

მ. ცინცაძე, ლ. ბერიშვილი, ც. ხარბედია

ლაბორატორიული პრაქტიკუმი
ანალიზურ ქიმიაში

I ნაწილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მ. ცინცაძე, ლ. ბერიშვილი, ც. ხარბედია

ლაბორატორიული პრაქტიკუმი
ანალიზურ ქიმიაში

I ნაწილი



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2009

ქიმიური განათლების სისტემაში ანალიზურ ქიმია ერთ-ერთ ძირითად დისციპლინას წარმოადგენს. მისი როლი უმნიშვნელოვანესია ქიმიკოსის ჩამოყალიბებაში. ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარების შედეგად სტუდენტი იღრმავებს თეორიულ ცოდნას. იგი თავისი ხელით ატარება ცდებს; ასუფთავებს ჭურჭელს, ამზადებს ხსნარებს, ეჩვენება ბიურეტით და პიპეტით მუშაობას, ანალიზურ სასწორის გამოყენებას, ეუფლება გატიტვრის ჩვენებას, რათა ზუსტად აიღოს ანათვალის ბიურეტზე. შემდეგ კი მონაცემების მიხედვით მოახდინოს გაანგარიშება.

წიგნი წარმოადგენს ლაბორატორიულ პრაქტიკუმს რაოდენობითი ანალიზის ტიტრიმეტრულ მეთოდში, სადაც შეტანილია სილაბუსით გათვალისწინებული ყველა ლაბორატორიული სამუშაო და ტესტირების ჩატარებისათვის საჭირო კითხვები და ამოცანები როგორც ნეიტრალიზაციის მეთოდში, ასევე ჟანგვა-აღდგენის მეთოდებში და კომპლექსონომეტრიაში. თითოეულ კითხვას თან ახლავს პასუხის ოთხი ვარიანტი, რომელთაგან სწორია მხოლოდ ერთი. აქ შეტანილი კითხვები და ამოცანები ხელს შეწყობს სტუდენტთა ცოდნის ამაღლებას, მათი დამოუკიდებელი მუშაობის სწორად წარმართვას და აგრეთვე დაეხმარება მასწავლებლებს სტუდენტთა დონის ოპერატიულ შემოწმებაში. მოცემული სახელმძღვანელო გარდა ლაბორატორიაში მუშაობის წესებისა და ჩასატარებელი ცდების აღწერისა შეიცავს ლაბორატორიულ სამუშაოებთან თემატურად დაკავშირებულ მოკლე თეორიულ მასალას, რომლის მიზანია გაამახვილოს სტუდენტის ყურადღება თეორიული კურსის იმ საკვანძო საკითხებზე, რომელიც დაკავშირებულია თითოეულ ცდასთან და მასში მიმდინარე პროცესების ანალიზთან.

იმედია ეს სახელმძღვანელო დიდ დახმარებას გაუწევს ანალიზური ქიმიით დაინტერესებულ სტუდენტებს.

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-469-1 (ყველა ნაწილი)

ISBN 978-9941-14-470-7 (პირველი ნაწილი)

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

სავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

ლაბორატორიული სამუშაო №1

ლაბორატორიაში მუშაობისა და უსაფრთხოების წესები

ქიმიურ ლაბორატორიაში უსაფრთხო მუშაობისთვის აუცილებელია დავიცვათ სათანადო წესები:

1. ყველა სტუდენტი ვალდებულია პრაქტიკული სამუშაო შეასრულოს მისთვის განკუთვნილ ადგილზე. ცდის ჩატარებას უნდა შეუდგეს მაშინ, როდესაც გაეცნობა ცდის შინაარსს.
2. წესრიგში მოიყვანოს ცდისათვის საჭირო ხელსაწყოები და ლაბორატორიის ხელმძღვანელთან ერთად შეამოწმოს მათი ცდისათვის გამართულობა.
3. ცდის ჩატარება და მასზე დაკვირვებები უნდა წარმოებდეს გულდასმით და აუჩქარებლად, საჭიროა ყურადღება მიექცეს ყველა მოვლენას, რომელსაც ადგილი ექნება ცდის მსვლელობის დროს.
4. ყოველგვარი მუშაობა მომწამლავ ნივთიერებებზე უნდა ჩატარდეს ამწოვ კარადაში.
5. მყარი ნივთიერებების დამტვრევისას და ყველა იმ ცდის ჩატარებისას, რომელთა დროს შეიძლება მოხდეს გაშხეფება, აუცილებელია სპეციალური სათვალის გაკეთება.
6. ქიმიურად ძლიერ აქტიური ნივთიერებების ნარჩენები, როგორცაა $Na, Ca, P, H_2SO_4, HNO_3$ და სხვა, უნდა შევავროვოთ სათანადო ჭურჭელში.
7. გოგირდმჟავას განზავებისას საჭიროა წყალში ჩავასხათ გოგირდმჟავა მცირე ულუფებით მუდმივი მორევის პირობებში.
8. ლითონური Na და K ინახება ნავთში. ისინი გამოყენების წინ უნდა გავაშროთ ფილტრის ქაღალდით და დავამუშავოთ ლანცეტით.
9. განსაკუთრებული სიფრთხილე უნდა გამოვიჩინოთ ვერცხლისწყალთან მუშაობისას. დაღვრილი ვერცხლისწყალი უნდა აიკრიფოს პიპეტით, რომელსაც მორგებული აქვს რეზინის ბურთი, ხოლო პატარა წვეთები – ამაღვამით დაფარული სპილენძის ფირფიტით. შემდეგ ვერცხლისწყლით დაბინძურებული ადგილი უნდა დამუშავდეს სამქლორიანი რკინის 20%-იანი ხსნარით ან გოგირდის ფხვნილით.
10. ნივთიერებათა დაყნოსვისას საჭიროა სათანადო წესის დაცვა.
11. ადვილად აღებად ნივთიერებებთან მუშაობისას სიახლოვეს არ უნდა იყოს ღია ცეცხლი. სპირტქურის ალი არ უნდა ჩააქროთ სულის შებერვით. მის ჩასაქრობად გამოიყენეთ სპირტქურის ხუფი.

12. საჭიროა წესრიგში იყოს ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებები: ქვიშა, წყალი, ცეცხლსაქრობი.
13. თუ ხანძარი გამოწვეულია წყალში უხსნადი ორგანული ნივთიერებებით, მაშინ ცეცხლის ჩასაქრობად არ შეიძლება წყლის გამოყენება. ასეთ შემთხვევაში ხანძარის კერა უნდა დაიფაროს ქვიშით ან აზბესტის ფურცლით.
14. მუშებით დაწვის შემთხვევაში დაზიანებული ადგილი სწრაფად უნდა მოიბანოს წყლის ჭავლით, შემდეგ დამუშავდეს სოდის ან ამიაკის წყალხსნარით.
15. მწვავე ტუტეებით გამოწვეული დამწვრობის შემთხვევაში დაზიანებული ადგილი უნდა მოიბანოს განზავებული ძმარმუავას ან ბორმუავას ხსნარით.
16. თვალის დაწვის შემთხვევაში იგი უნდა მოიბანოს დიდი რაოდენობის წყლით და დაედოს ყინულიანი საფენი.
17. ბრომით მოწამვლის შემთხვევაში უნდა ასუნთქოთ ამიაკი და გაიყვანოთ სუფთა ჰერზე. ბრომით დამწვარი ადგილი ჰიპოსულფიტის ხსნარით მოიბანეთ.
18. მუშაობის დამთავრების შემდეგ სტუდენტი ვალდებულია წესრიგში მოიყვანოს თავისი სამუშაო მაგიდა, გაასუფთავოს ცდის დროს გამოყენებული ჭურჭელი, ხელსაწყოები და მიუჩინოს სათანადო ადგილი. დაკეტოს წყლის ონკანი და ქსელიდან გამორთოს ყველა ელექტროხელსაწყო.

ანალიზური ქიმია შეისწავლის ცალკეული ნივთიერებებისა და მათი ნარევების ქიმიური განსაზღვრის მეთოდებს. იგი შედგება ორი ნაწილისაგან: თვისებითი და რაოდენობითი ანალიზისაგან. თვისებითი ანალიზის ამოცანაა გამოსაკვლევი ნივთიერების შემადგენლობაში შემავალი ცალკეული ელემენტების ან იონების აღმოჩენა, ხოლო რაოდენობითი ანალიზის კი მათი რაოდენობითი შემცველობის დადგენა.

რაოდენობითი ანალიზის მეთოდებია:

1. წონითი ანალიზი (გრავიმეტრია), სადაც ხდება განსასაზღვრავი ნივთიერების დალექვა რეაქტივის სიჭარბით და ანალიზის ბოლოს მისი ზუსტი აწონვა.
2. მოცულობითი (ტიტრიმეტრული) ანალიზი, რომელიც დამყარებულია ზუსტი კონცენტრაციის მქონე ხსნარის მოცულობის ზუსტ გაზომვაზე.
3. გაზომეტრული ანალიზი, სადაც საზღვრავენ აირის მოცულობას გარკვეული წნევის და ტემპერატურეს დროს.
4. ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები, სადაც ნივთიერების რაოდენობის დასადგენად საზღვრავენ საანალიზო ობიექტის ცალკეულ თვისებებს. მაგ: გარდატეხის მაჩვენებელს რეფრაქტომეტრიაში, ოპტიკურ სიმკვრივეს ფოტოკოლორიმეტრიაში და ა.შ.

შესრულების სიჩქარის მიხედვით მოცულობით ანალიზს დიდი უპირატესობა აქვს წონით ანალიზთან შედარებით, რადგან რეაქციის პროდუქტის აწონვის ნაცვლად მოცულობით ანალიზში იზომება დახარჯული რეაქტივის მოცულობა. გარდა ამისა, აქ რეაგენტი ემატება არა სიჭარბით, არამედ ზუსტად იმ რაოდენობით, რომელიც საჭიროა ხსნარში განსასაზღვრავი კომპონენტისა და რეაგენტის ურთიერთქმედებისას ეკვივალენტური წერტილის მისაღწევად.

მოცულობით ანალიზში ზუსტი კონცენტრაციის მქონე ხსნარებს სტანდარტული ან ტიტრიანი ხსნარები ეწოდება.

კონცენტრაციას (ნივთიერების რაოდენობის მოცულობის ერთეულში) გამოსახავენ რამოდენიმე ხერხით. ესენია:

1. მოლური ანუ მოლარული კონცენტრაცია – ნივთიერების მოლების რიცხვი გახსნილი ერთ ლიტრში. მისი ერთეულია მოლი/ლ, აღინიშნება M-ით.
2. ტიტრი – ერთ მილილიტრში გახსნილი ნივთიერების რაოდენობა. აღინიშნება T-ით. ხსნარს, რომლის ტიტრი ცნობილია სტანდარტული ან ტიტრიანი ხსნარი ეწოდება. მისი ერთეულია გრ/მლ. ტიტრის გამოსათვლელი ფორმულაა

$$T = \frac{N \cdot \Theta}{1000}, \text{ სადაც } N \text{ ნორმალობაა, } \Theta \text{ ეკვივალენტი.}$$

გამოთქმა $NaOH$ -ის ტიტრი უდრის 0,004გ-ს ნიშნავს, რომ ამ ხსნარის ყოველი მილილიტრი შეიცავს 0,004გ $NaOH$. ჩაიწერება ასე: $T_{NaOH} = 0,004$ გ/მლ.

3. ნორმალობა – ერთ ლიტრში გახსნილი ნივთიერების ერთი გრამ-ეკვივალენტი აღინიშნება N-ით. ნორმალობის გამოსათვლელი ფორმულაა $N = \frac{T \cdot 1000}{\mathfrak{E}}$ უფრო ხშირად იხმარება დეცინორმალური (0,1N) და ცენტინორმალური (0,01 N) ხსნარები.

გრამეკვივალენტი ეწოდება ნივთიერების რაოდენობას გრამებში, რომელიც აღებულ რეაქციაში ეკვივალენტურია წყალბადის ერთი გრამატომისა, ან ჰიდროქსიდის ერთი და ჟანგბადის ნახევარ გრამატომისა ან რომელიმე ერთვალენტური იონის გრამატომისა. აღინიშნება \mathfrak{E} -ით.

სიტყვა „ეკვივალენტი“ ნიშნავს ტოლფასს. ეკვივალენტობის კანონის თანახმად ელემენტები უერთდებიან ერთმანეთს მათი ეკვივალენტების პროპორციული წონითი რაოდენობით. ეს კანონი აღმოჩენილია რისტერის მიერ 1792წ. მუავას ეკვივალენტი ტოლია მუავას მოლეკულური მასა გაყოფილი მის ფუძიანობაზე. მაგ:

$$\mathfrak{E}_{HCl} = \frac{36,5}{1} = 36,5; \quad \mathfrak{E}_{H_2SO_4} = \frac{98}{2} = 49. \quad \text{ფუძის ეკვივალენტი ტოლია ფუძის მოლეკულური}$$

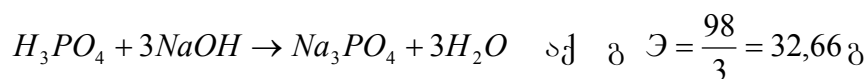
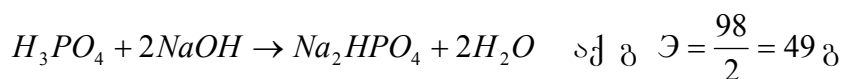
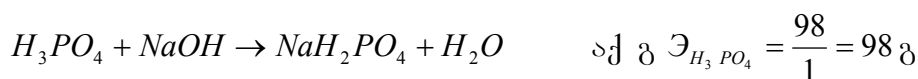
$$\text{მასა გაყოფილი ჰიდროქსიდის ჯგუფის რაოდენობაზე. მაგ: } \mathfrak{E}_{NaOH} = \frac{40}{1} = 40,$$

$$\mathfrak{E}_{Ca(OH)_2} = \frac{74}{2} = 37. \quad \text{მარილის ეკვივალენტი ტოლია მარილის მოლეკულური მასა}$$

გაყოფილი ლითონის ატომების რიცხვისა და მისი დაუანგულობის ხარისხის

$$\text{ნამრავლზე. მაგ: } \mathfrak{E}_{NaCl} = \frac{58,5}{1} = 58,5; \quad \mathfrak{E}_{Ca_3(PO_4)_2} = \frac{310}{3 \cdot 2} = 51,67.$$

გრამეკვივალენტი არ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს. ის დამოკიდებულია რეაქციის მსვლელობაზე და იმ არეზე, რომელშიაც რეაგირებს აღებული ნივთიერება. მაგალითად H_3PO_4 -ის შემთხვევაში ეკვივალენტი ყოველთვის ერთნაირი არ არის. იგი შეიძლება განეიტრალდეს როგორც ერთფუძიანი, ორფუძიანი და სამფუძიანი მუავა.



ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებში ნაერთის გრამეკვივალენტის განსაზღვრისათვის მის მოლეკულურ წონას ყოველ გაცემულ ან შექმნილ ელექტრონთა რიცხვზე; მაგალითად

მჟავა გარემოში $MnO_4^- + 5e \rightarrow Mn^{+2}$, ამიტომ გ $\Theta_{KMnO_4} = \frac{158,035}{5} = 31,61$ გ. ნეიტრალურ ან

სუსტ ტუტე გარემოში $MnO_4^- + 3e \rightarrow MnO_2$, ამიტომ გ $\Theta_{KMnO_4} = \frac{158,03}{3} = 52,67$ გ.

მოცულობით ანალიზში ტიტრიან ხსნარს ათავსებენ საზომ ჭურჭელში, რომელსაც ბიურეტი ეწოდება. კოლბაში მოთავსებულ საანალიზო ხსნარს ბიურეტიდან წვეთ-წვეთობით უმატებენ ტიტრიან ხსნარს ეკვივალენტური წერტილის მიღწევამდე. ამ პროცესს გატიტვრა ეწოდება.

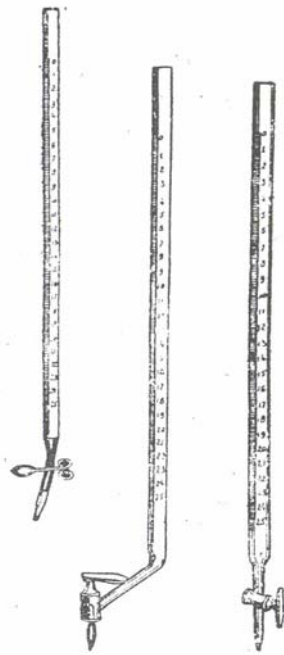
ეკვივალენტური წერტილის დასადგენად იყენებენ ინდიკატორებს, რომლებიც ეკვივალენტურ წერტილში იცვლიან ფერს. გატიტვრის იმ მომენტს, როცა ინდიკატორი ფერს იცვლის გატიტვრის დასრულების წერტილი ეწოდება.

ერთნაირი ნორმალობის ხსნარები ურთიერთრეაგირებენ თანაბარი მოცულობით: $V_1N_1 = V_2N_2$. ეს არის მოცულობითი ანალიზის ძირითადი ფორმულა. მაგ: 0,1 N მარილმჟავას 10მლ გასანეიტრალებლად იხარჯება 0,1 N ტუტის ხსნარის 10მლ, ხოლო 0,2N ტუტის 5მლ. ხსნარის მოცულობის საზომ ერთეულად მიღებულია ჭეშმარიტი ლიტრი, რომელიც უდრის 1კგ წყლის მასის მოცულობას, მისი უდიდესი სიმკვრივის (3,98) და ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს. ლიტრის ერთ მეათასედ ნაწილს მილილიტრი (მლ) ეწოდება.

რაოდენობით ანალიზში მოცულობის გასაზომად იყენებენ სპეციალურ საზომ ჭურჭელს: ბიურეტებს, პიპეტებს, საზომ კოლბებს, მენზურებს და სხვ.

ბიურეტი წარმოადგენს მინის ცილინდრულ მილს, რომელსაც დანაყოფები აქვს. დანაყოფები უჩვენებს მოცულობას მილილიტრებში და მილილიტრების მეათედ ნაწილებში. ეს დანაყოფები ზუსტად გვიჩვენებს ბიურეტიდან ჩამოსხმული სითხის მოცულობას, მასში სითხის დონის ცვლილების მიხედვით, ე.ი. ბიურეტის დანიშნულებაა გაზომოს მისგან ჩამოსხმული სითხის მოცულობა. ყველაზე მეტად გავრცელებულია 50 და 25მლ-ნი ბიურეტი. არსებობს აგრეთვე მიკრობიურეტები (1 და 2მლ). ყველა ბიურეტზე დანაყოფები იწყება ზემოდან; პირველი ხაზი აღნიშნულია 0-ით. ბოლო ხაზთან დასმული ციფრი უჩვენებს ბიურეტით გასაზომ მთლიან მოცულობას. მომუშავეს უნდა ახსოვდეს, რომ ბოლო ხაზის ქვემოთ ჩამოსხმული სითხის მოცულობა არ იზომება. მუშაობისას ხმარებაშია უონკანო და მინისონკანიანი ბიურეტი (სურ. 1). პირველს ბოლო ნაწილი წაგრძელებული აქვს, რომელზედაც პატარა რეზინის მილი უკეთდება. კაუჩუკის მილის მეორე ბოლოში მოთავსებულია პატარა წვრილი მინის მილი გაწვრილებული ბოლოთი. რეზინის მილს შუაზე აქვს მორის მომჭერი, რომლითაც სითხეს ბიურეტში აკავებენ. ამ

უკანასკნელზე ხელის მოჭერით ხსნარი ბიურეტიდან ჩამოედინება. ხშირად მორის მომჭერის მაგივრად კაუჩუკის მილის შიგნით მჭიდროდ ათავსებენ მინის ბურთულას, რომელიც საკეტის როლს ასრულებს (ბუნზენის მომჭერი). ასეთ საკეტში ხსნარის ჩამოშვებისათვის საჭიროა კაუჩუკის მილი მცირედ გაიწიოს გვერდზე თითებით იმ ადგილას, სადაც ბურთულა იმყოფება. თუ სამუშაო ხსნარი ქიმიურად მოქმედებს კაუჩუკზე (მაგალითად, $KMnO_4$ -ის, I_2 -ის ხსნარები), მაშინ იხმარება ბიურეტი მინის ონკანით (სურ. 1). ბიურეტის მინის ონკანს, მოძრაობის გასაადვილებლად, წაუსვამენ ვაზელინს. ონკანის ზედაპირის ის ნაწილი, რომელიც დაკეტილი ონკანის დროს იმყოფება ბიურეტის ნახვრეტის გასწვრივ, ვაზელინით არ იფარება (სურ. 1).



სურ. 1. ბიურეტები.

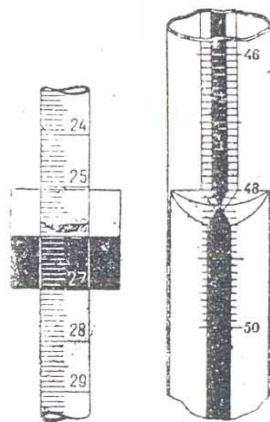
ბიურეტი სამუშაო ხსნარით შევსების წინ გულდასმით ირეცხება. განსაკუთრებით საყურადღებოა ის, რომ ცხიმის უმნიშვნელო კვალიც კი არ დარჩეს ბიურეტის შიდა კედლებზე, რადგან ბიურეტიდან სითხის ჩამოსხმის შემდეგ კედლებზე დარჩება წვეთები და ეს გავლენას იქონიებს მოცულობის გაზომვის სიზუსტეზე.

