის ჟანგვის ხარისხი ცვალებადია -2 ; $+2$; $+4$; $+6$.

გოგირდი გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში მავნებლებთან საბრძოლველად, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (სპილენძის შაბიამანი) სოფლის მეურნეობაში მცენარეების შესაწამლად.

გოგირდის ყველაზე მნიშვნელოვანი ნაერთია გოგირდმჟავა.

ცდა 1. ჟანგბადის მიღება ბერთოლეს მარილის დაშლით

მოწყობილობა და რეაქტივები: შტატივი, სპირტქურა, ხის კვარი, სინჯარები, ბერთოლეს მარილი (KClO_3), მანგანუმის დიოქსიდი (MnO_2).

ცდის მსვლელობა: აიღეთ ორი სინჯარა. ერთში ჩაყარეთ 0,5 გ ბერთოლეს მარილი, ხოლო მეორეში – წინასწარ გახურებული და შემდეგში გაციებული და ერთმანეთში არეული მანგანუმის დიოქსიდი და ბერთოლეს მარილი (1:2). სინჯარები მიადეთ ერთმანეთს და დაამაგრეთ შტატივზე. გააცხელეთ სპირტქურაზე. მბჟუტავი კვარით შეამოწმეთ ჟანგბადის გამოყოფა.

რას ამჩნევთ? დაწერეთ ბერთოლეს მარილის დაშლის რეაქცია და აღნიშნეთ მანგანუმის დიოქსიდის როლი ამ რეაქციებში.

ცდა 2. ჟანგბადის მიღება კალიუმის პერმანგანატის დაშლით

მოწყობილობა და რეაქტივები: შტატივი, კვარი, სინჯარა, სპირტქურა, კალიუმის პერმანგანატის (KMnO_4) კრისტალები.

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში მოათავსეთ კალიუმის პერმანგანატის კრისტალები. სინჯარა დაამაგრეთ

შტატივზე და გააცხელეთ. მბუქტავი კვარით შეამოწმეთ ჟანგბადის გამოყოფა.

რას ამჩნევთ? დაწერეთ კალიუმის პერმანგანატის დაშლის რეაქცია.

ცდა 3. გოგირდის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, ნატრიუმის სულფიდი (Na_2S), აზოტმჟავა (HNO_3).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით ნატრიუმის სულფიდის ხსნარი და დაამატეთ აზოტმჟავა. ხსნარი შეიმღვრევა და ემსგავსება რძეს გამოყოფილი გოგირდის კოლოიდური ხსნარის წარმოქმნის გამო.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. გოგირდის ჟანგვა-აღდგენითი თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, მინის წკირი, ფხვნილისებრი გოგირდი, აზოტმჟავა (HNO_3).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით მცირე რაოდენობით აზოტმჟავა და დაამატეთ ფხვნილისებრი გოგირდი. გამოიყოფა მურა გაზი, ხოლო გოგირდი გაიხსნება. შემდეგ მიღებულ ხსნარს დაამატეთ ბარიუმის ქლორიდი. გამოიყოფა თეთრი ფერის ნალექი.

უფერო ალში მინის წკირით შეიტანეთ მცირე რაოდენობით გოგირდი. გოგირდი იწვის ღურჯი ალით. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები.

ცდა 5. კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ჟანგვითი თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სპირტქურა, გამოხდილი წყალი, გოგირდის ნატეხები, კონც. გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: მშრალ სინჯარაში მოათავსეთ გოგირდის პატარა ნატეხი და დაამატეთ კონც. გოგირდმჟავა. სინჯარა ფრთხილად გაახურეთ. სინჯარის პირთან მიიტანეთ წყალში დასველებული ღურჯი ლაკმუსის ქაღალდი.

დააკვირდით ცდის მიმდინარეობას. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 6. გოგირდმჟავას წყალწამრთმევი თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სპირტქურა, ფილტრის ქაღალდი, მინის წკირი, 2N (განზ. 1:3) გოგირდმჟავას ხსნარი (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: ფილტრის ქაღალდზე გოგირდმუქაში დასველებული მინის წკირით გააკეთეთ რაიმე წარწერა. ქაღალდი ფრთხილად გააშრეთ სპირტქურის ალზე. წყლის აორთქლების გამო მუქავას კონცენტრაცია იზრდება და ქაღალდი შავდება იმ ადგილზე, სადაც დასველებული იყო გოგირდმუქავას ხსნარით და წარწერა მკაფიოდ გამოჩნდება ქაღალდის თეთრ ფონზე.

ცდა 7. განზავებული გოგირდმუქავას ურთიერთქმედება მეტალებთან

მოწყობილობა და რეაქტივები: სპირტქურა, სინჯარები, Zn-ის, Fe-ის და Cu-ს პატარა ნაჭრები, განზ. გოგირდმუქავას ხსნარი (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: სამ სინჯარაში ჩაასხით განზ. გოგირდმუქავა და თითოეულში მოათავსეთ სხვადასხვა მეტალის 2-3 პატარა ნაჭერი. თუ რეაქცია ნელა მიდის სინჯარები მსუბუქად გააცხელეთ სპირტქურის ალზე.

რომელ შემთხვევაში არ წავა რეაქცია? დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები. რომელი ელემენტებია მუანგავი ამ რეაქციებში?

ცდა 8. SO_4^{2-} -ის აღმოჩენა

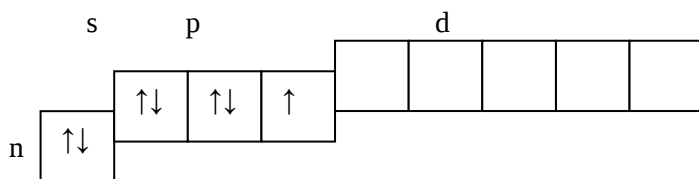
მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, ბარიუმის ქლორიდის (BaCl_2) კონც. ხსნარი, კონც. მარილმჟავას (HCl) და აზოტმჟავას (HNO_3) ხსნარები, განზ. გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით განზ. გოგირდმჟავა და დაამატეთ ბარიუმის ქლორიდის ხსნარი. წარმოიქმნება თეთრი ფერის BaSO_4 -ის ნალექი. მიღებული ნალექი გაანაწილეთ ორ სინჯარაში. ერთ სინჯარას დაუმატეთ კონც. მარილმჟავა, ხოლო მეორეს კონც. აზოტმჟავას ხსნარი. ნალექი არც ერთ შემთხვევაში არ გაიხსნება.