გარეცხილ ბიურეტს დროის მოგების მიზნით კი არ აშრობენ, არამედ გამოავლებენ რამდენჯერმე იმ ხსნარს, რომლის მოცულობა უნდა გაიზომოს. ბიურეტის შევსება პატარა ძაბრის დახმარებით ხდება. შევსების შემდეგ ძაბრს აცილებენ, რადგან გატიტვრის დროს ძაბრიდან შეიძლება ჩამოედინოს ხსნარის წვეთები და მოცულობის გაზომვა აღმოჩნდეს არაზუსტი. გატიტვრისა და დანაყოფების ათვლის დროს ბიურეტს ზუსტად ვერტიკალურ მდგომარეობაში აყენებენ. მას ჩვეულებრივ ამაგრებენ სპეციალური საჭერით რკინის შტატივზე. თუ

ბიურეტის საჭერი ლითონისაა, მაშინ საჭერს უკეთებენ კორპის ან კაუჩუკის საფენს, რომელიც ბიურეტს იცავს გატეხისაგან. ბიურეტის შევსებისას მის ქვედა ვიწრო მილში არ უნდა დარჩეს ჰაერის ბუშტულები. ამ უკანასკნელის მოცილების მიზნით ბიურეტიდან ჩამოუშვებენ ხსნარს, რომლის ძლიერი ნაკადი იწვევს ჰაერის სრულ გამოძევებას და კაპილარული მილი ივსება ხსნარით. მინის ონკანიანი ბიურეტისათვის ჰაერის გამოძევება ამ გზით არ ხერხდება. ასეთ შემთხვევაში ბიურეტის კაპილარული მილის ბოლოს ჩაუშვებენ ხსნარით სავსე ჭიქაში, გახსნიან ონკანს და ბიურეტის ზემო პირის საშუალებით შეიწოვენ ხსნარის მცირე რაოდენობას კაპილარულ მილში, რის შემდეგ ბიურეტს ჩვეულებრივი გზით შეავსებენ.

ბიურეტის შევსების შემდეგ ხსნარის დონეს ნულოვან ხაზზე დააყენებენ. მომუშავის თვალი ერთ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში უნდა იმყოფებოდეს სითხის მენისკის ქვედა ნაწილთან. შეფერილი ხსნარის შემთხვევაში (მაგალითად, იოდის, ან $KMnO_4$ -ის ხსნარები) დანაყოფების ათვლას მენისკის ზედა ნაწილის მიხედვით აწარმოებენ.

ბიურეტიდან ჩამოსხმული ხსნარის მოცულობას ზომავენ მის ჩამოსხმამდე და ჩამოსხმის შემდეგ დონეთა სხვაობის მიხედვით, ათვლა წარმოებს ბიურეტის დანაყოფების საშუალებით, ზევიდან ქვევით. თუმცა ბიურეტის დანაყოფები მხოლოდ 0,1მლ მოცულობას უჩვენებს, მათი საშუალებით შეიძლება ხსნარის მოცულობა 0,02მლ სიზუსტით გაიზომოს. თუ მენისკის ქვედა ნაწილი ბიურეტის რომელიმე დანაყოფს ასცდა, ათვლა შეიძლება ჩატარდეს თვალზომით, ამის გაადვილების მიზნით ათვლის დროს იყენებენ ლუპას. ბიურეტების დანაყოფების უფრო მოხერხებული ათვლისათვის იხმარება შეღბახის ბიურეტი (სურ. 2 და 3),



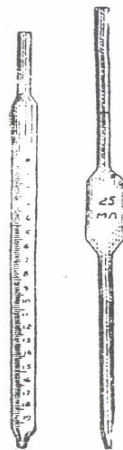
სურ. 2. ეკრანი ანათლებისათვის.

სურ. 3. ანათლები შეღბახის ბიურეტზე.

რომელსაც უკანა მხარეს რძისფერი მინის ფონზე აქვს ვიწრო ლურჯი ზოლი, მენისკზე დაკვირვების დროს სხივის გარდატეხის შედეგად ლურჯი ზოლი წარმოგვიდგება ერთიმეორისადმი მიმართულ ორ კონუსად, რომელთა შორის იმყოფება სკალის საძიებელი დანაყოფი. ბიურეტიდან ხსნარის ჩამოშვება წარმოებს თანდათანობით, ისე რომ კედლებზე დარჩენილი მისი ნაშთი ჩამოდენას ასწრებდეს. სიზუსტის დასაცავად უმჯობესია გატიტვრის დამთავრებიდან ერთი წუთის შემდეგ წარმოებდეს დახარჯული რეაქტივის ათვლა ბიურეტზე.

მუშაობის დამთავრების შემდეგ ბიურეტს შეავსებენ გამოსხილი წყლით მტვერისაგან დასაცავად, დაახურავენ მინის ხუფს ან სინჯარას.

პიპეტი იხმარება ხსნარის ზუსტი მოცულობის ასაღებად და ერთი ჭურჭლიდან მეორეში გადასატანად. არსებობს ორი სახის პიპეტი: ცილინდრული – დანაყოფებით და ჩვეულებრივი – უდანაყოფო. ცილინდრული პიპეტი (სურ. 4) წარმოადგენს ვიწრო მილის ცილინდრს დანაყოფებით, იხმარება 1,2,5,10 და 25მლ მოცულობის პიპეტი;



სურ. 4. პიპეტები.

პიპეტი ხაზებით თანატოლადაა დაყოფილი მილილიტრებად და მილილიტრის მეათედ ან მეასედ ნაწილებად. ასეთი პიპეტით შესაძლებელია სხვადასხვა მოცულობის ხსნარის აღება 0,1-0,01მლ სიზუსტით მასზე აღნიშნული ტევადობის ფარგლებში. ცილინდრული პიპეტი უფრო ნაკლებ ზუსტია, ვიდრე უდანაყოფო პიპეტი.

ჩვეულებრივი უდანაყოფო პიპეტის შუა ნაწილი გაფართოებულია ცილინდრის მაგვარად, რომელზედაც აღნიშნულია ამ პიპეტის მოცულობა, გრადუირებული $20^{\circ}C$. ასეთ პიპეტს ზემოთ პატარა დიამეტრის ყელზე აღნიშნული აქვს ჭდე, რაც ხსნარის შესავსები დონის მაჩვენებელია. განიერი ნაწილის ქვევით პიპეტის მილის დიამეტრი თანდათანობით მცირდება და ბოლოში მეტად ვიწროვდება, რაც ხსნარის სინჯის ზომიერად აღებისა და პიპეტიდან მისი ჩამოშვების საშუალებას იძლევა. ასეთი

პიპეტით სარგებლობის დროს ხსნარის აღება შეიძლება მხოლოდ მასზე აღნიშნული მოცულობის რაოდენობით. ჩვეულებრივ უდანაყოფო პიპეტებს აკეთებენ 0,5-დან 100მლ-მდე მოცულობის. მოცულობით ანალიზში უფრო ხშირად იხმარება 10,20,25,50 და 100მლ პიპეტები.

პიპეტის ხსნარით გავსება წარმოება შემდეგნაირად: პიპეტს ორი თითით (ცერით და შუათითით) იღებენ და მის ქვედა ბოლოს წვერით ღრმად ჩაუშვებენ ხსნარში, ზედა ბოლოს იღებენ პირზე და პიპეტში ფრთხილად ამოსწოვენ ხსნარს ისე, რომ მისი დონე ჭდის ზევით იქნეს და საჩვენებელ თითს სწრაფად აფარებენ ზემოდან. ავსებულ პიპეტს ამოიღებენ ხსნარიდან, მარცხენა ხელის დახმარებით ზუსტად ვერტიკალურ მდგომარეობაში იჭერენ და უსწორებენ სიბრტყეს, რომელიც პიპეტის ჭდის მიერ წარმოშობილ წრეხაზს ემთხვევა (ე.ი. მენისკის ქვედა ნაწილი და მომუშავეს თვალი უნდა იმყოფებოდეს ერთ პერიზონტალურ სიბრტყეში). შემდეგ მცირედ ასუსტებენ საჩვენებელი თითის დაჭერას პიპეტის ზედა ნახვრეტზე და ხსნარს პიპეტიდან წვეთ-წვეთობით უშვებენ, ბოლოს ისევ მჭიდროდ ფარავენ ზედა ნახვრეტს საჩვენებელი თითით. როცა დაწეული ხსნარის მენისკის ქვედა ნაწილი ზუსტად ჭდეს გაუსწორდება, პიპეტიდან ხსნარი გადააქვთ სუფთა ჭურჭელში, რისთვისაც პიპეტზე დაფარებულ თითს ოდნავ აშორებენ. პიპეტის ბოლო ნაწილი კი უნდა ეხებოდეს იმ ჭურჭლის კედელს, რომელშიაც ხსნარი ისხმება. ხსნარის ჩამოშვების შემდეგ პიპეტის წვერს შეხებაში ტოვებენ ჭურჭლის კედელთან კიდევ რამდენიმე წამს (სურ. 5).

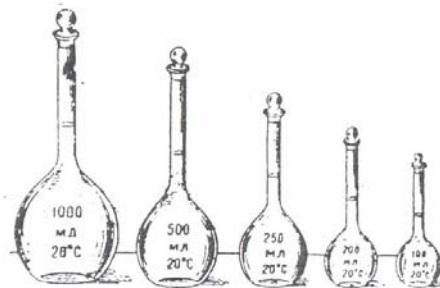


სურ. 5. ხსნარის ჩამოსხმა პიპეტიდან.

საჭირო არ არის პიპეტში დარჩენილი ხსნარის უკანასკნელი წვეთების ჩაბერვით გამოდევნა; პიპეტი იმ ანგარიშითაა დაკალიბრებული, რომ შიგ დარჩენილი ხსნარის წვეთები არ შევიდეს იმ მოცულობაში, რაც პიპეტზეა ნაჩვენები. მუშაობის დამთავრების შემდეგ პიპეტს გარეცხავენ. სუფთა პიპეტებს ათავსებენ შტატივში, ან მაღალ ცილინდრში, რომლის ფსკერზე მოთავსებულია ფილტრის ქაღალდი პიპეტში დარჩენილი ხსნარის შესაწოვად. ზემოდან პიპეტი იხურება ქაღალდის ან მინის ხუფით.

სამუშაო ტიტრირანი ხსნარების მოსამზადებლად იყენებენ დიდი ტევადობის (250მლ-დან 1ლ-მდე) საზომ კოლებებს.

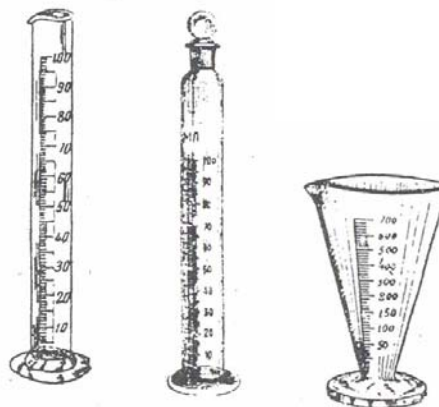
საზომი კოლებების ჩვეულებრივი კოლებებისაგან მთავარი განსხვავებული ნიშანია ის, რომ საზომ კოლბას ყელზე აქვს ჭდე წრიული ხაზის სახით. კოლბის ტევადობა აღნიშნულია გვერდით ზედაპირზე (სურ. 6).



სურ. 6. საზომი კოლები.

ნივთიერებას კოლბაში ათავსებენ მშრალი ძაბრის საშუალებით, ასხამენ წყალს კოლბის ნახევარი მოცულობის რაოდენობით, შემდეგ კოლბის წრიული მოძრაობით ხსნიან წონაკს და ძაბრის საშუალებით უმატებენ წყალს ყელამდე. მოაცილებენ ძაბრს და სწორ ზედაპირზე დადგმულ კოლბაში პიპეტიდან წვეთ-წვეთობით უმატებენ წყალს ჭდემდე. ამის შემდეგ კოლბას დაახურავენ მილესილ საცობს და გულდასმით აურევენ ხსნარს, რისთვისაც კოლბას გადააბრუნებენ საცობით ქვევიდან ზევით 10-ჯერ. საზომ კოლბაში ხსნარის შენახვა არაა სასურველი, რადგან ხსნარის მოქმედებით მინა თანდათანობით გამოიტუტება და საზომი კოლბა ფუჭდება.

საზომი ცილინდრი და მენზურა. ამ ჭურჭელს იყენებენ ხსნარების მოცულობის მხოლოდ დაახლოებითი გაზომვისათვის. საზომი ცილინდრი წარმოადგენს მინის სქელკედლიან ჭურჭელს (სურ. 7). მენზურას ჩვეულებრივ კონუსისებური ფორმა აქვს (სურ. 8).



სურ. 7. საზომი ცილინდრები:

სურ. 8. მენზურა.

ჩვეულებრივი და მილესილი საცობით.

ცილინდრების და მენზურების ყელის დიამეტრიც გაცილებით უფრო დიდია, ვიდრე ბიურეტის და პიპეტის, მათი ანათვლების სიზუსტეც უფრო მცირეა. ცილინდრს და მენზურას მთელ სიგრძეზე აქვს დანაყოფები მილილიტრებად და მილილიტრების მეათედ ნაწილებად. მათ ამზადებენ 50მლ-დან 1000მლ-მდე ტევადობით. გამოიყენება აგრეთვე ცილინდრები მილესილი საცობით.

ჭურჭლის გასუფთავება

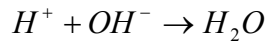
რაოდენობით ანალიზში ქიმიური ჭურჭლის სისუფთავეს ძალიან დიდი ყურადღება ექცევა. ქიმიურ ჭურჭელს ხმარების წინ გულდასმით ასუფთავებენ. მინის ჭურჭლის სისუფთავის მაჩვენებლად შეიძლება ჩაითვალოს მინის შიგა ზედაპირის თანაბრად დასველება. ჭურჭლის გასუფთავებისათვის ჯერ მექანიკურ ხერხს იყენებენ. ამ მიზნით სამუშაო ჭურჭელში ასხამენ წყალს და ჯაგრისით წმენდენ, ან ქაღალდის ნაჭრებს ყრიან ჭურჭელში და ანჯღრევენ მას. თუ მექანიკური გასუფთავება არ იძლევა სასურველ შედეგს, მიმართავენ ქიმიურ ხერხს. უფრო ხშირად ხმარობენ ქრომის ნარევის, რომელიც წარმოადგენს კალიუმის ბიქრომატის ხსნარს გოგირდმუაგაში. ქრომის ნარევის მოსამზადებლად 5-6გრამ $K_2Cr_2O_7$ -ს ხსნიან 100მლ წყალში და მიღებულ ხსნარს უმატებენ 100მლ კონცენტრირებულ H_2SO_4 -ს. გასასუფთავებელ ჭურჭელში ასხამენ მცირე რაოდენობის ქრომის ნარევის და ჭურჭელს ხელში აბრუნებენ ისე, რომ ამ ნარევით მთლიანად დასველდეს ჭურჭლის შიგა ზედაპირი. ამის შემდეგ ქრომის ნარევის აბრუნებენ თავის ჭურჭელში და გასასუფთავებელ ჭურჭელს რეცხავენ წყლით, ბოლოს ავლებენ გამოსხივლ წყალს და აშრობენ.

ქრომის ნარევთან მუშაობა მოითხოვს სიფრთხილეს და ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ ნარევის წვეთები არ მოხვდეს მომუშავის სხეულს ან ტანისამოსს. მოხვედრის შემთხვევაში ქრომის ნარევი მაშინვე უნდა მოირეცხოს დიდი რაოდენობის ცივი წყლით, რისთვისაც სხეულის დაზიანებულ ნაწილს შეუშვერენ ონკანის ქვეშ.

ქიმიურ ჭურჭელს ასუფთავებენ აგრეთვე – 0,1N $KMnO_4$ -ისა და კონცენტრირებული H_2SO_4 -ის თანასწორ მოცულობათა ნარევით. სარგებლობენ აგრეთვე $KMnO_4$ -ის ტუტიანი ხსნარით, ტუტის სპირტიანი ხსნარით და სხვა. ცხიმისაგან გასუფთავება ყველაზე კარგად წარმოებს $NaOH$ -ის ხსნარის გამოყენებით.

მოცულობით ანალიზში გამოყენებული რეაქციები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ძირითად მეთოდებად:

1. ნეიტრალიზაციის მეთოდი, რომელსაც საფუძვლად უდევს მჟავის და ტუტის ურთიერთქმედებით გამოწვეული რეაქცია:



ეს მეთოდი მოიცავს ორ ხერხს: ალკალიმეტრიას (alkali - ტუტე) და აციდიმეტრიას (acidum - მჟავა). მჟავის განსაზღვრის დროს იხმარება ტუტის ტიტრიანი ხსნარი, რომლის მოცულობა ბიურეტით იზომება. ნეიტრალიზაციის ამ ხერხს ალკალიმეტრია ეწოდება. ტუტის განსაზღვრის დროს კი იხმარება მჟავის ტიტრიანი ხსნარი. ამ ხერხს აციდიმეტრია ეწოდება.

2. ჟანგვა-აღდგენის მეთოდი (რედოქსიმეტრია), რომელსაც საფუძვლად უდევს ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები. სამუშაო ტიტრიანი ხსნარების სახით დამჟანგველებად უფრო ხშირად იყენებენ $KMnO_4, K_2Cr_2O_7, J_2$ და სხვას, აღმდგენელებად კი $TiCl_3, CrCl_2, SnCl_2$ და სხვას.
3. დალექვის მეთოდი (სედიმენტაცია), რომელსაც საფუძვლად უდევს განსასაზღვრავი ელემენტის ტიტრიანი ხსნარით დალექვა ძნელადხსნადი ნაერთის სახით.
4. კომპლექსნაერთების წარმოქმნის მეთოდი (კომპლექსონომეტრია), რომელიც დამყარებულია ლითონის იონებისა და ორგანული კომპლექსწარმომქმნელი რეაგენტებისაგან შიდაკომპლექსური ნაერთის წარმოქმნის რეაქციაზე.

მოცულობით ანალიზში განსაზღვრის სიზუსტე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. მათ შორის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს სდანტარული ხსნარების მომზადების სიზუსტეს.

მოთხოვნილებები, რომელიც საჭიროა სტანდარტული ხსნარების მოსამზადებლად, შემდეგია:

1. ნივთიერებას უნდა ჰქონდეს დიდი მოლეკულური და გრამეკვივალენტური წონა;
2. ნივთიერება უნდა იყოს ქიმიურად სუფთა, მინარევებს არ უნდა შეიცავდეს ისეთი რაოდენობით, რომელიც იმოქმედებს მის სიზუსტეზე (არა უმეტეს 0,05-0,1%);
3. ნივთიერება უნდა იყოს კრისტალური;
4. წყალში კარგად უნდა იხსნებოდეს, მაგრამ არ უნდა იყოს ჰიგროსკოპული.

თუ ნივთიერებები ამ მოთხოვნილებებს არ აკმაყოფილებს, მაშინ ამზადებენ მიახლოებითი ნორმალობის ხსნარებს და ზუსტი კონცენტრაციის მქონე ხსნარით გატიტრის საშუალებით ადგენენ მის შესწორების კოეფიციენტს – K , რომელიც

უჩვენებს თუ რა რიცხვზე უნდა გამრავლდეს დახარჯული ხსნარის მოცულობა, რომ იგი მიყვანილი იქნეს ზუსტ ნორმალობამდე. შესწორების კოეფიციენტის განსაზღვრა ხდება სამი ხერხით:

1. მოცულობის მიხედვით $K = \frac{V_1}{V_2}$, სადაც V_1 არის ზუსტი კონცენტრაციის მქონე ხსნარის მოცულობა - მლ-ში, V_2 - გატიტვრაზე დახარჯული ხსნარის მოცულობა მლ-ში.

2. ტიტრის მიხედვით $K = \frac{T_{პრაქტ.}}{T_{თეორ.}}$, სადაც $T_{პრაქტ.}$ არის გატიტვრაზე დახარჯული ხსნარის ტიტრი, $T_{თეორ.}$ კი ზუსტი კონცენტრაციის მქონე ხსნარის ტიტრი.

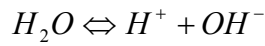
3. ნორმალობის მიხედვით $K = \frac{N_{პრაქტ.}}{N_{თეორ.}}$, სადაც $N_{პრაქტ.}$ არის გატიტვრაზე დახარჯული ხსნარის დაახლოებითი ნორმალობა, $N_{თეორ.}$ კი ხსნარის ზუსტი ნორმალობა.

ხშირად სტანდარტული ანუ ზუსტი კონცენტრაციის ხსნარების მოსამზადებლად იყენებენ ფიქსონალებს, რომელიც წარმოადგენს მინის ორივე მხრიდან მირჩილულ ამპულას, რომელშიაც მოთავსებულია ნივთიერების ზუსტი რაოდენობა. საზომ კოლბაში ათავსებენ ძაბრს, ტეხავენ შინ ფიქსონალს სპეციალური წკირით და წყლით კარგად ჩარეცხავენ, რის შემდეგაც გამოხდილი წყლით ჭდემდე შეავსებენ და კარგად შეანჯღრევენ.

ნეიტრალიზაციის მეთოდი

წყალხსნარებში ნეიტრალიზაციის მეთოდის თეორიული საფუძველია წყალბად და ჰიდროქსილიონთა შეერთება და მცირედ დისოციირებული ნაერთის წლის წარმოქმნა: $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$. ამ მეთოდით შეიძლება როგორც მჟავის, ისე ტუტის რაოდენობის განსაზღვრა. მჟავის განსაზღვრის დროს იხმარება ტუტის ტიტრიანი ხსნარი, რომელიც ბიურეტით იზომება. ნეიტრალიზაციის ამ ხერხს ალკალიმეტრია ეწოდება. ტუტის განსაზღვრის დროს კი იხმარება მჟავის ტიტრიანი ხსნარი ამ ხერხს აციდიმეტრია ეწოდება. აციდიმეტრია და ალკალიმეტრია წარმოდგება ლათინური სიტყვებდან acidum – მჟავა და alkali – ტუტე.

სუფთა წყალი ძლიერ სუსტ ელექტროლიტს წარმოადგენს. იგი მცირედ დისოციირდება H^+ და OH^- იონებად.



წყლის ელგამტარობის სიდიდის საფუძველზე გამორკვეულია, რომ წყალბად-იონების და ჰიდროქსიდ-იონების კონცენტრაცია უდრის 10^{-7} მოლ/ლ 22° -ზე. ე.ი. ათი მილიონი ლიტრი წყლიდან მხოლოდ ერთი გრამ-მოლეკულაა დისოცირებული იონებად. ერთი გრამ-მოლეკულა წყლის დისოციის დროს მიიღება ერთი გრამ იონი (1გ) წყალბადი და ერთი გრამ-იონი ჰიდროქსილი (17გ). (წყლის დისოციაციის ხარისხი ძალიან მცირეა, იგი ტოლია $1,8 \cdot 10^{-16}$).

წყალში როგორც H^+ , ისე OH^- იონების კონცენტრაცია უდრის 10^{-7} , ხოლო მათი ნამრავლი შეადგენს 10^{-14} -ს.