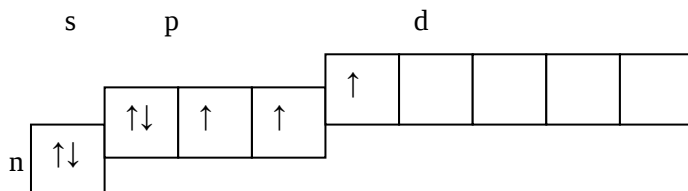
ლაბორატორიული სამუშაო № 9

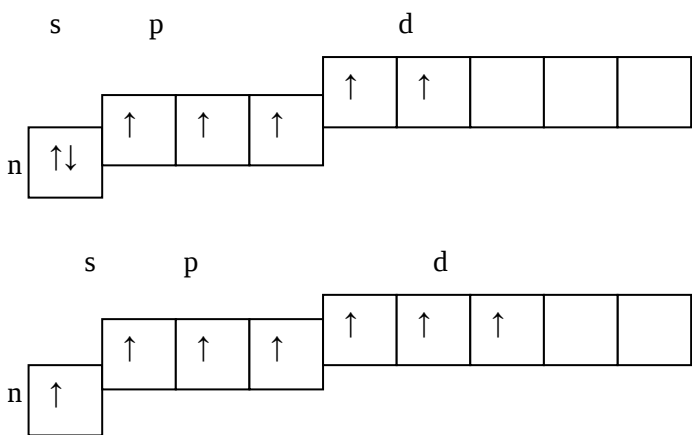
ჰალოგენები

ჰალოგენები ეწოდება VII ჯგუფის მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტებს F, Br, Cl, I, At, მათი სახელწოდება წარმოდგება ბერძნული სიტყვიდან, რაც „მარილწარმოქმნელს“ ნიშნავს (Hals – მარილი). მიეკუთვნებიან p-ელემენტებს. მათ ანალოგიას განაპირობებს მსგავსი ელექტრონული კონფიგურაცია – ns^2np^5 . მათი მაქსიმალური უნგვის ხარისხია +7, ხოლო მინიმალური -1. გამო-
ნაკლისია ფტორი, რომლის უნგვის ხარისხი, როგორც ყველაზე ელექტროუარყოფითი ელემენტის, ყოველთვის მი-
ნუს ერთის ტოლია. ჰალოგენები წარმოქმნიან RH ტიპის უნგბადნაერთებს, და R_2O_7 ტიპის უმაღლეს ოქსიდებს.



ნორ. მდგ.





აგზნ. მდგომარეობა

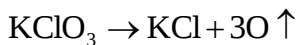
ჰალოგენები გვხვდება როგორც დედამიწის ქერქში, აგრეთვე ოკეანეების, ზღვებისა და მარილიანი ტბების წყლებში მათი მარილებისა (ჰალოგენიდების) და სხვა სახით: NaCl, KCl, NaBr, KBr, NaI, KI, CaF₂.

ამ ნაერთებიდან ჰალოგენებს იღებენ ტექნიკური და ლაბორატორიული მიზნებისათვის, ქიმიური და ელექტროქიმიური მეთოდებით.

ჰალოგენები დამუანგველებია, მაგრამ მათი დამუანგავი თვისებები რიგში ფტორი-კლორი-ბრომი-იოდი მცირდება, ხოლო აღდგენითი – იზრდება. ყველაზე ძლიერი აღმდგენელია იოდწყალბადი. დიდი ტექნიკური მნიშვნელობა აქვს ჰალოგენწყალბადებს (HF, HCl, HBr, HI). განსა-

კუთრებით მნიშვნელოვანია ქლორწყალბადი და მისი წყალხსნარი – მარილმჟავა. ჰალოგენწყალბადებში ჰალოგენების ჟანგვის ხარისხი უარყოფითია (-1), ამიტომ ისინი ძლიერი დამჟანგავებია.

ჰალოგენების დადებითი ჟანგვის ხარისხის მქონე მრავალრიცხოვანი ნაერთებიდან განსაკუთრებული ადგილი უკავია კალიუმის ქლორატს KClO_3 (ბერთოლეს მარილი), რომელიც ძლიერი დამჟანგავია, მისი მჟანგველობითი უნარი ვლინდება გახსნილ, გამლღვალ და მყარ მდგომარეობაშიც. კალიუმის ქლორატი ხსნარებში აღდგება კალიუმის ქლორიდამდე, ან თავისუფალ ქლორამდე. კალიუმის ქლორატი მყარ მდგომარეობაში შედის ასანთის, სანთებელა ნარევების, ფოთერვერკების შემადგენლობაში, ამ შემთხვევაში მისი დამჟანგავი თვისება აიხსნება იმით, რომ გახურებისას იშლება ატომური ჟანგბადის გამოყოფით.



ჰალოგენები ხასიათდება მკვეთრი სუნით და მათი მცირე ჩასუნთქვაც კი იწვევს სასუნთქი გზების გაღიზიანებას.

ჰალოგენები თავისუფალ მდგომარეობაში არსებობენ მოლეკულების სახით F_2 , Br_2 , Cl_2 , I_2 .

ფთორი (F) პერიოდული სისტემის მეორე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 9, ატომური მასაა 18,9984. მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_9\text{F } 1s^2 2s^2 2p^5$.

ფთორი წარმოადგენს ღია-მოყვითალო ფერის მკვეთრი სუნის მქონე გაზს, ძალიან აგრესიული და მომწამვლელია. ბუნებაში არსებობს ერთი სტაბილური იზოტოპის ${}^{19}\text{F}$ სახით.

ქლორი (Cl) პერიოდული სისტემის მესამე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 17, ატომური მასაა 35,5. მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{17}\text{Cl } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. ქლორი ბუნებაში გვხვდება ორი სტაბილური იზოტოპის სახით ${}^{35}\text{Cl}$ (75,78 %) და ${}^{37}\text{Cl}$ (24,22 %).

ქლორი წარმოადგენს მომწვანო-მოყვითალო ფერის მკვეთრი სუნის მქონე ჰაერზე უფრო მძიმე გაზს, საწამლაია.

ქლორის ნაერთებიდან უმნიშვნელოვანეს ნაერთს წარმოადგენს NaCl (სუფრის მარილი, გამოიყენება კვების მრეწველობაში) და KCl რომელიც გამოიყენება სასუქად.

ბრომი (Br) პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 35, ატომური მასაა 79,904. მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{35}\text{Br } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$.

ბრომი ჩვეულებრივ პირობებში მურა-მოწითალო ფერის სითხეა, მკვეთრი არასასიამოვნო სუნით, კანზე შეხებისას იწვევს დამწვრობას. ბრომი ბუნებაში გვხვდება

ორი სტაბილური იზოტოპის სახით ^{79}Br (50,56 %) და ^{81}Br (49,44 %).

იოდი (I) პერიოდული სისტემის მეხუთე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 55, ატომური მასაა 126,9044. მისი ელექტრონული ფორმულაა $_{53}\text{I}1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^64d^{10}5s^25p^5$.

იოდი მოშავო-მონაცრისფრო კრისტალებია იისფერი მეტალური ბზინვარებით, მკვეთრი სუნით.

ბუნებრივი იოდი შედგება მხოლოდ ერთი სტაბილური იზოტოპისაგან ^{127}I .

ჰალოგენებზე ცდები ტარდება ამჟამად კარადაში!

ცდა 1. ქლორის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, მანგანუმის დიოქსიდი – MnO_2 , კალიუმის ბიქრომატი – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, კალიუმის პერმანგანატი – KMnO_4 , მარილმჟავა – HCl .

ცდის მსვლელობა: მშრალ სინჯარებში მოათავსეთ მანგანუმის დიოქსიდი – MnO_2 , კალიუმის ბიქრომატი – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ და კალიუმის პერმანგანატი – KMnO_4 . თითოეულ სინჯარას დაამატეთ 4-5 წვეთი მარილმჟავა.

აღნიშნეთ გამოყოფილი ქლორის ფერი, სუნი. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები და გაათანაბრეთ ჟანგვა-აღდგენით.

ცდა 2. იოდის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: ფაიფურის ტიგელი, სპირტქურა, კალიუმის (ან ნატრიუმის) იოდიდი (KI , NaI), მანგანუმის დიოქსიდი (MnO_2), კონც. გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: ფაიფურის ტიგელში მოათავსეთ კალიუმის (ან ნატრიუმის) იოდიდი და მანგანუმის დიოქსიდი. მოურიეთ მინის წკირით. შემდეგ ტიგელი ნარევით მოათავსეთ ფაიფურის სამკუთხედზე დაამატეთ

რამდენიმე წვეთი კონც. გოგირდმჟავა. ტიგელი შეათბეთ, დააკვირდით იოდის წარმოქმნას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები, გაათანაბრეთ ჟანგვა-აღდგენით.