$[H^+][OH^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$ [] აღნიშნავენ კონცენტრაციას. ე.ი. წყალბად-იონების და ჰიდროქსიდ-იონების კონცენტრაციის ნამრავლი მუდმივი სიდიდეა. მის რიცხობრივ მნიშვნელობას 10^{-14} ეწოდება წყლის იონური ნამრავლი. როგორც არ უნდა შეიცვალოს H^+ და OH^- იონების კონცენტრაცია, მათი ნამრავლი ყოველი ხსნარისათვის (უცვლელ ტემპერატურაზე) მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს.

$$\text{გამოხდილ წყალში } [H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

მაშასადამე ნეიტრალური იქნება ისეთი ხსნარი, რომელშიც $[H^+] = [OH^-]$, ანუ რომელშიც $[H^+] = 10^{-7}$.

თუ H^+ კონცენტრაცია 10^{-7} -ზე მეტია, OH^- იონების კონცენტრაცია შესაბამისად ნაკლები უნდა იყოს. მაგალითად, თუ H^+ იონების კონცენტრაცია 10^{-5} უდრის, მაშინ OH^- იონების კონცენტრაცია 10^{-9} ტოლი აღმოჩნდება. ამ შემთხვევაში ხსნარს მჟავური რეაქცია ექნება.

წყალხსნარის რეაქციის (მჟავური, ტუტე, თუ ნეიტრალური) საზომი წარმოადგენს წყალბად-იონის კონცენტრაცია. თუ ეს სიდიდე ცნობილია წყლის იონური ნამრავლის მიხედვით ადვილი გამოსათვლელია OH^- იონების კონცენტრაცია.

ხსნარების მჟავიანობის ან ტუტიანობის რაოდენობრივი დახასიათებისათვის უფრო მოხერხებულია H^+ იონების კონცენტრაციის შებრუნებული სიდიდის ლოგარითმი. ამ სიდიდეს წყალბად იონის მაჩვენებელი ეწოდება და აღინიშნება pH-ით (პე-აშ). ეს ცნება შემოიღო 1913წ. ზორენსენმა. pH ტოლია წყალბადიონთა კონცენტრაციის ათობითი ლოგარითმისა უარყოფითი ნიშნით

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

მაგ: თუ $[H^+] = 10^{-7}$, მაშინ $pH = -\lg 10^{-7} = -(-7)\lg 10 = 7$

ე.ი. თუ $[H^+] = 10^{-7}$, მაშინ $pH=7$ და არე ნეიტრალურია

თუ $[H^+] = 10^{-3}$, მაშინ $pH=3$ და არე მჟავურია

თუ $[H^+] = 10^{-12}$, მაშინ $pH=12$ და არე ტუტეა.

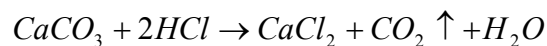
ამგვარად ნეიტრალურ არეში $pH=7$, მჟავურ არეში $pH<7$ -ზე, ხოლო ტუტე არეში $pH>7$ -ზე.

ნეიტრალიზაციის რეაქციის დროს, ე.ი. როცა მჟავათი ვმოქმედებთ ტუტეზე ან პირიქით, არავითარ ფერად ეფექტს ადგილი არა აქვს. ამიტომ გატიტრის ეკვივალენტური წერტილის დადგენისათვის საჭიროა გასატიტრავ ხსნარს დაემატოს რომელიმე შესაფერისი ინდიკატორი. ინდიკატორები ეწოდება ნივთიერებებს რომლებიც ფერს იცვლიან წყალბად-იონის გარკვეული კონცენტრაციის დროს. ინდიკატორი (ლათ. indico-დან ვუჩვენებ) გვიჩვენებს გატიტრის დამთავრებას, იგი ეკვივალენტურ წერტილში ან მის მიახლოებისას გასატიტრავ ნივთიერებას უცვლის ფერს.

ნეიტრალიზაციის რეაქციებში გამოყენებულია ისეთი ინდიკატორები, რომლებიც იცვლიან თავის ფერს pH სიდიდის ცვლილების მიხედვით. ასეთი ინდიკატორებია: ლაკმუსი, ფენოლფტალეინი, მეთილნარინჯი და სხვა.

ლაკმუსი მჟავა გარემოში წითლად იფერება, ტუტე გარემოში კი ლურჯად. ფენოლფტალეინი მჟავა გარემოში უფეროა, ტუტე გარემოში კი მოწითალო-ჟოლოსფერი. მეთილნარინჯი მჟავა გარემოში მოვარდისფეროა, ტუტე გარემოში კი – ყვითელი. არჩევენ გატიტრის ორ მეთოდს:

1. **პირდაპირი გატიტრვა.** ამ შემთხვევაში განსასაზღვრავ იონს ტიტრავენ რეაგენტის ხსნარით და ეკვივალენტურ წერტილს ადგენენ ინდიკატორის გამოყენებით.
2. **უკუგატიტრის მეთოდი.** ამ მეთოდს იყენებენ მაშინ, როდესაც არ არის შესაფერისი ინდიკატორი, ან რეაქცია მიდის ძალიან ნელა. მაგალითად კალციუმის კარბონატის განსაზღვრის დროს იყენებენ მარილმჟავას ტიტრირებულ ხსნარს ჭარბი რაოდენობით.



რეაქციის დამთავრების შემდეგ ტიტრავენ ჭარბ მარილმჟავას, რომელიც არ შევიდა რეაქციაში და სხვაობით პოულობენ მარილმჟავას რაოდენობას, რომელიც ეკვივალენტურია კალციუმის კარბონატისა.

ნეიტრალიზაციის მეთოდში მზადდება ორი ხსნარი: 1) 0,1N Na_2CO_3 -ის სტანდარტული ხსნარი; 2) 0,1 N HCl-ის სამუშაო ხსნარი.

ლაბორატორიული სამუშაო №2

0,1N Na₂CO₃-ის სტანდარტული ხსნარის მომზადება

$$M_{Na_2CO_3} = 106$$

$$\mathcal{N}_{Na_2CO_3} = \frac{M}{2} = \frac{106}{2} = 53$$

0,1N Na₂CO₃-ის ხსნარის მოსამზადებლად ანალიზურ სასწორზე წონიან 5,3გ Na₂CO₃ ან იღებენ ფიქსონალს, ხსნიან მცირე რაოდენობის გამოხდილ წყალში, გადააქვთ ლიტრიან საზომ კოლბაში, ავსებენ ჭდემდე გამოხდილი წყლით. უკეთებენ საცობს და კარგად შეანჯღრევენ. მომზადებული ხსნარი გადააქვთ წინასწარ მომზადებულ ჭურჭელში. უკეთებენ საცობს და სათანადო წარწერას.

0,1N HCl-ის სამუშაო ხსნარის მომზადება

$$M_{HCl} = 36,5; \mathcal{N}_{HCl} = \frac{M}{1} = \frac{36,5}{1} = 36,5$$

0,1N HCl უნდა შეიცავდეს 3,65გ HCl-ს ლიტრში. ამისათვის უნდა დადგინდეს ლაბორატორიაში არსებული კონც. HCl-ის რამდენ მლ-შია 3,65გ ქლორ-წყალბადი, რისთვისაც კონც. HCl გადააქვთ საზომ ცილინდრში და არეომეტრის საშუალებით ზომავენ მის სიმკვრივეს და ცხრილის საშუალებით ადგენენ მუავას პროცენტულ შემცველობას მაგ: თუ $d_{HCl}=1,12$, მაშინ იგი 23,82%-იანია. ადგენენ პროპორციას:

100გ მუავა შეიცავს 23,82გ ქლორწყალბადს

X „-----“ 3,65გ -----

$$x = \frac{100 \cdot 3,65}{23,82} = 15,32 \text{ გ}$$

ე.ი. 15,32გ მარილმუავას ხსნარი, რომლის კუთრი წონა $d=1,12$ შეიცავს 3,65გ ქლორწყალბადს. სითხეების და განსაკუთრებით კონცენტრირებული მუავეების აწონვა მოუხერხებელია და ამიტომ აწარმოებენ მათი მოცულობის გაზომვას, რისთვისაც გაანგარიშებულ მუავას რაოდენობას ეოფენ მის კუთრ წონაზე

$$V = \frac{P}{d} = \frac{15,32}{1,12} = 13,68 \text{ მლ.}$$

ე.ი. 13,68მლ 23,82%-იანი მარილმუყავას ხსნარი შეიცავს 3,65გ ქლორწყალბადს. მიღებულ მილილიტრების რაოდენობას ზომავენ საზომი ცილინდრით ან მენზურით, ასხამენ ლიტრიან საზომ კოლბაში და ავსებენ ჭდემდე გამოსხილი წყლით. კარგად შეანჯღრევენ. ხსნარი გადააქვთ ჭურჭელში, რომელსაც უკეთებენ საცობს და წარწერას. ასეთი ხერხით მომზადებული ხსნარი დაახლოებით 0,1N-ია; (დაახლოებით 0,1N ჩაიწერება ასე: ~0,1N). ამიტომ უნდა დადგინდეს ამ ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი K, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ კონცენტრირებული ან განზავებულია მომზადებული ხსნარი ზუსტ 0,1N ხსნართან შედარებით.

ლაბორატორიული სამუშაო №3

0,1N HCl ხსნარის შესწორების კოეფიციენტის დადგენა (K_{HCl})

განსაზღვრის მსვლელობა:

0,1N Na₂CO₃-ის სტანდარტული ხსნარის 10მლ-ს პიპეტის საშუალებით ათავსებენ კონუსურ კოლბაში (ერლენმეიერის), უმატებენ 1-2 წვეთ ინდიკატორ მეთილნარინჯს, რის შედეგადაც ხსნარი შეიფერება ყვითლად. კოლბის ყელს ჩარეცხავენ გამოსხილი წყლით და ფრთხილად ტიტრავენ ბიურეტში მოთავსებული ~0,1N HCl-ის სამუშაო ხსნარით, მოვარდისფრო შეფერილობის მიღებამდე. ცდას იმეორებენ 3-5-ჯერ. სამი თანხვედნილი სიდიდიდან იღებენ საშუალოს. გატიტვრის შედეგები შეაქვთ ცხრილში.

№	V ₁ (Na ₂ CO ₃ მლ)	V ₂ (HClმლ)	შენიშვნები
1	10	9,8	
2	10	9,8	
3	10	9,8	

$$K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{10}{9,8} = 1,02$$

ე.ი. შესწორების კოეფიციენტი K = 1,02.

წყლის სიხისტის განსაზღვრა

წყლის სიხისტე გამოწვეულია კალციუმის და მაგნიუმის მარილებით. ანსხვავებენ სიხისტის ორ სახეს: დროებითს (კარბონატულს) და მუდმივს (არაკარბონატულს). დროებით (კარბონატულს) სიხისტეს განაპირობებს წყალში გახსნილი Ca-ის და Mg-ის ჰიდროკარბონატები, რომლებიც წყლის დუღილის დროს გარდაიქმნებიან უხსნად კარბონატებად და გამოიყოფიან ნალექის სახით:

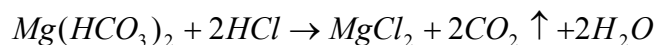
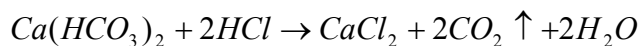


ამრიგად ეს სიხისტე წყლის დუღილით მთლიანად ისპობა და ამიტომ მას დროებითი სიხისტე ეწოდება.

მუდმივ სიხისტეს კი განაპირობებს წყალში გახსნილი კალციუმის და მაგნიუმის ქლორიდები და სულფატები. ეს მარილები დუღილისას რჩებიან წყალში.

დროებითი სიხისტის განსაზღვრა

კონუსურ კოლბაში ათავსებენ 100მლ ონკანის წყალს, უმატებენ 2 წვეთ მეთილნარინჯს და ტიტრავენ 0,1 N HCl-ის სამუშაო ხსნარით ყვითელიდან ღია ვარდისფერში გადასვლამდე. ამ დროს მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციები:



გატიტრას იმეორებენ 3-5-ჯერ. თანხვედრილი სიდიდიდან ანგარიშობენ საშუალოს. წყლის სიხისტის გამოსაანგარიშებელი ფორმულაა

$$G = \frac{V_{HCl} \cdot K_{HCl} \cdot N_{HCl}}{V_{H_2O}} \cdot 1000 \text{ მგ-ეკვ/ლიტ.}$$

N ^o	V _{H₂O}	V _{HCl} ^{0,1N}	შენიშვნა
1	100	3,2	
2	100	3,2	
3	100	3,2	

$$G = \frac{3,2 \cdot 1,02 \cdot 0,1}{100} \cdot 1000 = 3,264 \text{ მგ-ეკვ/ლიტ.}$$

ლაბორატორიული სამუშაო №4

ხსნარში ტუტის შემცველობის განსაზღვრა

კონუსურ კოლბაში პიპეტის საშუალებით ათავსებენ 10მლ NaOH-ის ხსნარს, უმატებენ 1-2 წვეთ ინდიკატორ მეთილნარინჯს და კოლბის ყელს ჩარეცხავენ მცირე რაოდენობა გამოხდილი წყლით. მიღებულ ყვითელი ფერის ნარევის ტიტრირება ბიურეტში მოთავსებული 0,1N HCl-ის სამუშაო ხსნარით ღია ვარდისფერ შეფერილობამდე. ბიურეტზე აითვლიან დახარჯული HCl-ის ხსნარის მოცულობას. გატიტრებას იმეორებენ 3-5-ჯერ და სამი თანხვედრილი რიცხვიდან ანგარიშობენ საშუალოს, შედეგები შეაქვთ ცხრილში.

№	V _{NaOH} ^{საან} მლ	V _{HCl} ^{0,1N} მლ	შენიშვნა
1	10	7,5	რადგან K _{HCl} =1,02 ფაქტიურად დაიხარჯა 7,5·1,02=7,65
2	10	7,5	
3	10	7,5	

ანალიზის შედეგების გაანგარიშება

$$V_{NaOH}^{საან} = 10 \text{ მლ}$$

$$V_{HCl}^{0,1N} = 7,5 \text{ მლ}$$

$$K_{HCl} = 1,02$$

$$V_{HCl}^{0,1N} = 7,5 \cdot 1,02 = 7,65$$

$$T_{NaOH}^{საან} = ?$$

$$\mathcal{E}_{NaOH} = 40 \quad T_{NaOH}^{0,1N} = \frac{\mathcal{E} \cdot N}{1000} = \frac{40 \cdot 0,1}{1000} = 0,004 \text{ გ/მლ}$$

1მლ 0,1N HCl ----- 0,004გ NaOH

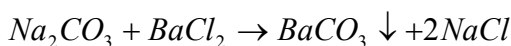
7,65მლ ----- X

$$X = \frac{7,65 \cdot 0,004}{1} = 0,0306 \text{ გ}$$

$$T_{NaOH}^{პრაქტ} = \frac{0,0306}{10} = 0,00306 \text{ გ/მლ}$$

NaOH და Na₂CO₃-ის ნარევის ანალიზი

კონუსურ კოლბაში პიპეტის საშუალებით ათავსებენ საანალიზო ნარევის 10მლ. უმატებენ 1-2 წვეთ მეთლნარინჯს, ანზავებენ გამოხდილი წყლით. კოლბას დგამენ თეთრ ქაღალდზე და ყვითლად შეფერილ ხსნარს ტიტრავენ 0,1 N მარილმჟავას ხსნარით ღია ვარდისფერი შეფერილობის მიღებამდე. გატიტრებას იმეორებენ 2-3-ჯერ. ვინაიდან ამ დროს ერთდროულად იტიტრება Na₂CO₃ და NaOH, ამიტომ მჟავას ეს რაოდენობა V₁ იქნება საერთო ტუტიანობის მაჩვენებელი. ნარევში ცალ-ცალკე NaOH და Na₂CO₃ შემცველობის დასადგენად საჭიროა სარეაქციო არედან ერთ-ერთი კომპონენტის გამოყვანა. რისთვისაც მეორე კოლბაში ათავსებენ საანალიზო ხსნარის 10მლ, ანზავებენ გამოხდილი წყლით და უმატებენ 8-10მლ ბარიუმის ქლორიდის ხსნარს, რომელიც ხსნარში მყოფ Na₂CO₃ -ის დალექავს BaCO₃ -ის სახით და გამოიყვანს სარეაქციო არედან.



ხსნარში დარჩება NaOH. ხსნარ-ნალექს უმატებენ 5-6 წვეთ ფენოლფტალეინის 0,1% სპირტიან ხსნარს და ტიტრავენ 0,1 N HCl-ის ხსნარით ჟოლოსფერი ხსნარის გაუფერულებამდე. მეორე გატიტრებაზე დახარჯული HCl-ის რაოდენობა ხსნარში მყოფი NaOH-ის ეკვივალენტურია. თუ პირველ გატიტრებაზე დახარჯულ მჟავას რაოდენობას V₁ გამოვაკლებთ მეორე გატიტრებაზე დახარჯულ მჟავას რაოდენობას V₂ მივიღებთ სხვაობას – V₃, რომელიც Na₂CO₃ ეკვივალენტური იქნება.

№	V ^{საან.} NaOH+Na ₂ CO ₃ მლ	V ₁ HCl მლ	V ₂ HCl მლ	შენიშვნა
1	10	7,1	2,2	
2	10	7,1	2,2	
3	10	7,1	2,2	

ანგარიში

$$V_{\text{ნარევის}}^{\text{საანალიზო}} = 10 \text{ მლ} \quad K_{\text{HCl}} = 1,02$$

პირველ გატიტრებაზე დახარჯული მჟავას რაოდენობა $V_1 = 7,1 \cdot 1,02 = 7,242 \text{ მლ}$

მეორე გატიტრებაზე დახარჯული მჟავას რაოდენობა $V_2 = 2,2 \cdot 1,02 = 2,244 \text{ მლ}$
 2,244მლ HCl დაიხარჯა NaOH-ის გასატიტრად.

Na₂CO₃-ის გასატიტრად დახარჯული მჟავას რაოდენობა $V_3 = V_1 - V_2 = 7,242 - 2,244 = 4,998 \text{ მლ}$

გამოვიანგარიშოთ საანალიზო ნარევი NaOH შემცველობა და ტიტრი.

$$\mathfrak{E}_{NaOH} = 40 \quad T_{NaOH}^{\text{თეორიული}} = \frac{N \cdot \mathfrak{E}}{1000} = \frac{0,1 \cdot 40}{1000} = 0,004 \text{ გ/მლ}$$

1მლ 0,1 N HCl ანეიტრალებს 0,004გ NaOH

2,244მლ „-----“ X

$$X = \frac{2,244 \cdot 0,004}{1} = 0,008976 \text{ გ NaOH}$$

10მლ ნარევი შეიცავს 0,008976გ NaOH

1მლ „-----“ X

$$X = \frac{1 \cdot 0,008976}{10} = 0,0008976 \text{ გ/მლ NaOH}$$

$$\text{ე.ი. } T_{NaOH}^{\text{პრაქტ.}} = 0,0008976 \text{ გ/მლ}$$

გამოვიანგარიშოთ ნარევი Na₂CO₃ -ის შემცველობა და ტიტრი

$$\mathfrak{E}_{Na_2CO_3} = \frac{M}{2} = \frac{106}{2} = 53 \quad T_{Na_2CO_3}^{\text{თეორიული}} = \frac{\mathfrak{E} \cdot N}{1000} = \frac{53 \cdot 0,1}{1000} = 0,0053 \text{ გ/მლ}$$

1მლ 0,1 N HCl ანეიტრალებს 0,0053გ Na₂CO₃

4,998მლ „-----“ X

$$X = \frac{4,998 \cdot 0,0053}{1} = 0,02648 \text{ გ}$$

10მლ ნარევი შეიცავს 0,02648გ Na₂CO₃

1მლ „-----“ X

$$X = \frac{0,02648}{10} = 0,002648 \text{ გ/მლ}$$

$$\text{ე.ი. } T_{Na_2CO_3}^{\text{პრაქტ.}} = 0,002648 \text{ გ/მლ}$$

ლაბორატორიული სამუშაო №5

I ტესტირება

1. მოცემული რეაქციებიდან რომელი მიეკუთვნება ნეიტრალიზაციის რეაქციას?

- 1) $FeCl_2 + 2NaOH = Fe(OH)_2 + 2NaCl$;
- 2) $MgCl_2 + Na_2HPO_4 = MgHPO_4 + 2NaCl$;
- 3) $Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$;
- 4) $NH_4Cl + AgNO_3 = NH_4NO_3 + AgCl \downarrow$.

2. რომელია სამუშაო ხსნარი ნეიტრალიზაციის მეთოდში?

- 1) 0,1 N ნატრიუმის კარბონატი; 3) 0,1 N კალიუმის პერმანგანატი;
- 2) 0,1 N მარილმჟავა; 4) 5% გოგირდმჟავა.

3. რა ფერის არის ინდიკატორი მეთილნარინჯი მჟავა გარემოში?

- 1) ვარდისფერი; 2) მწვანე; 3) ყვითელი; 4) ლურჯი.

4. რა ეწოდება ტუტის ტიტრირებული ხსნარის გამოყენებით მჟავას რაოდენობით განსაზღვრას?

- 1) ჰიდროლიზი; 3) ტრილონომეტრია;
- 2) ელექტროლიზი; 4) ალკალიმეტრია.

5. როცა სამუშაო ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი $K > 1$ -ზე, სტანდარტულ (ძირითად) ხსნარზე განზავებული თუ კონცენტრირებულია იგი:

- 1) კონცენტრირებულია; 3) განზავებულია;
- 2) ერთნაირი კონცენტრაციისაა; 4) ძლიერ განზავებულია.

6. რამდენი გრამი ნატრიუმის კარბონატი უნდა ავწონოთ, რომ მოვამზადოთ მისი 0,1N ხსნარის 2 ლიტრი?

- 1) 5,3გ; 2) 10,6გ; 3) 9,5გ; 4) 4,5გ.

7. გამოიანგარიშეთ ნატრიუმის ტუტის ტიტრი, თუ ნატრიუმის ტუტის 9მლ-ის გატიტრებაზე დაგვეხარჯა ~ 0,1 N მარილმჟავას 10,5მლ ($K_{HCl} = 1,1$):

- 1) 0,005133; 2) 0,009420; 3) 0,02141; 4) 0,002211.