ცდა 3. ქლორწყალბადის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, ინდიკატორის ქაღალდი, ნატრიუმის ქლორიდი (NaCl), კონც. გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: მშრალ სინჯარაში მოათავსეთ ერთი მიკროშპატელი კრისტალური ნატრიუმის ქლორიდი და დაამატეთ 4-5 წვეთი კონც. გოგირდმჟავა. ნატრიუმის ქლორიდის აფუება და გაზის გამოყოფა ადასტურებს რეაქციის მიმდინარეობას. სინჯარასთან მიიტანეთ წყალში დასველებული ლურჯი ლაკმუსის ქაღალდი (შეიძლება უნივერსალური ინდიკატორის ქაღალდი) და დააკვირდით მისი შეფერილობის შეცვლას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა, ახსენით ინდიკატორის შეფერილობის ცვლილება. ახსენით რატომ გამოიყენება მყარი ნატრიუმის ქლორიდი და კონც. გოგირდმჟავა, და არა მარილის ხსნარი და განზ. გოგირდმჟავა.

ცდა 4. ბრომწყალბადისა და იოდწყალბადის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სპირტქურა, ინდიკატორის ქაღალდი, ნატრიუმის (ან კალიუმის) ბრომიდი და იოდიდი (NaBr , NaI , KBr , KI), კონც. ორთოფოსფორმჟავა (H_3PO_4).

ცდის მსვლელობა: ორ მშრალ სინჯარაში მოათავსეთ ერთი მიკროშპატელი კრისტალური ნატრიუმის (ან კალიუმის) ბრომიდი და იოდიდი. დაამატეთ 4-5 წვეთი კონც. ორთოფოსფორმჟავა. სინჯარები შეათბეთ სპირტქურაზე. მარილების აფუება და გაზის გამოყოფა ადასტურებს რეაქციის მიმდინარეობას. სინჯარასთან მიიტანეთ წყალში დასველებული ინდიკატორის ქაღალდი და დააკვირდით ინდიკატორის შეფერილობის ცვლილებას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა, ახსენით ინდიკატორის შეფერილობის ცვლილება. ახსენით რატომ გამოიყენება არა გოგირდმჟავა (როგორც ქლორწყალბადის მიღებისას), არამედ ორთოფოსფორმჟავა.

ცდა 5. საღებავების გაუფერულება ქლორიანი წყლით

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, ინდიგოს ხსნარი, ფუქსინის ხსნარი, ლაკმუსის ხსნარი, ქლორიანი წყალი, გამოხდილი წყალი.

ცდის მსვლელობა: ოთხ სინჯარაში ჩაასხით გამოხდილი წყალი. პირველი სინჯარა შედგებთ ინდიგოს, მეორე – ფუქსინის, მესამე – ლაკმუსის, ხოლო მეოთხე – იისფერი მელნის ხსნარით. ყველა სინჯარაში ჩაასხით ახლად მომზადებული ქლორიანი წყალი და სინჯარები შეანჯღრიეთ. რას ამჩნევთ?

ცდა 6. შედებილი ქსოვილის გაუფერულება ქლორით

მოწყობილობა და რეაქტივები: ცილინდრი, მინის ფირფიტა, საღებავით შეფერილი ქსოვილი, ქლორი, გამოხდილი წყალი.

ცდის მსვლელობა: აიღეთ საღებავით შეფერილი ქსოვილის ნაჭერი. ქსოვილი ნახევრად დაასველეთ გამოხდილი წყლით, ჩაკიდეთ ქლორიან ცილინდრში და დაახურეთ მინის ფირფიტა.

რას ამჩნევთ? ახსენით მიზეზები.

ცდა 7. ქლორ-, ბრომ- და იოდ-იონების აღმოჩენა

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, ნატრიუმის ქლორიდის (NaCl), კალიუმის ბრომიდის (KBr) და კალიუმის იოდიდის (KI), ვერცხლის ნიტრატის (AgNO_3)

ხსნარები, გოგირდმჟავა (H_2SO_4), ამონიუმის ტუტე (NH_4OH).

ცდის მსვლელობა: სინჯარებში ჩაასხით ნატრიუმის ქლორიდის (NaCl), კალიუმის ბრომიდისა (KBr) და კალიუმის იოდიდის (KI) ხსნარები. სამივე სინჯარას დაუმატეთ ვერცხლის ნიტრატის ხსნარი (AgNO_3).

აღნიშნეთ წარმოქმნილი ნალექების შეფერილობა. შეამოწმეთ მიღებული ჰალოგენიდების ხსნადობა მჟავაში და ამონიუმის ტუტეში.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 8. კალიუმის ქლორატის თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, შტატივი, ბერთოლეს მარილი (KClO_3), კონც. გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: მშრალ სინჯარაში მოათავსეთ ბერთოლეს მარილის (KClO_3) რამდენიმე კრისტალი, სინჯარა დაამაგრეთ შტატივზე, პიპეტით დაამატეთ კონც. გოგირდმჟავა. რას ამჩნევთ?

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 9. კალიუმის ქლორატის ურთიერთქმედება კალიუმის იოდიდთან

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კალიუმის იოდიდის (KI) ხსნარი, კალიუმის ქლორატი (KClO_3), განზ. გოგირდმჟავა (H_2SO_4).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით 4-5 წვეთი კალიუმის იოდიდის ხსნარი, დაამატეთ 2-3 წვეთი კალიუმის ქლორატის ხსნარი (ან მარილის კრისტალები), დაამატეთ 3-4 წვეთი განზ. გოგირდმჟავა. შეიმჩნევა ყავის-ფერი შეფერილობის წარმოქმნა.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 10. კალიუმის ქლორატის ურთიერთქმედება მჟავასთან

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კალიუმის იოდიდის (KI) ხსნარი, კალიუმის ქლორატი (KClO_3), კონც. მარილმჟავა (HCl).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში მოათავსეთ კალიუმის ქლორატის კრისტალები, დაამატეთ 2-3 წვეთი კონც. მარილმჟავა. დააკვირდით გაზის გამოყოფას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ლაბორატორიული სამუშაო №10

I ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის d ელემენტები

პერიოდული სისტემის I ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის ელემენტებს მიეკუთვნება Cu, Ag, Au. ისინი მიეკუთვნებიან d ელემენტებს, რადგან სავალენტო შრის ბოლო ელექტრონი d ქვედონეზეა. ბუნებაში გვხვდებიან თვითნაბადი სახით.

ამ ჯგუფის ელემენტების საერთო თვისებად ითვლება მათი დაჟანგულობის ხარისხი +1. გარდა ამისა, სპილენძისა და ვერცხლის დაჟანგულობის ხარისხი +2-ია, ხოლო ოქროსი +3. ქიმიური აქტივობა მცირდება რიგში Cu – Ag – Au. ეს მეტალები არ ურთიერთქმედებენ მარილმჟავასთან და განზ. გოგირდმჟავასთან. სპილენძი და ვერცხლი ურთიერთქმედებს კონც. აზოტმჟავასთან, ხოლო ოქრო – მეფის არაყთან ანუ თეზაფთან (კონც. აზოტმჟავას და კონც. მარილმჟავას ნარევი თანაფარდობით 1:3).

სპილენძი (Cu)პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 29, ატომური მასა 63,546. მისი ელექტრონული ფორმულაა ${}_{29}\text{Cu } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$.

სპილენძი პლასტიკური ოქროსფერ-მოვარდისფრო მეტალია, ჰაერზე სწრაფად იფარება ოქსიდის ფენით.