8. რომელი მარილები განაპირობებენ წყალში დროებით სიხისტეს?

- 1) მაგნიუმის სულფატი და კალციუმის ქლორიდი;
- 2) მაგნიუმის კარბონატი და ნატრიუმის სულფატი;
- 3) კალციუმის სულფატი და ბარიუმის კარბონატი;
- 4) კალციუმის ბიკარბონატი და მაგნიუმის ბიკარბონატი.

9. 11მლ ნატრიუმის ტუტის და ნატრიუმის კარბონატის ნარევის გატიტვრაზე დაიხარჯა 9მლ $\sim 0,1$ N მარილმჟავას ხსნარი ($K_{HCl} = 1,1$), ხოლო სარეაქციო არედან ნატრიუმის კარბონატის გამოყვანის შემდეგ – იგივე მარილმჟავას 4,6მლ ხსნარი. განსაზღვრეთ ნატრიუმის კარბონატის ტიტრი საანალიზო ხსნარში:

- 1) 0,104534; 2) 0,341221; 3) 0,002332; 4) 0,093387.

10. რომელია ძირითადი (სტანდარტული) ხსნარი ნეიტრალიზაციის მეთოდში?

- 1) 0,1 N ნატრიუმის კარბონატი; 3) 2% ნატრიუმის ტუტე;
- 2) 0,2 N ამონიუმის ქლორიდი; 4) 0,1 N მარილმჟავა.

11. რა ფერის არის ინდიკატორი მეთილნარინჯი ტუტე გარემოში?

- 1) იისფერი; 2) ვარდისფერი; 3) ყვითელი; 4) წითელი.

12. რა ეწოდება მჟავას ტიტრირებული ხსნარის გამოყენებით ტუტის რაოდენობით განსაზღვრას?

- 1) პერმანგანატომეტრია; 3) იოდომეტრია;
- 2) ჰიდროლიზი; 4) აციდიმეტრია.

13. როცა სამუშაო ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი $K < 1$ -ზე, ძირითად ხსნარზე განზავებული თუ კონცენტრირებულია იგი?

- 1) კონცენტრირებულია; 3) ერთნაირი კონცენტრაციისაა;
- 2) განზავებულია; 4) ძლიერ კონცენტრირებულია.

14. რამდენი მლ 21,92%-იანი ($d = 1,11$) მარილმჟავაა საჭირო $\sim 0,1$ N მარილმჟავას 500მლ-ის დასამზადებლად?

- 1) 8,041202; 2) 12,34011; 3) 7,500655; 4) 21,722102.

15. რომელ ინდიკატორს ვიყენებთ საანალიზო ხსნარში ტუტის შემცველობის განსაზღვრისათვის?

- 1) ლაკმუსი; 3) ფენოლფთალეინს;
2) მეთილნარინჯის; 4) მურექსიდს.

16. 100მლ საანალიზო წყლის გატიტვრაზე დაიხარჯა 3მლ ~ 0,1 N მარილმჟავას ხსნარი ($K_{HCl} = 1,1$). განსაზღვრეთ წყლის სიხისტე (მგ-ეკვ/ლ)?

- 1) 2,8; 2) 6,3; 3) 3,3; 4) 2,5.

17. ნატრიუმის ტუტის და ნატრიუმის კარბონატის ნარევის ანალიზის დროს, რომელი მარილის დახმარებით გამოგეყავს საანალიზო არიდან ნატრიუმის კარბონატი?

- 1) კალიუმის ნიტრატის; 3) ბარიუმის ქლორიდის;
2) ვერცხლის ნიტრატის; 4) კალიუმის სულფატის.

18. რომელი ხსნარის მიხედვით ვადგენთ მარილმჟავას შესწორების კოეფიციენტს?

- 1) ნატრიუმის ტუტის; 3) მაგნიუმის ქლორიდის;
2) ნატრიუმის კარბონატის; 4) ამონიუმის ჰიდროქსიდის.

19. რა ფერს იძლევა ინდიკატორი ფენოლფთალეინი ტუტე გარემოში?

- 1) უკლოსფერს; 2) თეთრს; 3) მწვანეს; 4) ლურჯს.

20. როცა $[H]^+ = [OH]^-$ რისი ტოლია ხსნარის pH?

- 1) 4,5; 2) 6; 3) 3; 4) 7.

21. როცა 0,1 N მარილმჟავას ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი $K = 1$, 0,1 N ნატრიუმის კარბონატის ძირითად ხსნარზე განზავებული თუ კონცენტრირებულია იგი?

- 1) განზავებულია; 3) კონცენტრირებულია;
2) ერთნაირი კონცენტრაციისაა; 4) ძლიერ განზავებულია.

22. რამდენი გ ნატრიუმის კარბონატი უნდა ავწონოთ, რომ მოვამზადოთ 2 N ნატრიუმის კარბონატის 500მლ?

- 1) 106გ; 2) 10,6გ; 3) 5,3გ 4) 53გ.

23. გამოიანგარიშეთ ნატრიუმის ტუტის ხსნარის ტიტრი, თუ მისი 8მლ-ის გატიტვრაზე დაგვეხარჯა ~ 0,1 N მარილმუჟავას 9,1მლ ($K_{HCl} = 1,05$)?

- 1) 0,004777; 2) 0,00121; 3) 0,0034; 4) 0,005111.

24. რომელ ერთეულებში აწარმოებენ წყლის დროებითი სიხისტის გამოთვლას?

- 1) კგ; 2) მლ; 3) მგ – ეკვ/ლ; 4) კკალ.

25. რას უდრის ნატრიუმის კარბონატის გრამეკვივალენტი?

- 1) 53გ; 2) 49გ; 3) 5,3გ; 4) 106გ.

26. რა ფერს იძლევა ინდიკატორი ფენოლფთალეინი მჟავა გარემოში?

- 1) ჟოლოსფერი; 2) უფერო; 3) ყვითელი; 4) ვარდისფერი.

27. როცა $[H]^+ > [OH]^-$, რისი ტოლი შეიძლება იყოს ხსნარის pH?

- 1) 9,5; 2) 8,2; 3) 9,0; 4) 4,5.

28. რომელი ფორმულის მიხედვით გამოითვლება ხსნარის ტიტრი?

- 1) $T = \frac{N \cdot \vartheta}{1000}$; 3) $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_2}{V_1}$;
2) $T = \frac{V_{\text{თეორ.}}}{V_{\text{პრაქტ.}}}$; 4) $T = \frac{N_{\text{პრაქტ.}}}{N_{\text{თეორ.}}}$.

29. რამდენი მლ 25,75%-იანი ($d = 1,13$) მარილმუჟავაა საჭირო 0,1 N მარილმუჟავას 1ლ დასამზადებლად?

- 1) 22,14მლ; 2) 20,18მლ; 3) 12,54მლ; 4) 34,18მლ.

30. რისი ტოლია ~ 0,1 N მარილმუჟავას შესწორების კოეფიციენტი, თუ 12მლ 0,1 N ნატრიუმის კარბონატის ხსნარის გატიტვრაზე დაგვეხარჯა მარილმუჟავას 11,4მლ?

- 1) 0,7611; 2) 1,10; 3) 0,9814; 4) 1,0526.

31. 200მლ საანალიზო წყლის გატიტვრაზე დაიხარჯა 6მლ ~ 0,1 N მარილმუჟავას ხსნარი ($K_{HCl} = 0,88$), გამოიანგარიშეთ წყლის სიხისტე (მგ – ეკვ/ლ):

- 1) 4,12; 2) 2,64; 3) 1,904; 4) 0,81.

32. ნატრიუმის ტუტე თუ ნატრიუმის კარბონატი იტიტრება 0,1 N მარილმჟავას ხსნარით, ბარიუმის ქლორიდის დამატებამდე, საანალიზო ხსნარში მათი ერთად ყოფნის დროს?

- 1) არცერთი; 3) ორივე;
2) ნატრიუმის კარბონატი; 4) ნატრიუმის ტუტე.

33. რას უდრის მარილმჟავას გრამეკვივალენტი?

- 1) 3,65გ; 2) 25,5გ; 3) 36,5გ; 4) 71გ.

34. რა ფერს იღებს ინდიკატორი ლაკმუსი ტუტე გარემოში?

- 1) წითელი; 2) ლურჯი; 3) ვარდისფერი; 4) ყვითელი.

35. როცა $[OH]^- > [H]^+$, რისი ტოლი შეიძლება იყოს ხსნარის pH?

- 1) 9,5; 2) 7; 3) 5,4; 4) 3,8.

36. რომელი ფორმულის მიხედვით გამოითვლება ხსნარის ნორმალობა?

- 1) $N = \frac{T_{არაქმ.}}{T_{თეორ.}}$; 3) $N = \frac{\vartheta \cdot 1000}{T}$;
2) $N = \frac{T \cdot 1000}{\vartheta}$; 4) $N = \frac{V_{არაქმ.}}{V_{თეორ.}}$.

37. რამდენი გ ნატრიუმის კარბონატი უნდა ავწონოთ რომ მოვამზადოთ 0,2 N ნატრიუმის კარბონატის 500მლ ხსნარი?

- 1) 10,6გ; 2) 5,3გ; 3) 3,5გ; 4) 4,7გ.

38. 12მლ ნატრიუმის ტუტის ხსნარის გატიტრებაზე დაიხარჯა ~ 0,1 N მარილმჟავას ($K_{HCl} = 1,1$) 10,5მლ. რას უდრის ნატრიუმის ტუტის ტიტრი?

- 1) 0,02146; 2) 0,00614; 3) 0,042; 4) 0,00385.

39. გამოიანგარიშეთ ~ 0,2 N მარილმჟავას ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი (K_{HCl}), თუ ამ ხსნარის ტიტრი უდრის 0,0072:

- 1) 0,9863; 2) 1,9726; 3) 1,2410; 4) 0,7121.

40. 15მლ ნატრიუმის ტუტის და ნატრიუმის კარბონატის ნარევის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~ 0,1 N მარილმჟავას ხსნარის 13მლ ($K_{HCl} = 1,02$), ხოლო ნარევზე ბარიუმის ქლორიდის დამატების შემდეგ – იგივე მარილმჟავას 9,4მლ ხსნარი. განსაზღვრეთ ნატრიუმის ტუტის ტიტრი საანალიზო ხსნარში:

- 1) 0,0001371; 2) 0,224791; 3) 0,410136; 4) 0,002556.

41. გამოიანგარიშეთ 0,4 N ნატრიუმის ტუტის ტიტრი:

- 1) 0,004; 2) 0,016; 3) 0,0035; 4) 0,0350.

42. რა ფერს იღებს ინდიკატორი ლაკმუსი მჟავა გარემოში?

- 1) ლურჯი; 2) ვარდისფერი; 3) ყვითელი; 4) წითელი.

43. რომელ გარემოშია ხსნარის pH 7-ის ტოლი?

- 1) ნეიტრალურ; 2) ტუტე; 3) მჟავა; 4) სუსტმჟავა.

44. რომელი ფორმულის მიხედვით ანგარიშობენ ხსნარის შესწორების კოეფიციენტს?

1) $K = \frac{N \cdot \mathcal{E}}{1000}$; 3) $N = \frac{T \cdot 1000}{\mathcal{E} \cdot K}$;

2) $K = \frac{V_{\text{თეორ.}}}{V_{\text{პრაქტ.}}}$; 4) $N = \frac{N_o \cdot V_o}{N_1 \cdot K}$.

45. რა ეწოდება მჟავას ხსნარით ტუტის განეიტრალებას ბიურეტის საშუალებით?

- 1) ჰიდროლიზი; 2) გატიტვრა; 3) განზავება; 4) იოდომეტრია.

46. რომელი კომპონენტის ეკვივალენტურია ნატრიუმის ტუტის და ნატრიუმის კარბონატის ნარევის ანალიზის დროს ბარიუმის ქლორიდის დამატების შემდეგ დახარჯული მარილმჟავას რაოდენობა?

- 1) ნატრიუმის ტუტის; 3) ორივეს;
2) ნატრიუმის კარბონატის; 4) ბარიუმის ქლორიდის.

47. რას უდრის 0,2 N ნატრიუმის კარბონატის ტიტრი?

- 1) 0,0106; 2) 0,0053; 3) 0,0213; 4) 0,0025.

48. რომელი ხსნარის შესწორების კოეფიციენტს ვაღგენთ ნეიტრალიზაციის მეთოდში?

- 1) ნატრიუმის კარბონატის;
- 2) მარილმჟავას;
- 3) ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის;
- 4) ნატრიუმის ტუტის.

49. რომელ გარემოში შეიძლება ხსნარის pH იყოს 8-ის ტოლი?

- 1) ნეიტრალურ;
- 2) ძლიერ მჟავა;
- 3) სუსტი ტუტე;
- 4) სუსტი მჟავა.

50. რისი ტოლია მარილმჟავას შესწორების კოეფიციენტი, თუ 12მლ 0,1 N ნატრიუმის კარბონატის ხსნარის გატიტვრაზე დაგვეხარჯა ~ 0,1 N მარილმჟავას 11,4მლ:

- 1) 1,0526;
- 2) 0,9210;
- 3) 1,022;
- 4) 0,9812.

51. გამოიანგარიშეთ ~ 0,25 მარილმჟავას ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი (K_{HCl}), თუ ამ ხსნარის ტიტრი უდრის 0,008395:

- 1) 0,81;
- 2) 1,1;
- 3) 1,02;
- 4) 0,92.

52. გამოიანგარიშეთ 0,6 N ნატრიუმის კარბონატის ტიტრი:

- 1) 0,0183;
- 2) 0,0106;
- 3) 0,0318;
- 4) 0,0083.

53. რომელ გარემოში შეიძლება იყოს ხსნარის pH 5-ის ტოლი?

- 1) ძლიერ ტუტე;
- 2) ტუტე;
- 3) ნეიტრალურ;
- 4) სუსტი მჟავა.

54. გამოიანგარიშეთ ~0,3 N მარილმჟავას ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი (K_{HCl}), თუ ამ ხსნარის ტიტრი უდრის 0,01214:

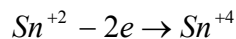
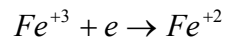
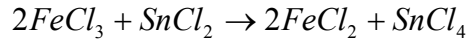
- 1) 1,3124;
- 2) 0,1231;
- 3) 1,1086;
- 4) 0,1108.

55. NaOH და Na_2CO_3 ნარევის ანალიზის დროს ბარიუმის ქლორიდის დამატების შემდეგ რომელ ინდიკატორს ვიყენებთ საანალიზო ხსნარის გატიტვრისათვის?

- 1) მეთილნარინჯის;
- 2) ფენოლფთალების;
- 3) ლაკმუსის;
- 4) მურექსიდს.

ჟანგვა-აღდგენის მეთოდი (რედოქსიმეტრია)

ჟანგვა-აღდგენის თეორიას საფუძველი ჩაუყარა აკადემიკოსმა პისარჟევსკიმ 1914წ. მისი თეორიის მიხედვით ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები შეუღლებულ პროცესს წარმოადგენს, რომლის დროსაც დამჟანგველი იერთებს ელექტრონებს და აღდგება, ასევე ამავე დროს აღმდგენელი გასცემს ელექტრონებს და იჟანგება, ე.ი. ჟანგვა-აღდგენა ორ საწინააღმდეგო პროცესთა ერთობლიობას წარმოადგენს, მაგ. რეაქციაში



აქ სამვალენტიანი რკინის იონი დამჟანგველს წარმოადგენს და რეაქციის შედეგად აღდგება ორვალენტიანამდე, ხოლო ორვალენტიანი კალა აღმდგენელს წარმოადგენს და დაიჟანგება ოთხვალენტიანამდე.

ჟანგვა-აღდგენის განსაზღვრულ სტადიაზე ელემენტის მდგრადობა დამოკიდებულია იმ ენერგიის ცვლილებაზე, რომელიც თან ახლავს ელექტრონების დაკარგვას ან მიერთებას. ენერგიის ეს ცვლილება მიღებულია დაჟანგვის ინტენსივობის რაოდენობით საზომად და ცნობილია ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის, ჟანგვითი პოტენციალის ანუ რედოქსპოტენციალის სახელწოდებით და აღინიშნება E_0 (ტერმინი „რედოქს“-ი იხმარება ჟანგვა-აღდგენის ნაცვლად. რედუქციული-აღდგენითი, ოქსიდაციური-ჟანგვითი ანუ შემოკლებით რედოქსი).

რედოქსპოტენციალის სიდიდე ბევრ ფაქტროზეა დამოკიდებული და გამოისახება ნერნსტის ფორმულით:

$$E_x = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[დაჟ]}{[აღდგ.]}$$

სადაც E_x არის სისტემის პოტენციალი მოცემულ კონკრეტულ პირობებში;

E_0 – მოცემული წყვილის ნორმალური პოტენციალი;

R – არის მუდმივა (8, 3151 კულონივოლტი)

T – აბსოლუტური ტემპერატურა ($273 + 30$, ე.ი. 30° ასგრადუსიანი სკალის მიხედვით);

F – ფარადეის რიცხვი (96500 კულონი);

n – რეაქციაში მონაწილე ელექტრონების რიცხვი;

\ln – ნატურალურ ლოგარითმს აღნიშნავს.

თუ ამ ფორმულაში ნატურალური ლოგარითმიდან ათობით ლოგარითმზე გადასვლისას გადაყვანის კოეფიციენტს ($\text{Ln}x=2,3026\text{Lg}x$) შევიტანთ აღნიშნული განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$E_x = E_0 + \frac{0,06}{n} \text{Lg} \frac{[\text{დაჟ.}]}{[\text{აღდგ.}]}$$

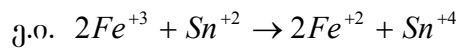
რედოქსპოტენციალზე წარმოდგენა შემდეგი მსჯელობითაც შეიძლება. თუ ხსნარი თანასწორი კონცენტრაციით შეიცავს ორ და სამ ვალენტთან რკინის იონებს და მასში ჩაუშვებენ ინერტულ ელექტროდს (პლატინას ან ოქროს) ორვალენტიანი რკინის იონების მიერ ელექტრონების გაცემის და სამვალენტიანში გადასვლის გამო ელექტროდზე წარმოიშობა პოტენციალი. ამგვარად აღძრული პოტენციალი წარმოადგენს რედოქსპოტენციალს და აღინიშნება E_0 . იგი წარმოადგენს ფარდობით სიდიდეს. სტანდარტად მიღებულია წყალბადის ატომის მიერ ელექტრონის გაცემა ანუ წყალბადის დაჟანგვა წყალბად იონად, ე.ი $H_2 = 2H^+ + 2e$ ამ რეაქციის რედოქსპოტენციალს პირობითად ნულად მიიჩნევენ, როცა წყალბად იონთა კონცენტრაცია (უფრო სწორედ აქტივობა) უდრის 1 გრამ – იონს ლიტრში და წნევა კი 1 ატმოსფეროს ტოლია. (ისევე როგორც ტემპერატურის გაზომვის დროს ყინულის დნობის ტემპერატურა პირობითად მიჩნეულია ნულის ტოლად).

რედოქსპოტენციალის სკალას აგებენ ნულიდან ორივე მხარეს. რედოქსპოტენციალის დადებითი მნიშვნელობა ნიშნავს, რომ დაჟანგული ფორმა უფრო ძლიერ დამჟანგველს წარმოადგენს, ვიდრე წყალბადის იონები, აღდგენილი ფორმა კი უფრო სუსტ აღმდგენელს, ვიდრე აირადი წყალბადი. რედოქსპოტენციალის უარყოფითი მნიშვნელობა კი გვიჩვენებს, რომ დაჟანგული ფორმა წარმოადგენს უფრო სუსტ დამჟანგველს, ვიდრე წყალბად იონები, ხოლო აღდგენილი ფორმა, როგორც აღმდგენელი უფრო ძლიერად მოქმედებს, ვიდრე აირადი წყალბადი. აქედან ცხადია, რომ რედოქსპოტენციალის დადებითი მნიშვნელობის მქონე ლითონები წყალბად-იონებს მჟავიდან არ აღადგენენ. უარყოფითი რედოქსპოტენციალის მქონე ლითონები კი აღადგენენ წყალბად იონებს. მაგ. ფტორის $E_0 = + 3,03$ ვოლტს, ცეზიუმის $E_0 = - 3,02$, ე.ი. აირადი ფტორი ყველაზე ძლიერ დამჟანგველს წარმოადგენს, ლითონური ცეზიუმი კი – ყველაზე ძლიერ აღმდგენელს.

E_0 დადებითი მნიშვნელობისათვის რეაქცია მიისწრაფის მარჯვნიდან მარცხნივ, ხოლო უარყოფითი მნიშვნელობისათვის კი მარცხნიდან მარჯვნივ.

რედოქსპოტენციალის სკალაში წყალბადს ცენტრალური ადგილი უკავია. მის ზემოთ მდებარეობენ უარყოფითი ჟანგვითი პოტენციალის მქონე წყვილები, ქვემოთ კი წყვილები დადებითი პოტენციალით.

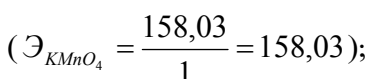
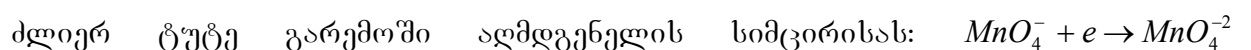
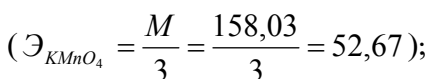
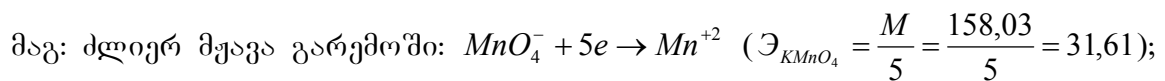
ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების განსახორციელებლად საჭიროა, რომ მასში მონაწილეობდეს მინიმუმ ორი ჟანგვა-აღდგენითი წყვილი. რაც უფრო მცირეა დადებითი და დიდია უარყოფითი რედოქსპოტენციალის სიდიდე, მით უფრო ძლიერია რეაქციის აღდგენითი ხასიათი და პირიქით, რაც უფრო დიდია რედოქსპოტენციალის დადებითი მნიშვნელობა და უფრო მცირეა უარყოფითი რედოქსპოტენციალის სიდიდე, მით უფრო ძლიერია ჟანგვითი უნარი. მაგ: Zn^{++}/Zn წყვილის $E_0 = -76$ ვოლტს, Pb^{++}/Pb წყვილის $E_0 = -13$ ვოლტს. მიუხედავად იმისა, რომ ორივე წყვილის რედოქსპოტენციალი უარყოფითია ლითონური თუთია უფრო ძლიერი აღმდგენელია, ვიდრე ტყვია. Fe^{+3}/Fe^{+2} წყვილის რედოქსპოტენციალია $E_0 = +0,77$ ვოლტს, $Sn^{+4}/Sn^{+2} = +0,15$ ვოლტს, მიუხედავად იმისა, რომ ორივე წყვილის რედოქსპოტენციალის სიდიდეებს აქვს დადებითი ნიშანი, სამვალენტო რკინა დამჟანგველის როლს შეასრულებს ორვალენტო კალას იონის მიმართ.