ბუნებრივი სპილენძი შედგება ორი სტაბილური იზოტოპისაგან ^{63}Cu (69,1%) და ^{65}Cu (30,9%).

ვერცხლი (Ag) პერიოდული სისტემის მეხუთე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 47, ატომური მასა 107,868. მისი ელექტრონული ფორმულაა $_{47}\text{Ag } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$.

ვერცხლი ჭედადი, პლასტიკური, კეთილშობილი, მოვერცხლისფრო-თეთრი მეტალია.

ოქრო (Au) პერიოდული სისტემის მეექვსე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 79, ატომური მასა 196,967. მისი ელექტრონული ფორმულაა $_{79}\text{Au } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^1$.

ოქრო ყვითელი ფერის კეთილშობილი მეტალია.

ცდა 1. სპილენძის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, სპილენძის სულფატის (CuSO_4) ხსნარი, თუთიის გრანულები (Zn).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით სპილენძის სულფატის ხსნარი და ჩაუშვით თუთიის გრანულა, აღწერეთ მიმდინარე მოვლენა.

დაწერეთ შესაბამისი ქიმიური რეაქციის ტოლობა.

ცდა 2. სპილენძის ჰიდროქსიდის მიღება და თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: ქიმიური ჭიქა, სპირტ-ქურა, სინჯარები, სპილენძის სულფატის (CuSO_4) ხსნარი, ნატრიუმის ჰიდროქსიდი (NaOH), მარილმჟავა (HCl).

ცდის მსვლელობა: ქიმიურ ჭიქაში შეურიეთ 2-3 მლ სპილენძის სულფატისა და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარები. მიღებული Cu(OH)_2 -ის ნალექი დეკანტაციით ჩარეცხეთ ცივი წყლით და გაანაწილეთ სამ სინჯარაში. პირველი სინჯარა ფროთხილად გააცხელეთ, მეორეს დაუმატეთ კონც. მარილმჟავა, ხოლო მესამეს – კონც. ნატრიუმის ჰიდროქსიდი. ახსენით მიმდინარე მოვლენები.

დაწერეთ შესაბამისი ქიმიური რეაქციის ტოლობა.

ცდა 3. სპილენძის ფუძე სულფატის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: შტატივი, ძაბრი, ფილტრის ქაღალდი, სპირტქურა, სპილენძის სულფატის (CuSO_4) და ნატრიუმის ტუტის (NaOH) განზ. ხსნარები.

ცდის მსვლელობა: ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით დაახლოებით 15 მლ სპილენძის სულფატის ხსნარი, დაამატეთ მცირე რაოდენობით ნატრიუმის ტუტის განზ. ხსნარი და გააცხელეთ ადუღებამდე. თუ ტუტე ჭარბადაა დამატებული, ნალექი გაშავდება, რადგან ტუტის მოქმედებით წარმოიქმნება არა ფუძე მარილი, არამედ $\text{Cu}(\text{OH})_2$, რომელიც გაცხელებით იშლება სპილენძის ოქსიდად და წყლად. თუ გაცხელებისას ხსნარი არ გაშავდა და გამოიყო მომწვანო-ნაცრისფერი ნალექი, მაშინ ხსნარი გაფილტრეთ, ფილტრზე დარჩება სპილენძის ფუძე სულფატი.

დაწერეთ შესაბამისი ქიმიური რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. ვერცხლის სარკის რეაქცია

მოწყობილობა და რეაქტივები: ქიმიური ჭიქა, ბრტყელძირა კოლბა, ელექტროქურა, წყლის აბაზანა, ვერცხლის ნიტრატი (AgNO_3), ამიაკის ხსნარი (NH_4OH), გლუკოზის ხსნარი ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

ცდის მსვლელობა: ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით ვერცხლის ნიტრატის წყალხსნარი და დაამატეთ რამდენიმე წვეთი ამიაკის ხსნარი. ურიეთ მინის წკირით. წარმოიქმნება შავი ფერის ნალექი Ag_2O . ნალექის გასახსნელად განაგრძეთ ამიაკის ხსნარის დამატება. მიღებული ხსნარი შეურიეთ გლუკოზის ხსნარს. მიღებული ნარევი ჩაასხით ბრტყელძირიან კოლბაში და ჩადგით ელექტროქურაზე მოთავსებულ წყლის აბაზანაში (70°C). დააყოვნეთ რამდენიმე წუთი და დააკვირდით რეაქციის მიმდინარეობას.

ცდა 5. ვერცხლის ოქსიდის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, ვერცხლის ნიტრატი (AgNO_3), ნატრიუმის ტუტე (NaOH).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით ვერცხლის ნიტრატის ხსნარი და დაამატეთ ნატრიუმის ტუტე. მიიღება ვერცხლის ოქსიდის შავი ფერის ნალექი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ლაბორატორიული სამუშაო №11

II ჯგუფის d ელემენტები

II ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის ელემენტებია Zn, Cd, Hg. მიეკუთვნებიან d ელემენტებს.

თუთია (Zn) პერიოდული სისტემის მეოთხე ჯგუფის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 30, ატომური მასა 65,37. ნაერთებში ამჟღავნებს მხოლოდ +2 დაჟანგულობის ხარისხს.

მოვერცხლისფრო-თეთრი, საკმაოდ პლასტიკური, ამფოტერული ლითონია. ჰაერზე იფარება ოქსიდის ZnO-ს თხელი ფენით. თვითნაბადი სახით ბუნებაში არ არსებობს, მისი მიღება ხდება პოლიმეტალური მადნებიდან.

კადმიუმი (Cd) პერიოდული სისტემის მეხუთე ჯგუფის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 48, ატომური მასა 112,40.

მოვერცხლისფრო-თეთრი რბილი, ჭედადი ლითონია. კარგად იხსნება განზ. აზოტმჟავაში, ნაერთებში ამჟღავნებს +2 ჟანგვის ხარისხს. მოთავსებულია თუთიასა და ვერცხლისწყალს შორის, ამიტომაც რიგი ქიმიური თვისებებით მსგავსია. ნახშირბადთან არ ურთიერთქმედებს. მიეკუთვნება იშვიათ, გაბნეულ ელემენტებს. მას ბევრი მინერალი შეიცავს, თუთიის მადნების თანამგზავრი ელემენტია.

ვერცხლისწყალი (Hg) პერიოდული სისტემის მეექვსე ჯგუფის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 80, ატომური მასა 200,59.

მძიმე მოვერცხლისფრო-თეთრი ფერის თხევადი ლითონია, რომლის ორთქლი ძლიერი საწამლაეია. ერთადერთი ლითონია თხევად მდგომარეობაში. ბუნებაში არსებობს როგორც თვითნაბადი სახით, ისე ქმნის მთელ რიგ მინერალებს. ნაკლებად აქტიური ლითონია. არ იხსნება ისეთ მჟავებში, რომლებსაც არ აქვთ დამჟანგავი თვისებები, მაგრამ იხსნება მეფის არაყში. ლითონებთან წარმოქმნის შენადნობებს – ამაღვამებს.

ცდა 1. თუთიის გახსნა მჟავებსა და ტუტეებში

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, თუთიის ფხვნილი, 2M გოგირდმჟავას ხსნარი (H_2SO_4), ნატრიუმის ტუტე (NaOH).

ცდის მსგელელობა: სინჯარაში მოათავსეთ ერთი მიკროშპატელი თუთიის ფხვნილი, დაამატეთ 4-5 წვეთი 2M გოგირდმჟავა და გაახურეთ. რომელი გაზი გამოიყოფა? ასეთივე ცდა ჩაატარეთ კონც. გოგირდმჟავასთან, რომელი გაზი გამოიყოფა? შეამოწმეთ თუთიის ხსნადობა 2M მარილმჟავაში და ნატრიუმის ტუტეში.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები.

ცდა 2. თუთიისა და კადმიუმის ჰიდროქსიდების მიღება და თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, თუთიის და კადმიუმის მარილები, 2M ნატრიუმის ტუტე (NaOH).

ცდის მსგელელობა: აიღეთ ორი სინჯარა. ერთში ჩაასხით 3-4 წვეთი თუთიის მარილი, ხოლო მეორეში – კადმიუმის. ორივეს წვეთობით დაამატეთ 2M ნატრიუმის ტუტე. თითოეულ სინჯარაში მიიღებთ თეთრი ფერის ჰიდროქსიდების ნალექს. დააკვირდით გაიხსნება თუ არა ნალექი განზ. მჟავას და ტუტის დამატებისას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები, გაითვალისწინეთ, რომ თუთიის ჰიდროქსიდზე ტუტის დამატებისას წარმოიქმნება თუთიის კომპლექსური მარილი, რომელიც შეიცავს კომპლექსურ იონს $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$. ახსენით თუთიისა და კადმიუმის ჰიდროქსიდების თვისებების განსხვავება.

ლაბორატორიული სამუშაო № 12

VI ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის d ელემენტები

VI ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის ელემენტებია Cr, Mo, W. მიეკუთვნებიან d ელემენტებს. სავალენტო ელექტრონები განაწილებულია s და d ქვედონეებზე. ქრომისა და მოლიბდენის ატომები ელექტრონის „ჩაგარდნის“ გამო, გარე ენერგეტიკულ დონეზე (s ქვედონე) თითო ელექტრონს შეიცავს, ვოლფრამის განაპირა ელექტრონული დონე კი ორელექტრონიანია. ქრომის ქვეჯგუფის ელემენტების ჟანგვის ხარისხი ნაერთებში ცვალებადია +2,+3, +6.

ქრომი (Cr) პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 24, ატომური მასაა 51,996. კოროზიისადმი მდგრადია, ამიტომ მას იყენებენ სხვა მეტალების დასაფარად (მოქრომვა).

მისი ჟანგვის ხარისხი ყოველთვის დადებითია. ჟანგვის ხარისხის შესაბამისად წარმოქმნის **ოქსიდებს**: CrO – ფუძე, Cr₂O₃ – ამფოტერული და CrO₃ – მჟავერი. **ჰიდროქსიდებს**: Cr(OH)₂ – ფუძე, Cr(OH)₃ – ამფოტერული. **მჟავეებს**: ორქრომმჟავა - H₂Cr₂O₇, ქრომმჟავა - H₂CrO₄.

სამვალენტიანი ქრომის იონები ხსნარში იისფერი ან მწვანეა.

ქრომი ბუნებაში ძირითადად ქრომოვანი რკინაქვის სახით გვხვდება ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), არის თეთრი ბზინვარე მეტალი, რომელიც გამოირჩევა დიდი სიმკვრივითა და სიმყიფით. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ქიმიურად პასიურია, ურთიერთქმედებს მხოლოდ ფტორთან, ჰაერზე არ იჟანგება, ჟანგბადში იწვის მხოლოდ მაღალ ტემპერატურაზე, გახურებით უერთდება ჰალოგენებს, აზოტს, გოგირდს და ძირითადად წარმოქმნის სამვალენტო ნაერთებს. ქრომი იხსნება განზ. მარილმჟავასა და გოგირდმჟავაში, წარმოქმნის ორვალენტოან ქრომის მარილებს (რეაქციის შედეგად გამოიყოფა წყალბადი), რომლებიც სწრაფად იჟანგება და გადაიქცევა სამვალენტოან მარილებად.

ცდა 1. წყალში უხსნადი ქრომატების მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, კალიუმის ბიქრომატი $K_2Cr_2O_7$, ბარიუმის ქლორიდი ($BaCl_2$), ტყვიის ნიტრატი ($Pb(NO_3)_2$), ვერცხლის ნიტრატი ($AgNO_3$).

ცდის მსვლელობა: სამ სინჯარაში ჩაასხით კალიუმის ბიქრომატის ხსნარი, პირველ სინჯარას დაუმატეთ ბარიუმის ქლორიდი, მეორეს – ტყვიის ნიტრატი, მესამეს – ვერცხლის ნიტრატის წყალხსნარები. დააკვირდით ნალექების წარმოქმნას და აღნიშნეთ ფერი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 2. ქრომატის ბიქრომატში გადასვლა და პირიქით

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, კალიუმის ქრომატი (K_2CrO_4), კალიუმის ბიქრომატი ($K_2Cr_2O_7$), გოგირდმჟავა (H_2SO_4), კალიუმის ტუტე (KOH).

ცდის მსვლელობა: აიღეთ ორი სინჯარა. ერთში ჩაასხით კალიუმის ქრომატი, ხოლო მეორეში – კალიუმის ბიქრომატის ხსნარი. I სინჯარაში დაამატეთ 1-2 მლ გოგირდმჟავა, ხოლო II-ში – რამდენიმე წვეთი კალიუმის ტუტე. დააკვირდით ხსნარების შეფერილობის ცვლილებას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 3. კალიუმის ბიქრომატი, როგორც დამჟანგავი

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, სპირტქურა, კალიუმის ბიქრომატი ($K_2Cr_2O_7$), განზ. გოგირდმჟავა (H_2SO_4), ნატრიუმის სულფიტის ($NaSO_3$) წყალხსნარი.

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით რამდენიმე მლ კალიუმის ბიქრომატის ხსნარი, დაამატეთ რამდენიმე წვეთი განზ. გოგირდმჟავა და ნატრიუმის სულფიტის წყალხსნარი. ნარევი შეათბეთ. დააკვირდით შეფერილობის ცვლილებას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. მარილმჟავას ჟანგვა კალიუმის ბიქრომატით

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, სპირტქურა, კალიუმის ბიქრომატი ($K_2Cr_2O_7$), კონც. მარილმჟავა (HCl).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით კალიუმის ბიქრომატის ხსნარი, დაამატეთ რამდენიმე წვეთი კონც. მარილმჟავა. ნარევი გაახურეთ ნარინჯისფერი შეფერილობის მწვანე ფერში გადასვლამდე.

დააკვირდით ცდის მსვლელობას. რას ამჩნევთ?

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 5. ქრომის (III) ჰიდროქსიდის მიღება და მისი თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, ქრომის (III) მარილი, ნატრიუმის ჰიდროქსიდი (NaOH), მარილმჟავა (HCl).

ცდის მსვლელობა: ორ სინჯარაში ქრომის მარილისა და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ურთიერთქმედებით მიიღეთ ქრომის (III) ჰიდროქსიდი. აღნიშნეთ ნალექის ფერი. ერთ სინჯარაში დაუმატეთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდი, ხოლო მეორეს – რამდენიმე წვეთი მარილმჟავა.

დააკვირდით ნალექების გახსნას ორივე სინჯარაში. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

VII ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფი

VII ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის ელემენტებია Mn, Tc, Re. ამ ქვეჯგუფის ელემენტებიდან აღსანიშნავია მანგანუმი.