რედოქსპოტენციალის სკალაში მოყვანილი E_0 მნიშვნელობები მოცემულია ისეთი პირობებისათვის, როცა წყალბად-იონთა კონცენტრაცია უდრის ერთს, ე.ი. $pH=0$.

მოცულობითი ანალიზის ჟანგვა-აღდგენის მეთოდები ემყარებიან ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებს. სამუშაო ხსნარად რედოქსიმეტრიაში გამოყენებულია სხვადასხვა დამჟანგველები და აღმდგენელები.

პერმანგანატომეტრიას საფუძვლად უდევს პერმანგანატით (MnO_4^-) დაჟანგვის რეაქციები, რომელშიაც ტიტრირან სამუშაო ხსნარად გამოყენებულია კალიუმპერმანგანატი, რომლის ჟანგვითი უნარი დამოკიდებულია იმ გარემოზე, რომელშიც მიმდინარეობს რეაქცია,



ამრიგად, პერმანგანატ იონში შემავალი მანგანუმი სხვადასხვა გარემოში დებულობს ელექტრონების სხვადასხვა რაოდენობას და ამიტომ მისი ჟანგვითი ეკვივალენტი გარემოს მიხედვით სხვადასხვაა.

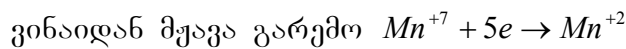
იმ მეთოდს რომელშიაც დამუხანგველად იყენებენ კალიუმისპერმანგანატს უწოდებენ პერმანგანატომეტრიას ანუ მოკლედ მანგანომეტრიას.

ეს მეთოდი პირველად გამოყენებული იყო 1846წ. ფრანგი მეცნიერის მარგერიტის მიერ ორვალენტიანი რკინის განსასაზღვრად. პერმანგანატომეტრული მეთოდით განსზღვრის დროს კალიუმისპერმანგანატი თვითონ ასრულებს ინდიკატორის როლს.

რეაქციის დამთავრება, ე.ი. ეკვივალენტური წერტილის დადგენა წარმოებს შემდეგნაირად: მუავა გარემოში აღმდგენელის ხსნარს ემატება კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი, იგი უფერულდება ხსნარში არსებული აღმდგენელის ხარჯზე. მაშინ, როცა აღმდგენელი მთლიანად დაიჟანგება პერმანგანატის ერთი ზედმეტი წვეთი ხსნარს იისფრად შეფერავს. გატიტვრას აწარმოებენ თეთრ ფონზე. (MnO_4^- - იონი იისფერია, Mn^{+2} კი უფერული).

ლაბორატორიული სამუშაო №6

0,1N კალიუმისპერმანგანატის სამუშაო ხსნარის მომზადება



$$\text{ამიტომ } \vartheta_{KMnO_4}^{0,1N} = \frac{158,03}{5 \cdot 10} = 3,161 \sim 3,2$$

0,1N $KMnO_4$ -ის ხსნარის ერთი ლიტრის მოსამზადებლად წონიან 3,2გ $KMnO_4$ -ის კრისტალებს. გადააქვთ ლიტრიან საზომ კოლბაში და ხსნიან 300-400მლ გამოხდილ წყალში. სრული გახსნის შემდეგ ხსნარს ანზავებენ ჭდემდე (ზედა მენისკით) გამოხდილი წყლით და კარგად შეანჯღრევენ.

ეს ხსნარი ვერ აკმაყოფილებს ძირითადი ნივთიერებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს, იგი არ არის ქიმიურად სუფთა, ამიტომ იგი დაახლოებით (~) 0,1N—ია.

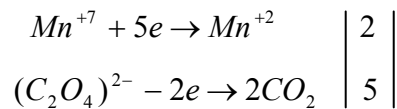
კალიუმისპერმანგანატის სამუშაო ხსნარის შესწორების კოეფიციენტის დადგენას აწარმოებენ მისი დამზადებიდან 7-10 დღის შემდეგ. ამ ხნის განმავლობაში $KMnO_4$ -ის ხსნარში მოხვედრილი ნივთიერებები (MnO_2 , NH_3 , ორგანული ნივთიერებები და სხვა) მთლიანად იჟანგება, რის გამოც $KMnO_4$ -ის კონც-ია მცირდება. 10 დღის გავლის შემდეგ კი კონც-ია ხანგრძლივად რჩება უცვლელი. ხსნარს ფილტრავენ აზბესტის ფილტრში შენახვის დროს წარმოქმნილი ნალექის მოსაცილებლად. მომზადებულ ხსნარს ინახავენ მინის საცობიან მუქ მინის ჭურჭელში ან ბნელ

ადგილას, რადგან სინათლე აჩქარებს $KMnO_4$ -ის დაშლას. $KMnO_4$ მოქმედებს რეზინის, ხის საცობზე, ქაღალდზე, ამიტომ ისინი ხსნარს არ უნდა შევახოთ.

$KMnO_4$ -ის ხსნარის შესწორების კოეფიციენტის და ტიტრის დასადგენად იყენებენ როგორც მჟაუნმჟავას, ასევე ნატრიუმის ოქსალატის ტიტრიან ხსნარს.

0,1N მჟაუნმჟავის სტანდარტული ხსნარის მომზადება

მჟაუნმჟავას დაჟანგვის რეაქცია პერმანგანატით მიმდინარეობს შემდეგი განტოლებით: $5H_2C_2O_4 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O + K_2SO_4$



აქ მჟაუნმჟავას იონი CO_2 -მდე დაჟანგვისას კარგავს ორ ელექტრონს, ამიტომ მისი გრამ-ეკვივალენტი

$$g_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = \frac{M}{2} = \frac{126,06}{2} = 63,03 \text{ გრ}$$

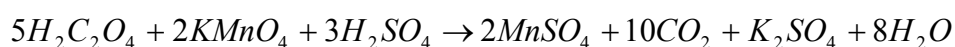
0,1N მჟაუნმჟავას ხსნარის 1 ლიტრის მოსამზადებლად ანალიზურ სასწორზე წონიან 6,303გ $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, გადააქვთ ლიტრიან საზომ კოლბაში, ხსნიან გამოსხილი წყლის მცირე რაოდენობაში და ავსებენ ჭდემდე გამოსხილი წყლით და კარგად შენჯღრევენ.

ლაბორატორიული სამუშაო №7

~0,1 N $KMnO_4$ -ის შესწორების კოეფიციენტის დადგენა

კალიუმის პერმანგანატის ხსნარს ათავსებენ მინის ონკანიან ბიურეტში. (ხსნარის 0-ზე დაყენება ხდება ზედა მენისკის მიხედვით). პიპეტით იღებენ 10მლ 0,1N მჟაუნმჟავას სტანდარტულ ხსნარს, ათავსებენ კონუსურ კოლბაში, უმატებენ 10მლ გოგირდმჟავას (1:4), ანზავებენ წყლით, აცხელებენ 70-80°-მდე და ტიტრავენ კალიუმისპერმანგანატის ხსნარით განუწყვეტელი ნჯღრევის პირობებში.

ამ დროს მიმდინარეობს რეაქცია



$KMnO_4$ -ის ხსნარის პირველი წვეთები ძნელად უფერულდება, ხოლო შემდეგ წარმოქმნილი Mn^{+2} -ის იონების ზრდასთან ერთად რეაქცია ჩქარდება. გატიტრვა დამთავრებულად ჩაითვლება, როდესაც წარმოქმნილი ღია ვარდისფერი შეფერილობა

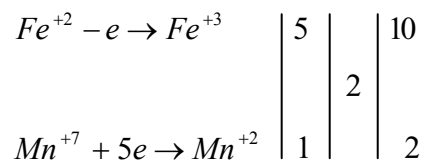
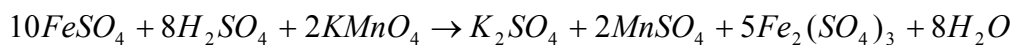
არ გაქრება 1წთ-ის განმავლობაში. (H₂SO₄-ის ნაკლები რაოდენობით მიმატების შემთხვევაში MnO₂-ის წარმოქმნის გამო ხსნრი მურა-ყავისფრად შეიმღვრევა. ამ შემთხვევაში ზრდიან H₂SO₄-ის რაოდენობას და გატიტვრას იმეორებენ). ცდას იმეორებენ რამდენჯერმე და თანხვედნილი რიცხვებიდან იღებენ საშუალოს. მიღებული მონაცემები შექვთ ცხრილში.

№	$V_{1H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}^{0,1N}$ მლ	$V_{2KMnO_4}^{0,1}$ მლ	შენიშვნა
1.	10	9,4	
2.	10	9,4	
3.	10	9,4	

$$K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{10}{9,4} = 1,06$$

**ხსნარში ორვალენტიანი რკინის იონების განსაზღვრა
(მარგერეტის მეთოდი)**

განსაზღვრის არსი მდგომარეობს Fe⁺² – იონების პერმანგანატით Fe⁺³ იონებად დაჟანგვაში. რეაქცია მუავა არეში მიმდინარეობს შემდეგი განტოლების მიხედვით:



ეს მეთოდი რკინის განსაზღვრისათვის ითვლება საუკეთესოდ, რადგან მისი საშუალებით მიიღება ზედმიწევნით სწორი შედეგი.

ანალიზის მსვლელობა. პიპეტით იღებენ რკინის სულფატის 10მლ, ანზავებენ გამოსდილი წყლით, უმატებენ 10მლ H₂SO₄ (1:4) და ტიტრავენ 0,1 N KMnO₄-ის ხსნარით მკრთალი იისფერის მიღებამდე, რომელიც არ უნდა გაქრეს 1-2წთ განმავლობაში. გატიტვრას იმეორებენ 3-5-ჯერ. სამი თანხვედრილი რიცხვიდან იღებენ საშუალოს.

№	V_{FeSO_4} მლ	$V_{KMnO_4}^{0,1N}$ მლ	შენიშვნა
1.	10	6,6	$K_{KMnO_4} = 1,06$
2.	10	6,6	$V_{KMnO_4} = 6,6 \cdot 1,06 = 6,996$
3.	10	6,6	

ვინაიდან ორვალენტიანი რკინის იონი სამვალენტიან რკინის იონად დაჟანგვისას კარგავს ერთ ელექტრონს, ამიტომ ორვალენტიანი რკინის სულფატის დაჟანგვის ეკვივალენტი ერთის ტოლია. $T_{Fe^{+2}}^{თეორ.} = \frac{56 \cdot 0,1}{1000} = 0,0056$ გ/მლ

1მლ 0,1 N $KMnO_4$ -ის ხსნარი უნდაგავს 0,0056გ Fe^{+2}

6,996მლ „-----“ x x = 0,039/გ

ვინაიდან გასატიტრავად აღებული იყო 10მლ $FeSO_4$, ამიტომ

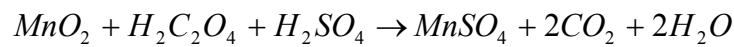
$$T_{Fe^{+2}} = \frac{0,0391}{10} = 0,00391 \text{ გ/მლ.}$$

ლაბორატორიული სამუშაო №8

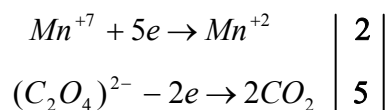
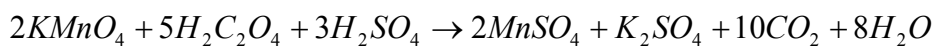
MnO_2 -ის განსაზღვრა

წმინდად დაფხვიერებულ პიროლუზიტის 0,01-0,03გ წონიან საათის მინაზე, გადააქვთ ერლენმეიერის კოლბაში, ასველებენ 1-2მლ გამოსხილი წყლით, უმატებენ 20მლ 0,1N მჟაუნმჟავის ხსნარს, 10მლ H_2SO_4 (1:4) და აცხელებენ წყლის აბაზანაზე მადნის სრულ დაშლამდე (არ უნდა ჩანდეს მადნის შავი ნაწილაკები).

პიროლუზიტის აღდგენის რეაქცია მიდის შემდეგი განტოლებით:



რეაქციის დამთავრების შემდეგ კოლბას იღებენ აბაზანიდან, ანზავებენ გამოსხილი წყლით და ტიტრავენ 0,1 N $KMnO_4$ -ის ხსნარით ჭარბ მჟაუნმჟავას, რომელიც არ შევიდა რეაქციაში.



პიროლუზიტის შემცველობა %-ში იანგარიშება ფორმულით:

$$MnO_2 = \frac{(V - V_1 \cdot K) \cdot T_{MnO_2}}{a} \cdot 100$$

სადაც a - არის აღებული პიროლუზიტის წონა

V - დამატებული $0,1N H_2C_2O_4$ -ის რაოდენობა

V_1 - გატიტვრაზე დასარჯული $0,1 N KMnO_4$ -ის რაოდენობა

K - $0,1 N KMnO_4$ -ის შესწორების კოეფიციენტი.

ახ

$$M_{MnO_2} = 86,93 \quad \mathcal{E}_{MnO_2} = \frac{86}{2}$$

$$T_o(MnO_2) = \frac{86 \cdot 0,1}{2 \cdot 1000} = 0,0043$$

$$\begin{array}{l} \text{იმდ } 0,1 N KMnO_4\text{-ის } \text{-----} 0,0043 \\ (v - v_1 \cdot k) \text{-----} x \end{array} \quad \left| \quad x = \delta \right.$$

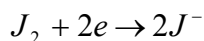
$$\begin{array}{l} \text{თუ } a - \delta \\ 100 - y \end{array} \quad \left| \quad y = \%MnO_2 \right.$$

სადაც a არის აღებული MnO_2 -ის წონა გრ.

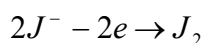
იოდომეტრია

მოცულობითი ანალიზის იმ მეთოდს, რომელიც ნივთიერებათა რაოდენობის განსაზღვრას აწარმოებს გამოყოფილი ან შთანთქმული იოდის მიხედვით უწოდებენ იოდომეტრიას. იოდომეტრიის მეთოდი დამყარებულია შემდეგ ორ რეაქციაზე:

1. თავისუფალი იოდის იოდიდ იონებამდე აღდგენის რეაქციაზე

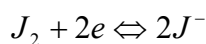


2. იოდიდ იონების იოდად დაჟანგვის რეაქციაზე



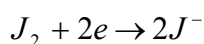
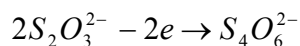
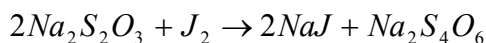
პირველ რეაქციაში იოდი დამჟანგველია, მეორეში კი აღმდგენელი. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებში ჰალოგენებს შორის ყველაზე მცირე ჟანგვითი პოტენციალის მქონე იოდი ართმევს ელექტრონებს ისეთ ნივთიერებას (ე.ი. აღმდგენელს), რომელიც ადვილად გასცემს ელექტრონებს და ამიტომ იოდი წარმოადგენს დამჟანგველს. იოდანი იონები კი ისეთ ნივთიერებათა გავლენით, რომელსაც უნარი აქვთ შეიძინონ ელექტრონები (ე.ი. დამჟანგველები), ადვილად გასცემენ ელექტრონებს და ამიტომ აღმდგენელის როლს ასრულებენ.

ამრიგად, ყველა იოდომეტრული განსაზღვრისათვის დამახასიათებელია შემდეგი ჟანგვა-აღდგენის წონასწორობა:



J_2/J^- წყვილის ჟანგვითი პოტენციალი $E_o = +0,54$ ვოლტს.

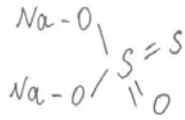
ძირითადი რეაქცია, რომელიც საფუძვლად უდევს იოდომეტრიას არის რეაქცია თიოსულფატსა და იოდს შორის.



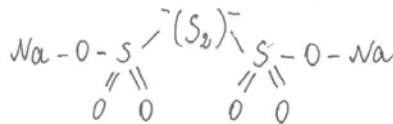
რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ნატრიუმის ტეტრათიონატი. ამ რეაქციიდან ჩანს, რომ ნატრიუმის თიოსულფატის იოდით დაჟანგვისას 2 მოლეკულა $Na_2S_2O_3$ ანუ $2S_2O_3$ -იონი კარგავს 2 ელექტრონს, რომელსაც J_2 მოლეკულა იძენს.

ამიტომ ნატრიუმის თიოსულფატის გრამ ეკვივალენტი

გ. ო. $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O = \frac{M}{1} = 248,19$ გ მისი სტრუქტურული ფორმულაა:



ნატრიუმის ტეტრათიონატის სტრუქტურული ფორმულა კი შემდეგია:



განვიხილოთ თიოსულფატის ხსნარის იოდის ხსნარით გატიტრება და იოდის ხსნარის თიოსულფატით გატიტრება.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -ის ხსნარის I_2 ხსნარის გატიტრებისას ხდება იოდის ხსნარისათვის დამახასიათებელი ფერის მყისვე გაქრობა. როცა ხსნარში მყოფი $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -ის მთელი რაოდენობა დაიჟანგება, I_2 -ის ხსნარის მხოლოდ ერთი წვეთიც შეფერავს გასატიტრავ ხსნარს მკრთალ ყვითელ ფერად. გატიტრების დასასრულს იოდით შეფერვა საკმაოდ სუსტია და ამიტომ ეკვივალენტური წერტილის დადგენა გაძნელებულია. ეკვივალენტური წერტილის ზუსტი დადგენისათვის იყენებენ სახამებლის ხსნარს, რომელიც იოდთან ლურჯ შეფერვას იძლევა.

სახამებლის თანაობით რეაქცია უნდა ჩაითვალოს დამთავრებულად მაშინ, როდესაც იოდის ერთი ზედმეტი წვეთის დამატებით წარმოშობილი ლურჯი შეფერილობა აღარ გაქრება.

იოდის ხსნარის თიოსულფატით გატიტრებისას ეკვივალენტური წერტილი მიღწეული იქნება მაშინ, როცა თიოსულფატის უკანასკნელი წვეთი გამოიწვევს ლურჯი ხსნარის გაუფერულებას. ასეთი წესით გატიტრებისას სახამებელს უმატებენ გატიტრების ბოლოს, როცა იოდის რაოდენობა მცირე რჩება და გასატიტრავ ხსნარს აქვს სუსტი შეფერვა (ჩალისფერ-ყვითელი). თუ სახამებელი დამატებული იქნა ადრე, ე.ი. როცა ხსნარში ჭარბადაა იოდი, მაშინ დიდი რაოდენობით წარმოშობილი იოდსახამებლის ხსნარი თიოსულფატთან დამუხრუჭდება, რაც ხსნარის გადატიტრებას გამოიწვევს.

ლაბორატორიული სამუშაო №9

0,1 N იოდის ხსნარის მომზადება

$$0,1 \text{ N იოდის ეკვივალენტი } \Theta = \frac{126,9}{1 \cdot 10} = 12,69$$

იოდის ტიტრიანი ხსნარის დასამზადებლად ზუსტად წონიან ზერთვილივით გასუფთავებულ მშრალ იოდის განსაზღვრულ რაოდენობას, ხსნიან მას KJ-ის ხსნარში და ანზავებენ წყლით გარკვეულ მოცულობამდე. სასწავლო ლაბორატორიებში იოდის ხსნარის ასეთი წესით მომზადება რთულია, რადგან გასაყიდი (ტექნიკური) იოდი სხვადასხვა მინარევებს შეიცავს, ამიტომ იოდს წინასწარ ასუფთავებენ აქროლივით (სუბლიმაციით). წარმოქმნილი ორთქლის გაცივებისას ნივთიერება აირად მდგომარეობიდან, გათხევადების გარეშე უშუალოდ გადადის მყარ მდგომარეობაში (ზერთვილვა). პრაქტიკულად უფრო ადვილია დამზადების შემდეგი წესი. გასაყიდ კრისტალურ იოდს 12,7გ წონიან ტექნიკურ სასწორზე. გადააქვთ ქიმიურ ჭიქაში, უმატებენ 40გ KJ და 25მლ წყალს. ნარევს ურევინ და როცა იოდი მთლიანად გაიხსნება, ხსნარს ათავსებენ ლიტრიან საზომ კოლბაში და ანზავებენ წყლით ჭდემდე. დამზადებულ ხსნარს ინახავენ მილესილსაცობიან მუქ ჭურჭელში, რომელსაც უკეთებენ წარწერას. იოდის ტიტრს ადგენენ თიოსულფატის მიხედვით.

0,1N $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ხსნარის მომზადება

$$g. \Theta. Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O = \frac{M}{1} = \frac{248,19}{1} = 248,19g$$

0,1N ხსნარის მოსამზადებლად საჭიროა 24,819გ თიოსულფატი, მაგრამ ვინაიდან ნატრიუმის თიოსულფატი არ აკმაყოფილებს ძირითადი ნივთიერებებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს, მისგან ამზადებენ დაახლოებით ~0,1N ხსნარს რისთვისაც წონიან 25გ თიოსულფატს (ან იღებენ ფიქსონალს) ხსნიან გამოსხილ წყალში და გადააქვთ ლიტრიან საზომ კოლბაში, ანზავებენ გამოსხილი წყლით ჭდემდე, გადააქვთ მუქი ფერის ჭურჭელში, რათა არ დაიშალოს. ერთი დღის შემდეგ ახდენენ მისი შესწორების კოეფიციენტის დადგენას.