მანგანუმი (Mn) პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 25, ატომური მასა 54,938. ცნობილია მანგანუმის ხუთი ალოტროპული მოდიფიკაცია 4 კუბური და ერთი ტეტრაგონალური კრისტალური მესრით.,

მანგანუმი მაგარი, მყიფე მოვერცხლისფრო-თეთრი ფერის ლითონია. ნაერთებში მანგანუმი ამჟღავნებს +2,+3, +4, +6 და +7 ჟანგვის ხარისხს. უმაღლესი დაჟანგულობის ხარისხი შეესაბამება მის მდებარეობას პერიოდულ სისტემაში და სავალენტო ელექტრონების რიცხვს. ყველაზე მდგრადი ჟანგვის ხარისხია +4, რომელსაც ის ამჟღავნებს ბუნებრივ ნაერთში – მინერალი პიროლუზიტი MnO_2 .

ერთი ტიპის ნაერთებში ჟანგვის ხარისხის გაზრდისას, შეიმჩნევა ფუძე-მჟავური და ჟანგვა-აღდგენითი თვისებების კანონზომიერი ცვლილება. დაჟანგულობის ხარისხის ზრდასთან ერთად, ფუძე თვისებები სუსტდება, ხოლო მჟავური თვისებები ძლიერდება.

მანგანუმი წარმოქმნის რამდენიმე ოქსიდს: MnO – ფუძე; Mn_2O_3 – ფუძე; MnO_2 – ამფოტერული; MnO_3 – მჟავა; Mn_2O_7 – მჟავა. ჰიდროქსიდებს: $\text{Mn}(\text{OH})_2$ – ფუძე; $\text{Mn}(\text{OH})_3$ – ფუძე; $\text{Mn}(\text{OH})_4$ ან H_2MnO_3 – ამფოტერულია. მანგანუმის მჟავებია: H_2MnO_4 და HMnO_4 .

ჟანგვა-აღდგენითი თვისებები დამოკიდებულია ჟანგის ხარისხზე, მეტალური მანგანუმი – აღმდგენელია; ნაერთები, რომლებშიც ჟანგის ხარისხი +7-ია დამჟანგველია. პრაქტიკაში დამჟანგველის სახით ხშირად გამოიყენება კალიუმის პერმანგანატი KMnO_4 .

მანგანუმი ყველა მცენარისა და ცოცხალი ელემენტის შემადგენელი მიკროელემენტია, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სასიცოცხლო ფუნქციებზე.

ცდა 1. მანგანუმის (II) ჰიდროქსიდის მიღება და მისი თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სამი სინჯარა, მინის წკირი, მანგანუმის (II) სულფატი (MnSO_4), ნატრიუმის ტუტე (NaOH), გოგირდმჟავა (H_2SO_4), ბრომიანი წყალი.

ცდის მსვლელობა: აიღეთ სამი სინჯარა. ჩაასხით 2-3 წვეთი მანგანუმის (II) სულფატი. თითოეულ სინჯარაში დაამატეთ 2-3 წვეთი ნატრიუმის ტუტე და დააკვირდით მანგანუმის ჰიდროქსიდის ნალექის წარმოქმნას. აღნიშნეთ მისი ფერი.

I სინჯარაში დაუმატეთ 5-6 წვეთი გოგირდმჟავა. რას ამჩნევთ?

II სინჯარაში ნარევს მოურიეთ მინის წკირით – შეიმჩნევა ნალექის ფერის ცვლილება.

III დაამატეთ 5-6 წვეთი ბრომიანი წყალი, ნალექის ფერი ამ შემთხვევაშიც იცვლება.

აღწერეთ ცდა, დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები: ა) მანგანუმის (II) ჰიდროქსიდის მიღების; ბ) მანგანუმის (II) ჰიდროქსიდის გოგირდმჟავასთან ურთიერთქმედების; გ) ჰაერზე დაჟანგვისას მანგანუმის (IV) ოქსიდის წარმოქმნის; დ) ბრომიანი წყლით დაჟანგვა მანგანუმის (IV) ოქსიდის წარმოქმნით.

ცდა 2. მანგანუმის (II) ოქსიდის ჟანგვა-აღდგენითი თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, სპირტქურა, შტატივი, ტიგელი, მანგანუმის (IV) ოქსიდი (MnO_2), მანგანუმის (IV) ოქსიდის (MnO_2) კრისტალები, კონც. მარილმჟავა (HCl), კალიუმის ჰიდროქსიდის (KOH) გრანულები, კალიუმის ნიტრატი (KNO_3),

ცდის მსვლელობა: 1) მშრალ სინჯარაში შეიტანეთ მიკროშპატელი მანგანუმის (IV) ოქსიდი და დაამატეთ 3-4 წვეთი კონც. მარილმჟავა. შეიმჩნევა ქლორის გამოყოფა, თუ არ გამოიყოფა სინჯარა გააცხელეთ (ცდა ჩაატარეთ ამწოვ კარადაში!!!).

დაწერეთ რეაქციის ტოლობა. აღნიშნეთ მანგანუმის (IV) ოქსიდის როლი რეაქციაში.

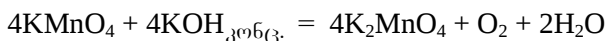
2) ტიგელში მოათავსეთ კალიუმის ჰიდროქსიდის რამდენიმე გრანულა და ერთი მიკროშპატელი კალიუმის ნიტრატი. ნარევი გააღნეთ სპირტქურის აღზე, მიკროშპატელის წვერით შეიტანეთ მანგანუმის (IV) ოქსიდის რამდენიმე კრისტალი. აღნიშნეთ ნალექის ფერი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 3. კალიუმის მანგანატის მიღება და თვისებები

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, კონც. კალიუმის (ან ნატრიუმის) (KOH, NaOH) ჰიდროქსიდი, კალიუმის პერმანგანატი (KMnO₄), ქლორიანი (ან ბრომიანი) წყალი, კრისტალური ნატრიუმის სულფიტი (Na₂SO₃), განზ. გოგირდმჟავა (H₂SO₄).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაახით 5-6 წვეთი კონც. კალიუმის (ან ნატრიუმის) ჰიდროქსიდი, დაამატეთ 3-4 წვეთი კალიუმის პერმანგანატი და ნარევი გააცხელეთ სპირტქურის ალზე, ხსნარის შეფერილობის შეცვლამდე (ზურმუხტისფერი-მომწვანო).



მიღებული კალიუმის მანგანატი გაანაწილეთ სამ სინჯარაში.

პირველ სინჯარაში დაამატეთ 4-5 წვეთი ქლორიანი (ან ბრომიანი) წყალი. დააკვირდით ხსნარის შეფერილობის ცვლილებას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა. აღნიშნეთ K₂MnO₄-ის ქლორის (ბრომის) როლი ამ რეაქციაში.

მეორე სინჯარაში დაამატეთ კრისტალური ნატრიუმის სულფიტი, ხსნარი გაუფერულდება, წარმოიქმნება MnO₂-ის ყავისფერი ნალექი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

მესამე სინჯარაში წვეთობით დაამატეთ განზ. გოგირდმჟავა. დააკვირდით რეაქციის მიმდინარეობას. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. სარეაქციო არის გაგლეხა კალიუმის პერმანგანატის თვისებებზე

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, კალიუმის პერმანგანატის (KMnO_4) და ნატრიუმის სულფიტის (Na_2SO_3) ხსნარები.

ცდის მსვლელობა: სამ სინჯარაში ჩაასხით კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი და დაამატეთ ნატრიუმის სულფიტის ხსნარი. პირველ სინჯარაში რეაქცია ჩაატარეთ მჟავე არეში, მეორეში – ნეიტრალურ, ხოლო მესამეში – ტუტე არეში.

აღწერეთ ცვლილებები თითოეულ სინჯარაში რეაქციის მიმდინარეობისას. გაითვალისწინეთ, რომ მჟავე არეში პერმანგანატის (MnO_4^-) იონი აღდგება Mn^{+2} -მდე, ნეიტრალურში – მანგანუმის (IV) ოქსიდამდე (Mn^{+4}), ხოლო ტუტე არეში – მანგანატ (MnO_4^{2-}) იონამდე (Mn^{+6}).

გააკეთეთ დასკვნა, როგორ იცვლება კალიუმის პერმანგანატის ჟანგვითი თვისებები სხვადასხვა არეში. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ლაბორატორიული სამუშაო № 14

VIII ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის ელემენტები

VIII ჯგუფის თანაური ქვეჯგუფის ელემენტებია Fe, Co, Ni. მიეკუთვნებიან d ელემენტებს. ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით ისინი ემსგავსებიან ერთმანეთს და ამიტომ მათ განიხილავენ, როგორც „რკინის ოჯახის“ ელემენტებს.

ამ ჯგუფის მეტალები ურთიერთქმედებს მარილმჟავასა და განზ. გოგირდმჟავასთან. კონც. გოგირდმჟავასა და აზოტმჟავასთან პასიურდებიან. რკინის და კობალტის განზ. აზოტმჟავასთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ და $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, ხოლო ნიკელის – $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$. რკინა და კობალტი ურთიერთქმედებს კონც. ტუტეებთან გახურებისას, რაც მიუთითებს მათ სუსტ ამფოტერულობაზე. მათთვის ძირითადად დამახასიათებელია +2 და +3 ჟანგვის ხარისხი. რკინა, კობალტისა და ნიკელისაგან განსხვავებით, წარმოქმნის ნეართებს (ფერატებს) სადაც დაჟანგულობის ხარისხი +6-ია.

რკინა (Fe) პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 26, ატომური მასაა 55,845.

რკინა მოვერცხლისფრო-თეთრი ფერის ჭედალი ლითონია. დედამიწის ქერქში ყველაზე მეტად გავრცელებულია.

ბული ლითონია (ალუმინის შემდეგ). მისი მაქსიმალური ვალენტობა + 6-ია და არ შეესაბამება ჯგუფის ნომერს (8 ვალენტიანი რკინის ნაერთები ცნობილი არაა). ბუნებრივი რკინა არსებობს ოთხი სტაბილური იზოტოპის სახით ^{54}Fe (5,845 %), ^{56}Fe (91,754 %), ^{57}Fe (2,119 %) და ^{58}Fe (0,282 %).

კობალტი (Co) პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 27, ატომური მასაა 58,933.

კობალტი მეარი, მოვერცხლისფრო-თეთრი, ცოტათი მოყვითალო-მოვარდისფრო ან მოლურჯო ელფერის ლითონია. არსებობს ორი კრისტალური მოდიფიკაცია $\alpha\text{-Co}$ და $\beta\text{-Co}$. კობალტი სიცოცხლისათვის მნიშვნელოვანი მიკროელემენტია, შედის B_{12} ვიტამინის შემადგენლობაში.

ნიკელი (Ni) პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდის ელემენტია, რიგობრივი ნომერია 28, ატომური მასაა 58,71.

ნიკელი მოვერცხლისფრო-თეთრი მზინვარე ლითონია, ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ჰაერზე იფარება ოქსიდის თხელი ფენით, ქიმიურად ნაკლებად აქტიურია. ცნობილია ბუნებრივი ნიკელის 5 სტაბილური იზოტოპი: ^{58}Ni (68,27 %), ^{60}Ni (26,10 %), ^{61}Ni (1,13 %), ^{62}Ni (3,59 %), ^{64}Ni (0,91 %).

ცდა 1. რკინის ურთიერთქმედება მჟავებთან

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარები, სპირტ-ქურა, 2N მარილმჟავას (HCl), გოგირდმჟავას (H_2SO_4) და აზოტმჟავას ხსნარები (HNO_3), კონც. გოგირდმჟავა, რკინის ნაქლიბი.

ცდის მსვლელობა: სამ სინჯარაში ჩაასხით 2N მარილმჟავას, გოგირდმჟავას და აზოტმჟავას ხსნარის 5-5 წვეთი. მეოთხე სინჯარაში ჩაასხით კონც. გოგირდმჟავა. თითოეულ სინჯარაში მოათავსეთ რკინის ნაქლიბი, მეოთხე სინჯარა გააცხელეთ. დააკვირდით რეაქციის მიმდინარეობას.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.

ცდა 2. რკინის (II) კარბონატის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: ქიმიური ჭიქა, რკინის (II) სულფატი (FeSO_4), ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი (Na_2CO_3).

ცდის მსვლელობა: ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით წყალი და აადუღეთ, გახსენით მასში რკინის (II) სულფატი და დაამატეთ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი. გამოიყოფა რკინის (II) კარბონატის თეთრი ფერის ნალექი.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 3. რკინის (II) ქლორიდი, როგორც მჟანგავი

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, რკინის (II) ქლორიდი (FeCl_2), კალიუმის იოდიდი (KI).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით რკინის (II) ქლორიდის ხსნარი და დაამატეთ რამდენიმე მლ კალიუმის იოდიდის ხსნარი. დააკვირდით ცდის მიმდინარეობას. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 4. რკინის ფერიციანიდის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, რკინა (III)-ის ქლორიდის (FeCl_3) და კალიუმის ფერიციანიდის ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) ხსნარები, კალიუმის ტუტე (KOH).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით რკინის (III) ქლორიდის ხსნარის 2-3 მლ და დაამატეთ იმავე მოცულობის კალიუმის ფერიციანიდი $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (სისხლის ყვითელი მარილი). აღნიშნეთ ნალექის ფერი. ნალექს დაუმატეთ კალიუმის ტუტე.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ცდა 5. რკინის ფერიციანიდის მიღება

მოწყობილობა და რეაქტივები: სინჯარა, რკინის (II) სულფატისა (FeSO_4) და კალიუმის ფერიციანიდის ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) ხსნარები, კალიუმის ტუტე (KOH).

ცდის მსვლელობა: სინჯარაში ჩაასხით რკინის (II) სულფატის ხსნარის 2-3 მლ და დაამატეთ იმავე მოცულობის კალიუმის ფერიციანიდი $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (სისხლის წითელი მარილი). აღნიშნეთ ნალექის ფერი. ნალექს დაუმატეთ კალიუმის ტუტე.

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ლიტერატურა

1. ი. შათირიშვილი, ქ. ბერიაშვილი. ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ზოგად და არაორგანულ ქიმიაში. თბილისი, უნივერსალი, 2012, 259 გვ.
2. გ. ჭირაქაძე, დ. ბიბილეიშვილი. გავიმეოროთ ქიმია. ნაწილი I, თბილისი, ევრიკა, 1992.
3. გ. ტყემალაძე. არაორგანული და ორგანული ქიმია. თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1981, 299 გვ.
4. მ. ცინცაძე, ნ. კუციავა, ნ. გეგეშიძე. არაორგანული ქიმიის სამუშაო რვეული (ლაბორატორიული სამუშაოები). თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2013, 48 გვ.
5. გ. ცინცაძე, ლ. ნაფეცვარიძე, ლ. ნაგორნია, ნ. მაისურაძე, ნ. კუციავა. ზოგადი და კოორდინაციული ქიმიის ლაბორატორიული პრაქტიკუმი. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2000, 187 გვ.
6. Н.П. Бакаева, О.Л. Салтыкова. Неорганическая химия, Практикум, Никель, РИЦСГСХА, 2016, 173 с.
7. Определение жесткости воды (титриметрический метод) Методические указания к лабораторной работе. Составители: Олисова Г. Н., Ульянова Н.И. Великий Новгород, 2011, 16 с.
8. Е. Р. Андросюк, В. В. Майзель, О. О. Тужиков. Руководство к лабораторно-практическим занятиям по неорганической химии. Учебное пособие. Волгоград, ВолгГТУ, 2015, 98 с.
9. Стась Н.Ф., Плакидкин А.А., Князева Е.М. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007, 207 с.
10. <http://mastsavlebeli.ge/uploads/qimia/Chem%20Experiment.pdf>

სარჩემო

შესავალი	3
ქიმიურ ლაბორატორიებში მუშაობის უსაფრთხოების ზოგადი წესები	5
ქიმიური ჭურჭელი	8
ლაბორატორიული სამუშაო №1	15
ცდა 1. წყალბადის მიღება თუთიაზე მჟავას მოქმედებით	17
ცდა 2. წყალბადის ზეჟანგი, როგორც მჟანგავი	18
ცდა 3. წყალბადის ზეჟანგი, როგორც აღმდგენი	18
ცდა 4. წყალბადის ზეჟანგის დაშლა	19
ლაბორატორიული სამუშაო №2	20
ცდა 1. ნატრიუმის ჰიდროქსიდის მიღება	24
ცდა 2. ნატრიუმის ჰიდროქსიდის თვისებები	25
ცდა 3. ტუტე ლითონებით ალის შეფერვა	26
ლაბორატორიული სამუშაო № 3	27
ცდა 1. მაგნიუმის ჰიდროქსიდის მიღება	32
ცდა 2. მაგნიუმის ფუძე მარილის მიღება	32
ცდა 3. მეტალური მაგნიუმის თვისებები	33
ცდა 4. წყლის დროებითი სიხისტის განსაზღვრა	33
ლაბორატორიული სამუშაო № 4	35
ცდა 1. ბორმჟავას აღმოჩენა	38
ცდა 2. ორთობორმჟავას მიღება	38
ცდა 3. ალუმინის ურთიერთქმედება მჟავებთან	39
ცდა 4. ალუმინის ჰიდროქსიდის მიღება და მისი თვისებები	39
ლაბორატორიული სამუშაო № 5	40
ცდა 1. ნახშირმჟავას მიღება	43
ცდა 2. აზოტმჟავას ურთიერთქმედება ნახშირთან	43

ცდა 3. ნახშირბადის ორჟანგის მიღება	44
ცდა 4. ზოგიერთი მცირედ ხსნადი ნახშირმჟავა მარილის მიღება	44
ცდა 5. სილიციუმმჟავას მცირედ ხსნადი მარილის მიღება	45
ცდა 6. ნატრიუმის სილიკატის ჰიდროლიზი	45

ლაბორატორიული სამუშაო № 6 46

ცდა 1. აზოტის მიღება ამონიუმის ნიტრიტის დაშლით	48
ცდა 2. ამიაკის მიღება და თვისებები	49
ცდა 3. ამიაკის აღმდგენი თვისება	50
ცდა 4. ამონიუმის იონის აღმოჩენა	50
ცდა 5. თუთიაზე კონც. აზოტმჟავას მოქმედება	51
ცდა 6. თუთიაზე ძლიერ განზ. აზოტმჟავას მოქმედება	51
ცდა 7. აზოტოვანი მჟავას მიღება და დაშლა	52
ცდა 8. ნიტრიტი, როგორც მჟანგველი	53
ცდა 9. ნიტრიტი, როგორც აღმდგენელი	53

ლაბორატორიული სამუშაო № 7 54

ცდა 1. წითელი ფოსფორის გარდაქმნა თეთრ ფოსფორად	57
ცდა 2. კალციუმის ფოსფატის მიღება	58
ცდა 3. კალციუმის ფოსფატის მიღება	58
ცდა 4. PO_4^{3-} იონის აღმოჩენა	59

ლაბორატორიული სამუშაო № 8 60

ცდა 1. ჟანგბადის მიღება ბერთოლეს მარილის დაშლით	63
ცდა 2. ჟანგბადის მიღება კალიუმის პერმანგანატის დაშლით	63
ცდა 3. გოგირდის მიღება	64
ცდა 4. გოგირდის ჟანგვა-აღდგენითი თვისებები	64
ცდა 5. კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ჟანგვითი თვისებები	65
ცდა 6. გოგირდმჟავას წყალწამრთმევი თვისებები	65
ცდა 7. განზავებული გოგირდმჟავას ურთიერთქმედება მეტალებთან	66

ცდა 8. SO_4^{2-} -ის აღმოჩენა	67
--	----

ლაბორატორიული სამუშაო № 9	68
----------------------------------	----

ცდა 1. ქლორის მიღება	73
ცდა 2. იოდის მიღება	73
ცდა 3. ქლორწყალბადის მიღება	74
ცდა 4. ბრომწყალბადისა და იოდწყალბადის მიღება	75
ცდა 5. საღებავების გაუფერულება ქლორიანი წყლით	75
ცდა 6. შეღებილი ქსოვილის გაუფერულება ქლორით	76
ცდა 7. ქლორ-, ბრომ- და იოდ-იონების აღმოჩენა	76
ცდა 8. კალიუმის ქლორატის თვისებები	77
ცდა 9. კალიუმის ქლორატის ურთიერთქმედება კალიუმის იოდიდთან	78
ცდა 10. კალიუმის ქლორატის ურთიერთქმედება მჟავასთან	78

ლაბორატორიული სამუშაო №10	79
----------------------------------	----

ცდა 1. სპილენძის მიღება	81
ცდა 2. სპილენძის ჰიდროქსიდის მიღება და თვისებები	81
ცდა 3. სპილენძის ფუძე-სულფატის მიღება	82
ცდა 4. ვერცხლის სარკის რეაქცია	82
ცდა 5. ვერცხლის ოქსიდის მიღება	83

ლაბორატორიული სამუშაო №11	84
----------------------------------	----

ცდა 1. თუთიის გახსნა მჟავებსა და ტუტეებში	86
ცდა 2. თუთიისა და კადმიუმის ჰიდროქსიდების მიღება და თვისებები	86

ლაბორატორიული სამუშაო № 12	88
-----------------------------------	----

ცდა 1. წყალში უხსნადი ქრომატების მიღება	90
ცდა 2. ქრომატის ბიქრომატში გადასვლა და პირიქით	90
ცდა 3. კალიუმის ბიქრომატი, როგორც დამჟანგავი	91
ცდა 4. მარილმჟავას ჟანგვა კალიუმის ბიქრომატით	91
ცდა 5. ქრომის (III) ჰიდროქსიდის მიღება და მისი თვისებები	92

ლაბორატორიული სამუშაო № 13	93
ცდა 1. მანგანუმის (II) ჰიდროქსიდის მიღება და მისი თვისებები	95
ცდა 2. მანგანუმის (II) ოქსიდის ჟანგვა-აღდგენითი თვისებები	96
ცდა 3. კალიუმის მანგანატის მიღება და თვისებები	97
ცდა 4. სარეაქციო არის გაუფენა კალიუმის პერმანგანატის თვისებებზე	98
 ლაბორატორიული სამუშაო № 14	 99
ცდა 1. რკინის ურთიერთქმედება მჟავებთან	101
ცდა 2. რკინის (II) კარბონატის მიღება	101
ცდა 3. რკინის (II) ქლორიდი, როგორც მჟანგავი	102
ცდა 4. რკინის ფერიციანიდის მიღება	102
ცდა 5. რკინის ფერიციანიდის მიღება	103
 ლიტერატურა	 104

რედაქტორი ნ. სუხიტაშვილი

გადაეცა წარმოებას 07.12.2017. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
19.12.2017. ქაღალდის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“,
თბილისი, კოსტავას 77



Verbe volant,
scripta manent