სახამებლის ხსნარის დამზადება

სახამებლის ხსნარის დასამზადებლად სხვადასხვა წესი არსებობს. უფრო გამოსაყენებელია შემდეგი წესი. 50მლ გლიცერინის და 50მლ გამოსხილი წყლის

ნარეკს აცხელებენ ადუღებამდე. ამ ხსნარს მორევისას უმატებენ 1გ სახამებელს, რომელიც 2-3მლ წყალშია გახსნილი. ადუღებენ 2-3 წუთს. ინდიკატორი მდგრადია 6 თვის განმავლობაში. კარგად დამზადებული ხსნარი 0,1N იოდის ხსნარის ერთ წვეთთან უნდა იძლეოდეს ლურჯ შეფერვას. თუ წარმოიშვა იისფერ-წითელი შეფერვა, ასეთი სახამებლით სარგებლობა არ შეიძლება და საჭიროა მისი შეცვლა. ინდიკატორის გამოყენება შეიძლება მხოლოდ ცივი ხსნარების გატიტრისას, რადგან იოდ-სახამებლის რეაქციის მგრძობელობა ეცემა ტემპერატურის ზრდასთან ერთად.

ლაბორატორიული სამუშაო №10

0,1N $Na_2S_2O_3$ -ის შესწორების კოეფიციენტის დადგენა

10მლ იოდის 0,1N ტიტრიან ხსნარს პიპეტის საშუალებით ათავსებენ კონუსურ კოლბაში, ანზავებენ იმავე მოცულობის გამოსხილი წყლით და ტიტრავენ 0,1N $Na_2S_2O_3$ -ის სამუშაო ხსნარით ჩალისფერ-ყვითელ შეფერვამდე. შემდეგ უმატებენ 2მლ სახამებლის ხსნარს. აგრძელებენ გატიტრას წარმოქმნილი ლურჯი ფერის ხსნარის გაუფერულებამდე. გატიტრას იმეორებენ სამჯერ და თანხვედნილი რიცხვებიდან იღებენ საშუალოს.

$$K_{Na_2S_2O_3} = \frac{V_{J_2}}{V_{Na_2S_2O_3}}$$

სადაც V არის $Na_2S_2O_3$ -ის მოცულობა, რომელიც დაიხარჯა 10მლ იოდის ხსნარის გატიტრაზე.

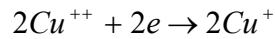
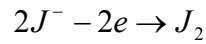
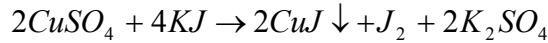
(თუ ხსნარი მომზადებულია ფიქსონალიდან, მაშინ მისი $K = 1$).

№	$V_{\text{იოდი მლ}}^{0,1N}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	შენიშვნა
1.	10	11,6	
2.	10	11,6	
3.	10	11,6	

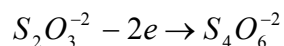
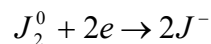
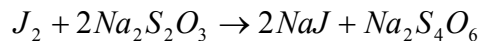
$$K_{Na_2S_2O_3} = \frac{10}{11,6} = 0,86$$

ხსნარში Cu^{2+} კონცენტრაციის განსაზღვრა

სპილენძის იოდომეტრულ განსაზღვრის მეთოდს საფუძვლად უდევს შემდეგი რეაქცია:



ამ რეაქციაში Cu^{++}/Cu^+ რედოქსპოტენციალი $E_0=+0,17v$, $J_2/2J^-$ რედოქსპოტენციალი $E_0=+0,54v$. რედოქსპოტენციალების სიდიდეთა მიხედვით მოსალოდნელი იყო აღნიშნული რეაქციის პირუკუ მსვლელობა, რადგან იოდის E_0 უფრო დიდია და იოდი უფრო ძლიერი დამჟანგველია, ვიდრე ორვალენტიანი სპილენძის იონი. სინამდვილეში კი რეაქცია მიმდინარეობს მარცხნიდან მარჯვნივ. ეს აიხსნება იმით, რომ რეაქციის შედეგად ძნელადხსნადი სპილენძი (I) იოდის ნალექი მიიღება. ამიტომ ერთვალენტიანი სპილენძის იონთა კონცენტრაცია ორვალენტიანი სპილენძის იონთა კონცენტრაციასთან შედარებით უმნიშვნელოა. ერთვალენტიანი სპილენძის იონთა ძნელადხსნადი ნალექის სახით შებოჭვა იწვევს მისი კონცენტრაციის მკვეთრ შემცირებას და Cu^{++}/Cu^+ სისტემის რედოქსპოტენციალის ზრდას $+0,77v$ -მდე (გამოთვლილია ნერნსტის განტოლებით), რადგან ეს სიდიდე $J_2/2J^-$ სისტემის რედოქსპოტენციალის სიდიდეზე მეტია, ამიტომ რეაქცია $CuSO_4$ და KJ -ს შორის მიმდინარეობს მარცხნიდან მარჯვნივ პრაქტიკულად ბოლომდე. ამ რეაქციის დროს გამოყოფილი იოდის რაოდენობა, რომელიც ორვალენტიანი სპილენძის რაოდენობის ეკვივალენტურია, იტიტრება ნატრიუმის თიოსულფატით.



განსაზღვრის მსვლელობა. საანალიზო $CuSO_4$ -ის ხსნარის 10მლ-ს პიპეტის საშუალებით ათავსებენ კონუსურ კოლბაში, ანზავებენ გამოხდილი წყლით, უმატებენ ერთ გრამამდე KJ -ის ფხენილს და რეაქციის დასამთავრებლად თავდახურულს ინახავენ ბნელ ადგილას 5 წუთის განმავლობაში. რეაქციის შედეგად გამოყოფილ იოდს ტიტრავენ 0,1N თიოსულფატის ხსნარით ჩალისფერ-ყითელ შეფერვამდე. შემდეგ უმატებენ 2-3მლ სახამებლის ხსნარს და განაგრძობენ ღურჯად შეფერილი ხსნარის

გატიტვრას თეთრ-მოყვითალო შეფერვამდე. ეკვივალენტური წერტილის მიღწევის შემდეგ ხსნარი არაა გამჭვირვალე მასში ერთვალენტიანი სპილენძის იოდიდის არსებობის გამო. ცდას იმეორებენ სამჯერ და თანხვედნილი რიცხვებიდან იღებენ საშუალოს.

მიღებული შედეგები არ ჩამოუვარდება ელექტროლიზით მიღებულ შედეგს. ამავე დროს გაცილებით სწრაფია.

№	V_{CuSO_4} მლ	$V_{Na_2S_2O_3}^{0,1}$ მლ	შენიშვნა
1.	10	3,3	$Na_2S_2O_3$ -ის
2.	10	3,3	ხსნარი მომზადდა
3.	10	3,3	ფიქსონალიდან, ამიტომ $K=1$

ანგარიში.

$$\vartheta_{Cu} = \frac{63,54}{1} = 63,54$$

$$T_{Cu^{++}}^{თეორ} = \frac{N \cdot \vartheta}{1000} = \frac{0,1 \cdot 63,54}{1000} = 0,006354 \text{ გ/მლ}$$

$$1 \text{ მლ } 0,1N \text{ } Na_2S_2O_3 \text{ ----- } 0,006354 \text{ გ } Cu^{++}$$

$$3,3 \text{ მლ ----- } x$$

$$x = \frac{3,3 \cdot 0,006354}{1} = 0,0209 \text{ გ}$$

$$T_{Cu^{++}}^{პრაქტ} = \frac{X}{10} = \frac{0,0209}{10} = 0,00209 \text{ გ/მლ}$$

ლაბორატორიული სამუშაო №11

II ტესტირება

1. რას უდრის მანგანუმის დაჟანგულობის ხარისხი კალიუმის პერმანგანატში?

- 1) +4; 2) +7; 3) +5; 4) +2.

2. მოცემული რეაქციებიდან რომელია ჟანგვა-აღდგენის?



3. გვიჩვენეთ იონი, რომელიც ასრულებს მხოლოდ დამჟანგავის ფუნქციას?

- 1) Cl^- ; 2) J^- ; 3) MnO_4^- ; 4) Br^- .

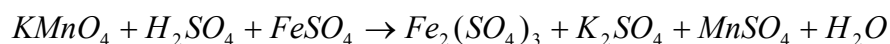
4. რომელ შემთხვევაში მიმდინარეობს საწყისი ნივთიერების დაჟანგვა?



5. რამდენ ელექტრონს იერთებს MnO_4^- -ის იონი მჟავე გარემოში?

- 1) 7; 2) 4; 3) 5; 4) 2.

6. რეაქციაში



დასვით კოეფიციენტები და გვიჩვენეთ მათი ჯამი:

- 1) 36; 2) 40; 3) 18; 4) 34.

7. გამოიანგარიშეთ 0,25 N კალიუმის პერმანგანატის ხსნარის ტიტრი:

- 1) 0,003161; 2) 0,006322; 3) 0,02615; 4) 0,007902.

8. რამდენი გ კალიუმის პერმანგანატი უნდა ავწონოთ 0,6 N $KMnO_4$ -ის 150მლ დასამზადებლად:

- 1) 12, 1513; 2) 3,161; 3) 2,8449; 4) 18,966.

9. 13მლ 0,1 N მჟაუნმჟავას ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა 9,3მლ ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატი. რას უდრის კალიუმის პერმანგანატის შესწორების კოეფიციენტი (K_{KMnO_4})?

- 1) 1,3978; 2) 0,7153; 3) 1,1255; 4) 0,9328.

10. 6მლ რკინის (II) სულფატის ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატის 4,7მლ ($K_{KMnO_4} = 1,02$) გამოთვალეთ საანალიზო ხსნარის ტიტრის რკინის მიხედვით:

- 1) 0,000321; 2) 0,004461; 3) 0,02164; 4) 0,34452.

11. რომელი პროდუქტი წარმოიქმნება მჟავა გარემოში პერმანგანატიონის აღდგენის დროს?

- 1) MnO_4^{2-} ; 2) Mn^{2+} ; 3) $Mn(OH)_2$; 4) MnO_2 .

12. მანგანუმის რომელი ნაერთის წყალხსნარი იძლევა იისფერ შეფერვას?

- 1) მანგანუმის ორჟანგი; 3) კალიუმის პერმანგანატი;
2) მანგანუმის ქლორიდი; 4) კალიუმის სულფატი.

13. გამოიანგარიშეთ კალიუმის პერმანგანატის ეკვივალენტი ტუტე გარემოში:

- 1) 49,11; 2) 40,53; 3) 52,67; 4) 31,61.

14. რამდენი გ მჟაუნმჟავა უნდა ავწონოთ $0,25N H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 300მლ დასამზადებლად?

- 1) 0,7332; 2) 6,91212; 3) 15,7575; 4) 4,72725.

15. 12მლ 0,1 N მჟაუნმჟავას ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა 13,4მლ ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატი. გამოიანგარიშეთ $KMnO_4$ -ის შესწორების კოეფიციენტი (K_{KMnO_4})

- 1) 0,8955; 2) 1,11666; 3) 0,9834; 4) 1,021.

16. რამდენი გ რკინაა 1მლ რკინის სულფატში, თუ ამ ხსნარის 14მლ-ის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატის 16,4მლ ($K_{KMnO_4} = 1,04$)?

- 1) 0,68021; 2) 0,00680; 3) 0,04732; 4) 0,33246.

17. რომელ მოცემულ გარდაქმნაში მიმდინარეობს საწყისი ნივთიერების აღდგენა?

- 1) $P \rightarrow H_3PO_4$; 3) $MnO_2 \rightarrow MnSO_4$;
2) $H_2S \rightarrow H_2SO_4$; 4) $HCl \rightarrow Cl_2$.

18. გამოიანგარიშეთ 0,2 N კალიუმის პერმანგანატის ხსნარის ტიტრი მუავა გარემოში:

- 1) 0,013521; 2) 0,006322; 3) 0,003161; 4) 0,4031.

19. რამდენი გრამი მუაუნმუავა უნდა ავწონოთ, რომ მოვამზადოთ 0,4 N $H_2C_2O_4 \cdot 2 H_2O$ 450მლ ხსნარი?

- 1) 25,212; 2) 11,3454; 3) 4,7275; 4) 26,2860.

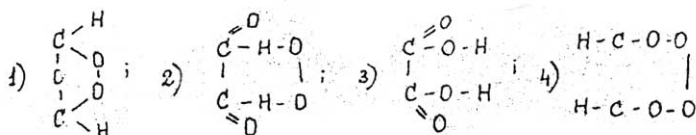
20. 18მლ რკინის (II) სულფატის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატის 16,4მლ ($K_{KMnO_4} = 1,04$). გამოიანგარიშეთ რამდენი გ რკინაა 1მლ საანალიზო ხსნარში:

- 1) 0,005291; 2) 0,043992; 3) 0,09442; 4) 0,33210.

21. რისი ტოლია მანგანუმის დაჟანგულობის ხარისხი მანგანუმის ორჟანგში (MnO_2):

- 1) +7; 2) +6; 3) +2; 4) +4.

22. რომელია მუაუნმუავას სწორი გრაფიკული ფორმულა?



23. 15მლ 0,1 N მუაუნმუავას ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატის 13,2მლ ხსნარი. რას უდრის $KMnO_4$ -ის შესწორების კოეფიციენტი (K_{KMnO_4})?

- 1) 0,88; 2) 1,5322; 3) 1,1363; 4) 0,9831.

24. რომელი იონი ასრულებს პერმანგანომეტრიაში ინდიკატორის როლს?

- 1) MnO_4^{--} ; 2) Mn^{2+} ; 3) MnO_4^- ; 4) K^+ .

25. გამოიანგარიშეთ 0,6 N კალიუმის პერმანგანატის ხსნარის ტიტრი:

- 1) 0,04321; 2) 0,9130; 3) 0,003161; 4) 0,018966.

26. რამდენი გრამი კალიუმის პერმანგანატი უნდა ავწონოთ 2N კალიუმის პერმანგანატის 500მლ დასამზადებლად:

- 1) 31,61; 2) 63,22; 3) 3,16; 4) 32,16.

27. 7მლ მუაუნმუავას 0,1 N ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატის ხსნარის 8,5 მლ. რას უდრის კალიუმის პერმანგანატის ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი (K_{KMnO_4})?

- 1) 1,2142; 2) 0,8235; 3) 1,0134; 4) 0,9932.

28. 17მლ რკინის სულფატის (II) გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატის 13,3მლ ($K_{KMnO_4} = 1,2$), გამოთვალეთ რკინის (II) ტიტრი საანალიზო ხსნარში:

- 1) 0,02542; 2) 0,005242; 3) 0,000384; 4) 0,000224.

29. რის როლს ასრულებს MnO_4^- -ის იონი ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებში:

- 1) მხოლოდ დამჟანგავის; 3) როგორც დამჟანგავის, ისე აღმდგენის;
2) მხოლოდ აღმდგენის; 4) არ იცვლის დაჟანგულობის ხარისხს?

30. რამდენი გ კალიუმის პერმანგანატი უნდა ავწონოთ 0,4N კალიუმის პერმანგანატის ხსნარის 2 ლიტრის დასამზადებლად:

- 1) 3,161; 2) 12,64; 3) 25,28; 4) 31,61.

31. რამდენი გრამი რკინაა (II) 1მლ რკინის სულფატში, თუ ამ ხსნარის 18მლ გატიტვრაზე დაიხარჯა 16,2მლ ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატი ($K_{KMnO_4} = 1,1$)?

- 1) 0,40312; 2) 0,005528; 3) 0,031241; 4) 0,112374.

32. რეაქციაში



დასვით კოეფიციენტები და გვიჩვენეთ რიცხვი, რომელიც დაწერილია აზოტმუავას წინ: 1) 2; 2) 5; 3) 6; 4) 3.

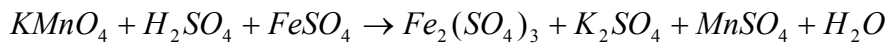
33. რომელი ხსნარია გამოყენებული სტანდარტულ ხსნარად პერმანგანატმეტრიაში?

- 1) 0,1 N პერმანგანატი; 2) 0,1 N მჟაუნმჟავა;
 2) მანგანუმის სულფატი; 4) მანგანუმის პერსულფატი.

34. გვიჩვენეთ დისპროპორციონირების (თვითჟანგვა-თვითაღდგენის) რეაქცია:

- 1) $4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$; 3) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$;
 2) $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$; 4) $Fe + CuSO_4 = Cu + FeSO_4$.

35. რეაქციაში



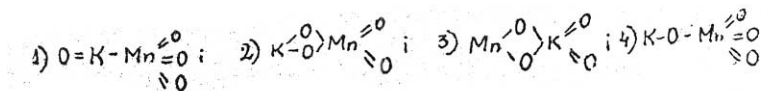
დასვით კოეფიციენტები და გვიჩვენეთ რიცხვი, რომელიც დაწერილია დასაჯანგი ნივთიერების წინ:

- 1) 5; 2) 2; 3) 10; 4) 8.

36. რას უდრის კალიუმის პერმანგანატის შესწორების კოეფიციენტი (K_{KMnO_4}) თუ 0,1 N მჟაუნმჟავას 11მლ-ის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~ 0,1 N $KMnO_4$ -ის 9,6მლ:

- 1) 1,3154; 2) 0,7392; 3) 1,1458; 4) 0,8727.

37. რომელია კალიუმის პერმანგანატის სწორი გრაფიკული ფორმულა?



38. რამდენი გ კალიუმის პერმანგანატი უნდა ავწონოთ, რომ მოვამზადოთ 0,3 N კალიუმის პერმანგანატის 600მლ ხსნარი:

- 1) 2,8449; 2) 5,6898; 3) 18,966; 4) 26,1734.

39. 13მლ რკინის (II) სულფატის ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა 9,5მლ ~0,1 N კალიუმის პერმანგანატი ($K_{KMnO_4} = 1,1$). გამოიანგარიშეთ ორვალენტიანი რკინის ტიტრი:

- 1) 0,023711; 2) 0,43844; 3) 0,05451; 4) 0,004488.

40. რას უდრის ქრომის დაჯანგულობის რიცხვი კალიუმის ბიქრომატში – $K_2Cr_2O_7$?

- 1) +6; 2) +7; 3) +4; 4) +2.

41. რკინის (II) სულფატსა და კალიუმის პერმანგანატს შორის ურთიერთქმედების შედეგად გოგირდმჟავა გარემოში, რკინის რომელი მარილი წარმოიქმნება?

- 1) FeS ; 2) $Fe_2(SO_4)_3$; 3) $FeSO_3$; 4) $Fe(MnO_4)_2$.

42. რომელი ხსნარის მისედევით ვაღვენთ კალიუმის პერმანგანატის შესწორების კოეფიციენტს?

- 1) ღვინისმჟავა; 3) მჟაუნმჟავა;
2) მარილმჟავა; 4) ძმარმჟავა.

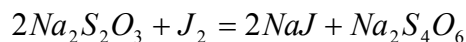
43. რომელ ხსნარს ხმარობენ იოდომეტრიულ მეთოდში სამუშაო ხსნარად?

- 1) ნატრიუმის სულფატის; 3) ნატრიუმის თიოსულფატის;
2) კალიუმის პერმანგანატის; 4) ნატრიუმის ტუტის.

44. სპილენძის იოდომეტრიული განსაზღვრისას რა ფერის მიღებამდე ვტიტრავთ საანალიზო ხსნარს სახამებლის დამატების შემდეგ?

- 1) ნარინჯისფერი; 3) თეთრი;
2) ვარდისფერი; 4) ლურჯი.

45. მოცემულ რეაქციაში



რომელი ელემენტი ან ნივთიერება აღდგება?

- 1) ნატრიუმი; 2) გოგირდი; 3) ჟანგბადი; 4) იოდი.

46. სპილენძის სულფატსა და კალიუმის იოდიდის ურთიერთქმედების შედეგად რომელი პროდუქტები მიიღება?

- 1) $CuJ + J_2 + K_2SO_4$; 3) $CuJ_2 + K_2SO_4$;
2) $CuS + J_2 + K_2S$; 4) $J_2 + Cu_2S + K_2SO_4$.

47. რა ეწოდება $Na_2S_4O_6$ -ს?

- 1) ნატრიუმის ტეტრათიონატი; 3) ნატრიუმის პერსულფატი;
2) ნატრიუმის თიოსულფატი; 4) ნატრიუმის სულფატი.

48. რას უდრის ნატრიუმის თიოსულფატის ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) გრამ-მოლი?

- 1) 124,1გ; 2) 248,19გ; 3) 345,11; 4) 69,24გ.

49. გამოიანგარიშეთ ნატრიუმის თიოსულფატის შესწორების კოეფიციენტი, თუ 8მლ 0,1 N იოდის ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N ნატრიუმის თიოსულფატის 9,6მლ?

- 1) 1,2; 2) 0,7543; 3) 1,6; 4) 0,8333.

50. რომელი ელემენტის ეკვივალენტურია სპილენძის სულფატის და კალიუმის იოდიდის ურთიერთქმედების შედეგად გამოყოფილი იოდი?

- 1) კალიუმის; 2) ჟანგბადის; 3) სპილენძის; 4) გოგირდის.

51. რომელ ინდიკატორს ვიყენებთ იოდომეტრიაში?

- 1) მეთილნარინჯის; 3) მურექსიდს;
2) სახამებელს; 4) ფენოლფთალეინს.

52. გამოიანგარიშეთ სპილენძის სულფატის ტიტრი Cu^{2+} -ის მიხედვით, თუ ამ ხსნარის 11 მლ-ის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N ნატრიუმის თიოსულფატის 3,5 მლ ($K_{Na_2S_2O_3} = 1,1$)?

- 1) 0,004204; 2) 0,031241; 3) 0,007421; 4) 0,002223.

53. რა ფერის ნაერთს იძლევა სახამებლის ხსნარი თავისუფალ იოდთან?

- 1) წითელს; 2) ლურჯს; 3) ყვითელს; 4) მწვანეს.

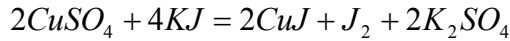
54. სპილენძის (II) იოდომეტრიული განსაზღვრისას რა ფერის მიღებამდე ვტიტრავთ საანალიზო ხსნარს სახამებლის დამატებამდე?

- 1) თეთრი; 2) ჩაღისფერი; 3) ლურჯი; 4) ჟოლოსფერი.

55. რომელი პროდუქტები წარმოიქმნება ნატრიუმის თიოსულფატის და იოდის ხსნარების ურთიერთქმედების შედეგად?

- 1) $NaI + Na_2S_4O_6$; 3) $NaI + Na_2SO_4$;
2) $SO_2 + NaI$; 4) $Na_2SO_3 + NaIO_3$.

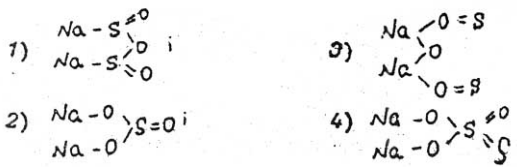
56. მოცემულ რეაქციაში:



რომელია დამჟანგავი?

- 1) სპილენძი; 2) კალიუმი; 3) იოდი; 4) გოგირდი.

57. რომელია ნატრიუმის თიოსულფატის სწორი გრაფიკული ფორმულა?



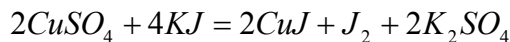
58. რას უდრის ნატრიუმის თიოსულფატის ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) გრამ-ეკვივალენტი?

- 1) 214,1გ; 2) 341,2გ; 3) 248,19გ; 4) 124,1გ.

59. გამოიანგარიშეთ ნატრიუმის თიოსულფატის შესწორების კოეფიციენტი, თუ 0,1 N იოდის ხსნარის 13 მლ-ის გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1 N ნატრიუმის თიოსულფატის 10,7მლ:

- 1) 0,8230; 2) 1,6120; 3) 1,2149; 4) 0,7410.

60. გამოიანგარიშეთ სპილენძის ეკვივალენტი მოცემული რეაქციის მიხედვით:



- 1) 31,77; 2) 63,54; 3) 65,01; 4) 32,91.

61. გამოიანგარიშეთ საკვლევი ხსნარის ტიტრი სპილენძის მიხედვით, თუ ამ ხსნარის 25მლ-ის გატიტვრაზე დაიხარჯა 12,5მლ ~0,1N ნატრიუმის თიოსულფატი ($K_{Na_2S_2O_3} = 0,88$)?

- 1) 0,008741; 2) 0,031442; 3) 0,002795; 4) 0,005412.

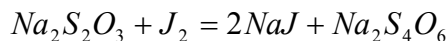
62. რომელი ქვემოთ მოყვანილი იონი განსაზღვრეთ იოდომეტრიული მეთოდით?

- 1) Na^+ ; 2) Zn^{2+} ; 3) Cu^{2+} ; 4) Ca^{2+} .

63. სპილენძის იოდომეტრიული განსაზღვრისას კალიუმის იოდიდის დამატების შემდეგ რა ფერს იღებს საანალიზო ხსნარი?

- 1) ლურჯი; 2) მოყავისფერი; 3) მოყვითალო; 4) მწვანე.

64. მოცემულ რეაქციაში:



რომელი იონი იჟანგება?

- 1) ნატრიუმის; 2) იოდის; 3) გოგირდის; 4) თიოსულფატის.

65. რომელი პროდუქტები მიიღება სპილენძის სულფატსა და კალიუმის იოდის შორის ურთიერთქმედების შედეგად?

- 1) $K_2SO_4 + J_2 + S$; 3) $CuJ_2 + K_2SO_4$;
2) $CuJ + S + K_2SO_4$; 4) $CuJ + J_2 + K_2SO_4$.

66. რა ეწოდება $Na_2S_2O_3$ -ს?

- 1) ნატრიუმის ტეტრათიონატი; 3) ნატრიუმის თიოსულფატი;
2) ნატრიუმის პერსულფატი; 4) ნატრიუმის სულფიდი.

67. რამდენი გრამი მარილია საჭირო 500მლ 1 N ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარის დასამზადებლად?

- 1) 248,2გ; 2) 124,1გ; 3) 324გ; 4) 412,2გ.

68. 0,1N იოდის ხსნარის 15მლ გატიტვრაზე დაიხარჯა ~0,1N ნატრიუმის თიოსულფატის 13,5მლ. რას უდრის ნატრიუმის თიოსულფატის შესწორების კოეფიციენტი ($K_{Na_2S_2O_3}$)?

- 1) 0,9; 2) 1,912; 3) 1,111; 4) 0,7922.

69. რომელი რეაქცია უდევს საფუძვლად სპილენძი (II) იოდომეტრიულ განსაზღვრას?

- 1) $CuCl_2 + 2AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2AgCl \downarrow$;
2) $2CuSO_4 + 4KJ = 2CuJ + J_2 + 2K_2SO_4$;
3) $CuSO_4 + 2KJ = CuJ_2 + K_2SO_4$;
4) $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$.

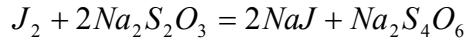
70. სპილენძის (II) შემცველი საანალიზო ხსნარის 16მლ გატიტვრაზე დაიხარჯა 7,6მლ ნატრიუმის თიოსულფატის ~0,1 N ხსნარი ($K_{Na_2S_2O_3} = 1,02$). გამოიანგარიშეთ საკვლევი ხსნარის ტიტრი სპილენძის მიხედვით:

- 1) 0,09351; 2) 0,009211; 3) 0,003078; 4) 0,007431.

71. რომელი ნივთიერება იტიტრება ნატრიუმის თიოსულფატით სპილენძის იოდომეტრიული განსაზღვრისას?

- 1) იოდი;
- 2) კალიუმის სულფატი;
- 3) კალიუმის იოდიდი;
- 4) სპილენძის სულფატი.

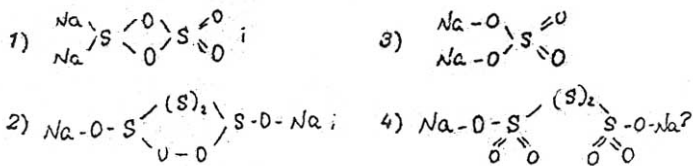
72. რეაქციაში



რომელია დამჟანგავი?

- 1) გოგირდი;
- 2) იოდი;
- 3) ნატრიუმი;
- 4) ჟანგბადი.

73. რომელია ნატრიუმის ტეტრათიონატის სწორი გრაფიკული ფორმულა?



74. რომელ ნივთიერებას ხმარობენ იოდომეტრიაში აღმდგენად Cu-ის შემცველობის განსაზღვრის დროს?

- 1) კალიუმის იოდიდს;
- 2) სპილენძის სულფატს;
- 3) ნატრიუმის თიოსულფატს;
- 4) იოდს.

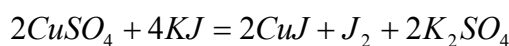
75. გამოიანგარიშეთ რამდენი გრამი სპილენძია 1მლ სპილენძის სულფატის ხსნარში, თუ 14მლ საანალიზო ხსნარის გატიტრებაზე დაიხარჯა 7,8მლ ~0,1N ნატრიუმის თიოსულფატი ($K_{Na_2S_2O_3} = 0,98$):

- 1) 0,005143;
- 2) 0,003469;
- 3) 0,006312;
- 4) 0,120214.

76. რომელ ნივთიერებას ვუმატებთ საანალიზო ხსნარს სპილენძის იოდომეტრიული განსაზღვრისათვის?

- 1) კალიუმის პერმანგანატს;
- 2) კალიუმის იოდიდს;
- 3) კალციუმის ფოსფატს;
- 4) ამონიუმის პერსულფატს.

77. მოცემულ რეაქციაში



რომელი იონი იჟანგება?

- 1) Cu^{2+} -ის;
- 2) K^+ -ის;
- 3) J^- -ის;
- 4) SO_4^- -ის.

78. გამოთვალეთ რამდენი გრ სპილენძია 1მლ სპილენძის სულფატის ხსნარში, თუ ამ ხსნარის 9 მლ-ის გატიტვრაზე დაიხარჯა 2,8 მლ ნატრიუმის თიოსულფატი ($K_{Na_2S_2O_3} = 1,1$):

- 1) 0,002174; 2) 0,019742; 3) 0,006412; 4) 0,008164.

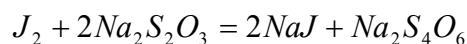
79. რომელი ხსნარით ხდება გამოყოფილი იოდის გატიტვრა სპილენძის იოდომეტრიული განსაზღვრისას?

- 1) კალიუმის პერმანგანატის; 3) ნატრიუმის ტეტრათიონატის;
2) ნატრიუმის თიოსულფატის; 4) ნატრიუმის ბიქრომატის.

80. რა ფერის არის სახამებლის ნაერთი იოდთან:

- 1) ყვითელი; 2) წითელი; 3) ლურჯი; 4) ყავისფერი.

81. მოცემულ რეაქციაში



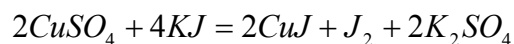
რომელი აღდგება?

- 1) ნატრიუმი; 2) გოგირდი; 3) იოდი; 4) უანგბადი.

82. რომელი ნივთიერება იტიტრება ნატრიუმის თიოსულფატით სპილენძის განსაზღვრისას?

- 1) სპილენძის სულფატი; 3) კალიუმის იოდიდი;
2) კალიუმის სულფატი; 4) იოდი.

83. მოცემულ რეაქციაში



რომელი ნივთიერება აღდგება?

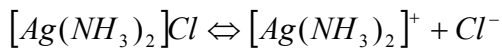
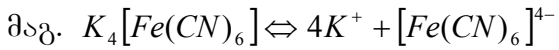
- 1) იოდი; 2) გოგირდი; 3) სპილენძი; 4) კალიუმი.

84. რამდენი გრამი მარილია საჭირო: 200მლ 0,4 N ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარის დასამზადებლად?

- 1) 42,15გ; 2) 27,18გ; 3) 19,84გ; 4) 21,15გ.

კომპლექსონომეტრია

მოცულობითი ანალიზის ეს მეთოდის დამყარებულია კომპლექსნაერთთა გამოყენებაზე. კომპლექსნაერთი შეიცავს კომპლექსურ იონს, რომელსაც კვადრატულ ფორხილში ათავსებენ: მარილებს, რომლებიც დისოციაციის დროს კომპლექსურ იონებს წარმოქმნიან კომპლექსური მარილები ეწოდება. ისინი განიცდიან დისოციაციას.



ე.ი. კომპლექსური შეიძლება იყოს, როგორც კათიონი $[Ag(NH_3)_2]^+$, ასევე ანიონი $[Fe(CN)_6]^{4-}$.

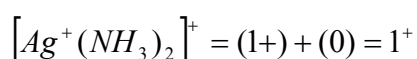
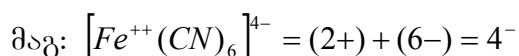
მე-19 საუკუნის დამლევს შეეცარიელი ქიმიკოსის ვერნერის მიერ ქიმიაში შემოღებული იყო ცნება კომპლექსწარმოქმნელის შიდა და გარე კოორდინაციული სფეროების, თანაური ვალენტობისა და კოორდინაციული რიცხვის შესახებ.

კომპლექსური ნაერთების აღნაგობას და თვისებებს კარგად ხსნის კოორდინაციული თეორია, რომლის მიხედვით ყველა კომპლექსნაერთში ცენტრალური ადგილი უკავია დადებითად დამუხტულ იონს, რომელსაც კომპლექსწარმოქმნელი ეწოდება. მის ირგვლივ განლაგდებიან ან, როგორც ამბობენ კოორდინირდებიან საწინააღმდეგო მუხტის იონები ან ელექტრონეიტრალური მოლეკულები, რომლებსაც ადენდებს (დანამატებს) ან ლიგანდებს უწოდებენ.

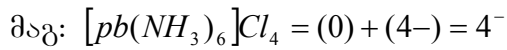
კომპლექსწარმოქმნელი და ადენდები ქმნიან შიდა კოორდინაციულ სფეროს. მაგ. $K_4[Fe(CN)_6]$ -ში რკინა და ციანი შიდა კოორდინაციულ სფეროში იმყოფება, კალიუმი კი გარე კოორდინაციულ სფეროში.

კოორდინაციული რიცხვი გამოსახავს ადენდების რაოდენობას, რომლებიც კოორდინირდებიან კომპლექსწარმოქმნელთა ირგვლივ. ე.ი. შიდა სფეროში. (კოორდინაციული ბმა არის თანაური ბმა).

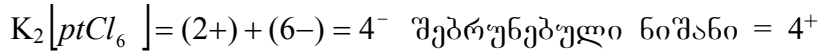
კომპლექსური იონის მუხტი უდრის მისი შემადგენელი ნაწილების ალგებრულ ჯამს. შიდა სფეროს პოლარულ მოლეკულებს (NO , NH_3 , H_2O) გაანგარიშებაში ცვლილება არ შეაქვთ ნულის ტოლი მუხტის გამო.



კომპლექსწარმოქმნელის მუხტი უდრის ადენდისა და გარე სფეროს იონთა მუხტების ჯამს შებრუნებული ნიშნით.



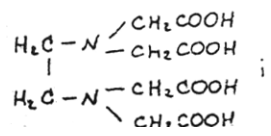
შებრუნებული ნიშანი = 4^+



შიდა კოორდინაციულ სფეროში კომპლექსწარმოქმნელსა და ადენდს შორის ქიმიური ბმა არ არის იონური და ამიტომ წყალში გახსნისას არ დისოცირდება, განსხვავებით გარე სფეროს იონებისაგან.

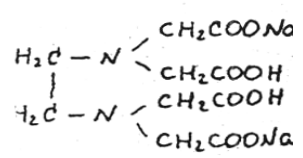
ანალიზურ ქიმიაში დიდი გამოყენება ჰპოვა ორგანული რეაგენტების ჯგუფმა ამინოპოლიკარბონის მჟავებმა, რომელიც ცნობილი კომპლექსონების სახელწოდებით. იგი პირველად გამოიყენა 1946წ. შვარცენბახმა რიგი ელემენტების და წყლის სიხისტის განსასაზღვრავად.

ფართოდ გავრცელებული კომპლექსწარმოქმნელია ეთილენდამინტეტრა მმარმჟავა, შემოკლებულად *EDTA*, ან H_4Y , სადაც Y^{4-} *EDTA* ანიონია. გრაფიკულად ასე გამოისახება:



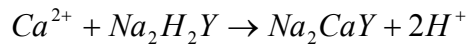
EDTA ოთხფუძიანი მჟავაა, იგი წყალში მცირედ ხსნადია, ამიტომ იყენებენ მის ორჩანაცვლებულ ნატრიუმის მარილს Na_2H_2Y , რომელსაც უწოდებენ კომპლექსონ III ან ტრილონ B-ს (ტრილონ-ბე), საიდანაც წარმოდგება სახელწოდება ტრილონომეტრია.

ტრილონ B-ს თეთრი ფერის წყალში კარგად ხსნადი ნივთიერებაა. მისი გრაფიკული ფორმულაა:

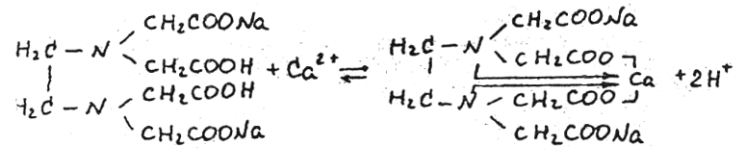


მოცულობით ანალიზში იყენებენ ტრილონ B ტიტრიან ხსნარს. იგი ლითონებთან წარმოქმნის სხვადასხვა მდგრადობის კომპლექსებს.

მაგ: ტრილონ B კალციუმის იონთან წარმოქმნის კომპლექსს შედეგი განტოლების მიხედვით:



აბ



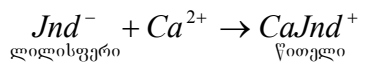
აქ კალციუმის იონმა ჩაანაცვლა კარბოქსილის ჯგუფის წყალბადი და ამავე დროს შეუერთდა ამინოჯგუფის აზოტს კოორდინაციულად (დონორულ-აქცეპტორულად) და წარმოქმნა ძლიერ მდგრადი კომპლექსური ნაერთი.

ამრიგად, კომპლექსონიმეტრია წარმოადგენს ანალიზის ტიტრიმეტრულ მეთოდს, რომელიც დამყარებულია ლითონსა და კომპლექსონს შორის მიმდინარე რეაქციაზე, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მდგრადი, მცირედ დისოცირებული შიდაკომპლექსური ნაერთები.

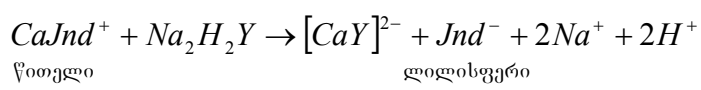
კომპლექსონიმეტრიული გატიტვრის დროს ეკვივალენტური წერტილის დასადგენად იყენებენ ინდიკატორებს. არჩევენ ორ ჯგუფს: 1. სპეციფიკური ინდიკატორები, რომლებიც რეაგირებენ მხოლოდ ზოგიერთ მეტალთან; 2. მეტალქრომული ინდიკატორები, რომლებიც წარმოქმნიან ლითონის იონებთან სხვადასხვა შეფერილობის მქონე კომპლექსნაერთებს.

ტრილონმეტრიული მეთოდით კალციუმის განსაზღვრისას იხმარება მეტალქრომ ინდიკატორი – მურექსიდი. იგი ერთფუძიანი პურპურმუავას ამონიუმის მარილია (ამონიუმის პურპურატი). ამ ინდიკატორით სარგებლობენ სუსტ ან ძლიერ ტუტე გარემოში.

მურექსიდი მუქი წითელი ფერის ფხენილია. მისი წყალხსნარი მოწითალო-იისფერია, რომელიც იცვლება გარემოს pH-ის მიხედვით: როცა $pH \leq 9$ -მოწითალო იისფერია, როცა $pH > 11$ მოლურჯო იისფერი. პურპურ მუავას ანიონი ავლნიშნოთ Jnd^- . იგი ტუტე გარემოში კალციუმთან წარმოქმნის წითლად შეფერილ კომპლექსს:



ეს კომპლექსი ნაკლებად მდგრადია, ვიდრე ტრინონ B კომპლექსური ნაერთი კალციუმთან და ამიტომ როდესაც კალციუმი იტიტრება ტრილონით, ეკვივალენტურ წერტილში კომპლექსი $CaJnd^+$ იშლება თავისუფალი ანიონის გამოყოფით, რის გამოც ხდება შეფერვის მკვეთრი ცვლილება წითლიდან ლილისფერში:



ლაბორატორიული სამუშაო №12

კომპლექსონ III-ის (ტრილონ B) 0,05N ხსნარის მომზადება

0,05 ნორმალობის ტრილონ B ხსნარის დასამზადებლად 1 ლიტრ ორჯერ გამოხდილ წყალში უნდა გაიხსნას 9,30გრ ტრილონ B. შემდეგ კი უნდა დადგინდეს მისი შესწორების კოეფიციენტი $MgSO_4$ -ის სტანდარტული ხსნარით. როცა ტრილონ B ხსნარს ამზადებენ ფიქსონალიდან, მისი $K=1$.

ლაბორატორიული სამუშაო №13

0,05 N კომპლექსონ III შესწორების კოეფიციენტის დადგენა მაგნიუმის სულფატის ხსნარის გამოყენებით

მაგნიუმის სულფატის 10მლ ათავსებენ კონუსურ კოლბაში, უმატებენ 2N ნატრიუმის ტუტის ხსნარის 3-5მლ-ს. დაახლოებით 1კ ინდიკატორ მურექსიდს, ანზავებენ 10-15მლ წყლით და ტიტრავენ ინტენსიური შენჯღრევით კომპლექსონ III-ის ხსნარით წითელი ფერის ხსნარის ლილისფერში გადასვლამდე. ცდას იმეორებენ თანხვედნილი რიცხვების მიღებამდე.

ცდის №	V_{MgSO_4} მლ	$V_{0,05N}$ კომპლექს. III	შენიშვნა
1	10	9,3	
2	10	9,3	
3	10	9,3	

$$K = \frac{10}{9,3} = 1,07$$

ე.ი. შესწორების კოეფიციენტი K კომპლექსონ III $MgSO_4$ -ის მიხედვით ტოლია 1,07.

Ca^{2+} განსაზღვრა ტრილონომეტრული მეთოდით

საანალიზო წყლის 100მლ ათავსებენ კონუსურ კოლბაში, უმატებენ 2N NaOH-ის 3-5მლ-ს, დაახლოებით 1კ ინდიკატორ მურექსიდს. ამ დროს ხსნარი შეიფერება

წითლად. მას ტიტრაცენ ინტენსიური შენჯღრევით ტრილონ B ტიტრიანი ხსნარით – ლილისფერი შეფერილობის მიღებამდე. ცდას იმეორებენ სამჯერ.

საანალიზო ხსნარში Ca^{2+} იონის შემცველობა გამოითვლება ფორმულით:

$$x = \frac{N_{ტრ.} \cdot V_{ტრ.}}{V_{H_2O}} \cdot 1000 \text{ მგ - ეკვ/ლ}$$

სადაც x არის Ca^{++} შემცველობა მგ-ეკვ/ლ

V_{H_2O} - საანალიზოდ აღებული წყლის მოცულობა

$V_{ტრ}$ - გატიტრებაზე დახარჯული ტრილონის მოცულობა

$N_{ტრ}$ - ტრილონის ნორმალობა

ვინაიდან ტრილონ B ხსნარი მომზადდა ფიქსონალიდან, მისი $K=1$.

ცდის №	V_{H_2O} მლ	V ტრილონ B მლ	შენიშვნა
1	100	4,4	
2	100	4,4	
3	100	4,4	

$$x = \frac{N_{ტრ.} \cdot V_{ტრ.}}{V_{H_2O}} \cdot 1000 = \frac{0,05 \cdot 4,4 \cdot 1000}{100} = 2,2 \text{ მგ - ეკვ/ლ}$$

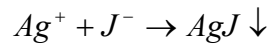
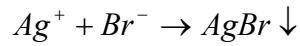
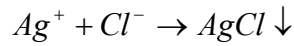
დალექვის მეთოდი (სელიმენტაცია)

დალექვის მეთოდს საფუძვლად უდევს განსასახიფტო ელემენტის ტიტრიანი ხსნარით დალექვა ძნელად ხსნადი ნაერთის სახით. ამ მეთოდით განსახიფტის სიზუსტე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. ამ ფაქტორთა შორის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს საკვლევი ნივთიერებების და ინდიკატორების თვისებებს, აგრეთვე მორეაგირე ხსნარების მოცულობის გაზომვის სიზუსტეს და ანალიზის შედეგების გაანგარიშებას.

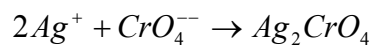
ყველაზე ფართო გამოყენება ჰპოვა დალექვითი ტიტრის შემდეგმა მეთოდებმა:

1. არგენტომეტრია, რომელშიც ტიტრანტად გამოყენებულია ვერცხლის ნიტრატი;
2. თიოციანომეტრია, რომელშიც ტიტრანტად გამოყენებულია ამონიუმის-როდანიდი;
3. მერკურომეტრია, რომელშიც ტიტრანტად გამოყენებულია ვერცხლისწყლის (1) ნიტრატი - $Hg_2(NO_3)_2$.

არგენტომეტრული მეთოდი გამოიყენება ქლორ-, ბრომ-, და იოდ-იონთა რაოდენობითი განსაზღვრისათვის. ეს მეთოდი დამყარებულია აღნიშნული იონების ვერცხლის ნიტრატით დალექვის რეაქციაზე, პრაქტიკულად უხსნადი ნალექის წარმოქმნით:



ჰალოგენ-იონების შემცველობის განსაზღვრისათვის იყენებენ ვერცხლის ნიტრატის ხსნარს, ვერცხლის იონებისათვის კი ნატრიუმის ან კალციუმის ქლორიდის ხსნარს. ინდიკატორად იხმარება კალიუმის ქრომატის ხსნარი, რომელიც ეკვივალენტურ წერტილში ვერცხლის იონებთან იძლევა აგურისფერ ნალექს:



ინდიკატორი ყოველთვის ემატება ჰალოგენ-იონების ხსნარს და ტიტრავენ ვერცხლის ნიტრატით და არა პირიქით. გარემო უნდა იყოს ნეიტრალური ან სუსტ-ტუტე. არგენტომეტრული მეთოდი არ გამოიყენება ამონიუმის იონის შემცველი ხსნარების ანალიზისათვის, რადგან NH_4^+ -იონები ვერცხლის-იონებთან ხსნად კომპლექს მარილს იძლევა. ეს მეთოდი აგრეთვე არ გამოიყენება ისეთი ხსნარებისათვის, რომლებიც შეიცავენ ბარიუმის, სტრონციუმის და ტყვიის იონებს, რადგან ეს იონები ქრომატ იონებთან ნალექს იძლევა.

ლაბორატორიული სამუშაო №14

0,05N ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის დამზადება

გასაყიდი ვერცხლის ნიტრატი შეიცავს 25%-მდე სხვადასხვა მინარევებს. (ზოგჯერ მას მუქი ფერი აქვს სინათლის ზეგავლენით ლითონური ვერცხლის ადღვენის გამო), ამიტომ ვერცხლის ნიტრატი მზადდება მიახლოებით ნორმალობის და შემდეგ ადგენენ მის ტიტრს ნატრიუმის ქლორიდის მიხედვით. ვერცხლის ნიტრატის 0,05N ხსნარის ერთი ლიტრის დასამზადებლად საჭიროა:

$$169,89 \cdot 0,05 = 8,4945\text{გ } AgNO_3$$

ტექნიკურ სასწორზე წონიან 8-9გ ვერცხლის ნიტრატს, ხსნიან წყალში, შეავსებენ ლიტრამდე და კარგად შეანჯღრევენ. მიღებულ ხსნარს ინახავენ მუქ მინის ჭურჭელში.

0,05N ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარის დამზადება

$$\mathcal{E}_{NaCl} = \frac{M}{1} = \frac{22,987 + 35,453}{1} = \frac{58,44}{1}$$

1N NaCl დასამზადებლად საჭიროა 58,44გ NaCl

0,05N ----- x $x = 0,05 \cdot 58,44 = 2,922\text{გ } NaCl$

ე.ი. 1ლ NaCl 0,05N ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა 2,922გ NaCl.

ქიმიურად სუფთა 2,922გ ნატრიუმის ქლორიდს ზუსტად წონიან ანალიზურ სასწორზე და ხსნიან ლიტრიან საზომ კოლბაში.

0,05N ვერცხლის ნიტრატის სამუშაო ხსნარის შესწორების კოეფიციენტის, ნორმალობის და ტიტრის დადგენა

10მლ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარს პიპეტის საშუალებით ათავსებენ კონუსურ კოლბაში და უმატებენ რამოდენიმე წვეთ ინდიკატორ კალიუმის ქრომატს. ვერცხლის ნიტრატის ხსნარს ათავსებენ მისი ონკანიან ბიურეტში და იწყებენ გატიტვრას ნალექის აგურისფრად შეფერვამდე. გატიტვრას იმეორებენ 3-4-ჯერ და თანხვედნილი რიცხვებიდან იღებენ საშუალოს.

ცდის №	V_{NaCl} მლ	V_{AgNO_3} მლ	შენიშვნა
1	10	9,8	
2	10	9,8	
3	10	9,8	

$$K_{AgNO_3} = \frac{10}{9,8} = 1,02$$

ვერცხლის ნიტრატის ტიტრის დასადგენად ცდას ატარებენ ზუსტად ისე, როგორც შესწორების კოეფიციენტის დადგენის დროს.

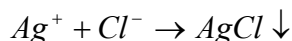
ტიტრს ანგარიშობენ ფორმულით $T_{AgNO_3}^{პრ} = \frac{\mathcal{E} \cdot N^{პრ}}{1000}$ გ/მლ

სადაც $N_{AgNO_3}^{პრ} = \frac{V_{NaCl} \cdot N_{NaCl}}{V_{AgNO_3}}$

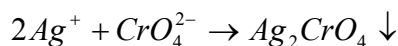
**ნატრიუმის ქლორიდის განსაზღვრა სუფრის მარილში
მორის მეთოდით**

ქლორიდების განსაზღვრის ეს მეთოდი ისეთივეა, როგორც ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის ტიტრის დადგენა. იგი ემყარება ვერცხლის ქლორიდის ძნელად ხსნადობას.

ქლორ-იონის შემცველი წყალი ვერცხლის ნიტრატის დამატებით გამოყოფს ხაჭოსებრ თეთრ ნალექს:



მიღებული ნალექი სინათლეზე დაშლის გამო შავდება. როცა საკვლევი წყლიდან ქლორ-იონი მთლიანად გამოიყოფა ვერცხლის ქლორიდის სახით, ვერცხლის იონის ოდნავი სიჭარბე რეაგირებს ინდიკატორ კალიუმის ქრომატან. ამრიგად, ქლორ-იონის და ვერცხლის იონის ურთიერთქმედებისას ეკვივალენტურ წერტილში ადგილი ექნება შემდეგ რეაქციას:



მიღებულ ნალექს აგურისფერი აქვს.

ამ რეაქციის მაღალი მგრძობიარობის გამო ფერის შეცვლა ხდება მაშინაც კი, როცა ხსნარში იმყოფება ვერცხლის იონი 2γ რაოდენობით. γ (გამა) ანუ $\mu\text{გ}$ (მიკროგრამი) უდრის $0,000001\text{გ}$ (10^{-6}).

განსაზღვრის მსვლელობა. იღებენ გამოსაკვლევი წყლის სინჯის 100მლ, ასხამენ ერლენმეიერის კოლბაში, უმატებენ ერთ მლ 10% კალიუმის ქრომატის ხსნარს და ტიტრავენ კოლბის განუწყვეტელი შენჯღრევით, ვერცხლის ნიტრატის ტიტრიანი ხსნარით ნალექის აგურისფრად შეფერვამდე. გატიტრებაზე დახარჯული ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის მილილიტრების რაოდენობა საანალიზო წყალში ქლორ-იონის შემცველობის ეკვივალენტურია.

ცდის №	$V_{H_2O}^{\text{ხან.}}$ მლ	V_{AgNO_3} მლ	შენიშვნა
1	100	4,2	
2	100	4,2	
3	100	4,2	

ანგარიში. საანალიზო წყლის სინჯის 100მლ გატიტვრაზე დაიხარჯა 0,05N ვერცხლის ნიტრატის 4,2მლ, ვინაიდან $K_{AgNO_3} = 1,02$ ფაქტიურად დაიხარჯა $4,2 \cdot 1,02 = 4,284$ მლ

1მლ 0,05N $AgNO_3$ ეკვივალენტურია 0,00355გ ქლორ-იონის

4,284მლ ----- x

$$x = 4,284 \cdot 0,00355 = 0,0152 \text{ გ ქლორ-იონს}$$

ე.ი. 100მლ საანალიზო წყალი შეიცავს 0,0152გ ქლორ-იონს

1000მლ „-----“ x

$$x = \frac{0,0152 \cdot 1000}{100} = 0,1520 \text{ გ/ლ ქლორ-იონი}$$

ლაბორატორიული სამუშაო №15

III ტესტირება

1. მოცემული მარილებიდან რომელია კომპლექსური?

- 1) $KAl(SO_4)_2$;
- 2) $Al_2(SO_4)_3$;
- 3) $K_4[Fe(CN)_6]$;
- 4) $Cu_2(OH)_2SO_4$.

2. როგორ დისოცირდება სპილენძის კომპლექსამიაკატი?

- 1) $[Cu(NH_3)_4]Cl_2 \Leftrightarrow Cu^{++} + 4NH_3 + 2Cl^-$;
- 2) $[Cu(NH_3)_4]Cl_2 \Leftrightarrow [Cu(NH_3)_4]^+ + 2Cl^-$;
- 3) $[Cu(NH_3)_4]Cl_2 \Leftrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{+4} + 2Cl^-$;
- 4) $[Cu(NH_3)_4]Cl_2 \Leftrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2Cl^-$.

3. მარილში - $K_4[Fe(CN)_6]$ რომელია კომპლექსწარმოქმნელი იონი?

- 1) რკინა;
- 2) კალიუმი;
- 3) ციანიდ-იონი;
- 4) $[Fe(CN)_6]^{4-}$.

4. რას უდრის კომპლექსური იონის მუხტი $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$ -ში?

- 1) +1;
- 2) +2;
- 3) 0;
- 4) -1.

5. განსაზღვრეთ რკინის კოორდინაციული რიცხვი $K_4[Fe(CN)_6]$ -ში

- 1) 6;
- 2) 4;
- 3) 2;
- 4) 1.

6. რომელი მჟავების წარმოებულა კომპლექსონები?

- 1) ძმარმჟავას;
- 2) ღვინისმჟავას;
- 3) ამინოპოლიკარბონმჟავების;
- 4) მჟაუნმჟავის.

7. რა ფერისაა მურექსიდის თავისუფალი ანიონი ტუტე გარემოში?

- 1) წითელი;
- 2) თეთრი;
- 3) ყოლოსფერი;
- 4) ლილისფერი.

8. რომელ გარემოში ხდება კალციუმის ტრილონმეტრიული განსაზღვრა?

- 1) მჟავა;
- 2) ნეიტრალურ;
- 3) ტუტე;
- 4) სუსტ მჟავა.

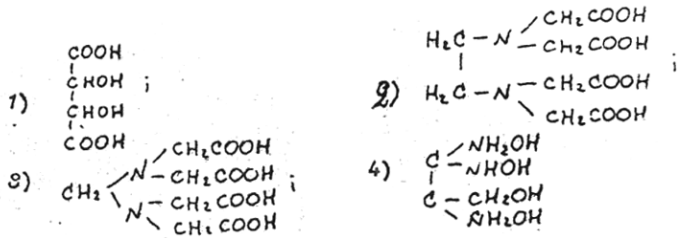
9. მარილში $[Ag(NH_3)_2]Cl$ რომელია ლიგანდი?

- 1) ვერცხლი; 2) ქლორი; 3) ამიაკი; 4) წყალბადი.

10. განსაზღვრეთ $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$ -ში სპილენძის კოორდინაციული რიცხვი:

- 1) 4; 2) 2; 3) 6; 4) 1.

11. რომელია ეთილენდიამინტეტრაამინოჰეპტანის სწორი გრაფიკული ფორმულა?



12. რა ფერის კომპლექსს წარმოქმნის მურექსიდი კალციუმთან ტუტე გარემოში?

- 1) წითელი; 2) ლურჯი; 3) ყვითელი; 4) თეთრი.

13. რომელი ხსნარით ვტიტრავდით საანალიზო ხსნარს Ca^{2+} -ის განსაზღვრავად?

- 1) ტუტით; 2) ტრილონ ნ-ით; 3) NH_4OH -ით; 4) მურექსილით?

14. ქიმიური ბმის რომელი ტიპია შიგა და გარე სფეროს შორის კომპლექსურ მარილში?

- 1) მეტალური; 3) წყალბადური;
2) იონური; 4) დონორულ-აქცეპტორული.

15. რომელი ინდიკატორი გამოიყენება ტრილონომეტრიულ მეთოდში კალციუმის განსაზღვრის დროს:

- 1) მურექსიდი; 3) მეთილნარინჯი;
2) ფენოლფთალეინი; 4) ლაკმუსი.

16. რომელ გარემოში ხდება წყლის სიხისტის ტრილონომეტრიული განსაზღვრა?

- 1) მუავა; 3) ძლიერ მუავა;
2) ნეიტრალურ; 4) ტუტე.

17. კალციუმის რომელი კომპლექსი უფრო მდგრადია: ტრილონ B-თან, თუ მურექსიდთან?

- 1) მურექსიდთან; 3) ორივე უმდგრადია;
2) ტრილონ B-თან; 4) ერთნაირი მდგრადობისაა.

18. 65მლ საანალიზო ხსნარის გატიტრებაზე დაიხარჯა 0,02 N ტრილონ ნ-ს 3,5მლ. განსაზღვრეთ კალციუმის იონის შემცველობა, მგ-ეკვ/ლ:

- 1) 1,9640; 2) 1,0769; 3) 0,9245; 4) 0,8146.

19. რას უდრის ლიგანდის მუხტი $K_3[Fe(CN)_6]$ -ში?

- 1) -1; 2) +1; 3) +2; 4) -4?

20. რომელი ფორმულით ხდება წყლის სიხისტის გამოთვლა?

- 1) $K = \frac{T_{\text{თერ.}}}{T_{\text{არაქტ.}}}$; 3) $N = \frac{T \cdot 1000}{\Theta}$;
2) $T = \frac{N \cdot \Theta}{1000}$; 4) $x = \frac{N_{\text{ტრ.}} \cdot V_{\text{ტრ.}}}{V_{H_2O}} \cdot 1000$.

21. რა ეწოდება ეთილენდიამინტეტრაამარმუავას ორ ჩანაცვლებულ Na-ის მარილს?

- 1) მურექსიდი; 3) ტრილონ B;
2) ნატრიუმის ოქსალატი; 4) Na-ის აცეტატი?

22. რომელი მუავას მარილია მურექსიდი?

- 1) ძმარმუავას; 3) ღვინისმუავას;
2) პურპურმუავას; 4) ამინოდიძმარმუავას.

23. რა ფერის არის საანალიზო ხსნარი ეკვივალენტურ წერტილში კალციუმის ტრილონომეტრიული განსაზღვრისას მურექსიდის თანაობისას?

- 1) წითელი; 2) თეთრი; 3) ულოსფერი; 4) ლილისფერი.

24. რას უდრის კომპლექსწარმოქმნელის მუხტი $K_2[PtCl_6]$ - ში?

- 1) -1; 2) 0; 3) +2; 4) +4.

25. რომელი მარილები განაპირობებენ წყლის დროებით სიხისტეს?

- 1) Ca-ის და Mg-ის სულფატები;
- 2) Na-ის და K-ის სულფატები;
- 3) Ca-ის და Mg-ის ბიკარბონატები;
- 4) Ba-ის და Sr-ის ნიტრატები.

26. რას უდრის გარე კოორდინაციული სფეროს იონთა მუხტი $(NH_4)_2[CO(CNS)_4]$ -ში

- 1) 4;
- 2) -4;
- 3) 0;
- 4) +1.

27. რა ეწოდება EDTA-ს ორ ჩანაცვლებულ ნატრიუმის მარილს?

- 1) მურექსიდი;
- 2) ტრილონ B;
- 3) ნატრიუმის ოქსალატი;
- 4) ნატრიუმის აცეტატი.

28. 60მლ საანალიზო ხსნარის გატიტვრაზე დაიხარჯა 0,01 N ტრილონ B-ს 4,5 მლ განსაზღვრეთ კალციუმის იონის შემცველობა (მგ-ეკვ/ლ):

- 1) 0,75;
- 2) 0,165;
- 3) 0,062;
- 4) 0,432.

29. რას უდრის შიდა კოორდინაციული სფეროს მუხტი $K_2[PtCl_6]$ -ში?

- 1) -6;
- 2) 0;
- 3) +2;
- 4) -2.

30. რამდენ ფუძიანი მჟავაა ეთილენდიამინტეტრაამარმჟავა:

- 1) ორი;
- 2) სამი;
- 3) ოთხი;
- 4) ერთი.

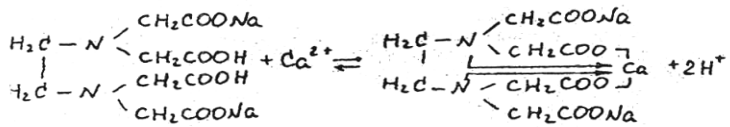
31. 80მლ ონკანის წყლის გატიტვრაზე დაიხარჯა 0,03 N ტრილონ B-ს 6,8 მლ. განსაზღვრეთ კალციუმის იონის შემცველობა (მგ-ეკვ/ლ):

- 1) 1,42;
- 2) 2,55;
- 3) 1,02;
- 4) 3,23.

32. ტუტე გარემოში კალციუმის კომპლექსი ტრილონ B-თან უფრო არამდგრადია, თუ მურექსიდთან?

- 1) ტრილონთან;
- 2) ერთნაირი მდგრადობისაა;
- 3) მურექსიდთან;
- 4) ორივე არამდგრადია.

33. რეაქციაში



კალციუმის იონი ამინოჯგუფის აზოტს რომელი ბმით უკავშირდება?

- 1) იონური;
- 2) წყალბადური;
- 3) მეტალური;
- 4) დონორულ-აქცეპტორული.

34. რომელი მარილის დისოციაციის დროს არის დაშვებული შეცდომა?

- 1) $K_4[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-}$;
- 2) $K_3[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons 3K^+ + [Fe(CN)_6]^{3-}$;
- 3) $K_2[HgJ_4] \rightleftharpoons 2K^+ + [HgJ_4]^{4-}$;
- 4) $[Zn(NH_3)_4]Cl_2 \rightleftharpoons [Zn(NH_3)_4]^{2+} + 2Cl^-$.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

1. წინასიტყვაობა	2
2. ლაბორატორიაში მუშაობისა და უსაფრთხოების წესები	3
3. რაოდენობითი ანალიზის მეთოდები	5
4. მოცულობითი ანალიზი	5
5. მოცულობით ანალიზში გამოყენებული ხსნარები	5
6. მოცულობის გასაზომი ჭურჭელი	7
7. ჭურჭლის გასუფთავება	13
8. მოცულობითი ანალიზის მეთოდები	14
9. ნეიტრალიზაციის მეთოდი	15
10. 0,1N Na_2CO_3 და 0,1 N HCl-ის ხსნარების მომზადება	18
11. 0,1 N HCl-ის შესწორების კოეფიციენტის დადგენა	19
12. წყლის სიხისტის განსაზღვრა	20
13. ხსნარში ტუტის შემცველობის განსაზღვრა	21
14. NaOH და Na_2CO_3 -ის ნარევის ანალიზი	22
15. ტესტირება I	24
16. ჟანგვა-აღდგენის მეთოდი	32
17. 0,1N KMnO_4 და 0,1N $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -ის ხსნარის მომზადება	35-36
18. ~0,1N KMnO_4 -ის შესწორების კოეფიციენტის დადგენა	36
19. ხსნარში Fe^{+2} იონის განსაზღვრა	37
20. MnO_2 -ის განსაზღვრა	38
21. იოდომეტრია	40
22. 0,1N იოდის და 0,1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3\text{SH}_2\text{O}$ ხსნარების მომზადება	42
23. სახამებლის ხსნარის დამზადება	42
24. 0,1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -ის შესწორების კოეფიციენტის დადგენა	43
25. ხსნარში Cu^{2+} კონცენტრაციის განსაზღვრა	44
26. ტესტირება II	46
27. კომპლექსონომეტრია	57
28. ტრილო B 0,05 N ხსნარის მომზადება	60
29. 0,05 N კომპლექსონ III შესწორების კოეფიციენტის დადგენა	60
30. Ca^{2+} განსაზღვრა ტრილონომეტრული მეთოდით	60
31. დაღეკვის მეთოდი	61

32. 0,05 N AgNO ₃ -ის და 0,05N NaCl ხსნარის დამზადება -----	63
33. 0,05 N AgNO ₃ -ის ხსნარის შესწორების კოეფიციენტის დადგენა -----	63
34. NaCl განსაზღვრა სუფრის მარილში მორის მეთოდით -----	64
35. ტესტირება III -----	66
36. ლიტერატურა -----	73

ლიტერატურა

1. დ. ერისთავი. ანალიზური ქიმიის კურსი, თბილისი: ტექნიკა და შრომა 1964წ.
2. დ. ერისთავი. რაოდენობითი ანალიზი, თბილისი: სპი-ს გამოც., 1973წ.
3. ა. ბაბკო, ი. პიატნიცკი. რაოდენობითი ანალიზი, თბილისი: განათლება, 1975წ.
4. В.Н. Алексеев. Количественный анализ. М. Химия, 1972г.
5. ფ. ბროუჩეკი, ლ. ბერიშვილი. პროგრამირებული კითხვები და ამოცანები ანალიზის ტიტრიმეტრულ მეთოდებში. დამხმარე სახელმძღვანელო. თბილისი: 1989წ.
6. გ. ცინცაძე, ლ. ნაფეტვარიძე, ლ. ნაგორნაია, ნ. მაისურაძე, ნ. კუციავა. ზოგადი და კოორდინაციული ქიმიის ლაბორატორიული პრაქტიკუმი. ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი: 2000წ.
7. Шарло Г. Методы аналитической химии. М., Химия, 1965г.
8. Васильев В. Аналитическая химия, т. I. М. Высшая школа, 1989г.
9. Крешков А. Основы аналитической химии. М., Химия, 1970г.
10. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. М., высшая школа, 1985г.

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 29.04.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.05.2009. ქალაქის
ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 4,5. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent